

SỞ LAO ĐỘNG TB&XH
TRƯỜNG TRUNG CẤP NGHỀ VĨNH LONG



GIÁO TRÌNH
VẬT LIỆU LINH KIỆN ĐIỆN TỬ
NGHỀ: ĐIỆN TỬ DÂN DỤNG



(Lưu hành nội bộ)

NĂM 2012

SỞ LAO ĐỘNG TB&XH
TRƯỜNG TRUNG CẤP NGHỀ VĨNH LONG

Tác giả biên soạn: Ks. Nguyễn Hồng Thắm

GIÁO TRÌNH
VẬT LIỆU LINH KIỆN ĐIỆN TỬ
NGHỀ: ĐIỆN TỬ DÂN DỤNG

NĂM 2012

LỜI MỞ ĐẦU



Để đáp ứng nhu cầu học tập của học sinh, nhất là học sinh chuyên ngành điện tử. Giáo trình Vật liệu linh kiện điện tử (**MĐ số: MĐ10**) là Mô đun nghề bắt buộc dùng để giảng dạy cho học sinh nghề Điện tử dân dụng tại Trường trung cấp nghề Vĩnh Long. Mô đun này có 90 giờ, gồm 45 giờ lý thuyết và 45 giờ thực hành. Giáo trình được biên soạn theo chương trình khung của Bộ Lao Động TB&XH.

Mục tiêu của giáo trình này nhằm giúp các em học sinh chuyên ngành có một tài liệu cô đọng dùng làm tài liệu học tập, nhưng tôi cũng không loại trừ toàn bộ các đối tượng khác tham khảo. Tôi nghĩ rằng các em học sinh không chuyên điện tử và những người quan tâm tới Vật Liệu Linh Kiện Điện Tử sẽ tìm được trong này những điều hữu ích.

Giáo trình Vật liệu linh kiện điện tử giới thiệu một số nội dung cơ bản về lý thuyết vật liệu, linh kiện thông dụng sử dụng trong các thiết bị điện tử nhằm giúp cho học sinh nắm được công dụng, tính năng kỹ thuật, nguyên tắc làm việc để làm cơ sở hiểu biết áp dụng trong quá trình tiếp thu các môn học và mô đun chuyên ngành.

Giáo trình Vật liệu linh kiện điện tử được chia làm 10 bài:

Bài 1: Vật liệu linh kiện thụ động

Bài 2: Khái niệm về chất bán dẫn, diode bán dẫn.

Bài 3: Các diode đặc biệt.

Bài 4: Transistor lưỡng cực (PNP, NPN).

Bài 5: Các mạch định thiên cho transistor lưỡng cực.

Bài 6: Transistor trường (JFET).

Bài 7: Các kiểu định thiên cho transistor trường (JFET).

Bài 8: Các linh kiện bốn mặt tiếp giáp.

Bài 9: Linh kiện quang điện tử.

Bài 10: Vi mạch (mạch tích hợp).

Khi biên soạn tác giả cũng đã tham khảo nhiều tài liệu của một số trường Đại học và các viện nghiên cứu. Do không có điều kiện tiếp xúc, trao đổi để xin phép việc trích dẫn của các tác giả, mong quý vị vui lòng miễn chấp.

Tôi xin chân thành cảm ơn các đồng nghiệp ở Bộ môn Điện tử Khoa Điện Tử - Tin học đã tạo rất nhiều điều kiện cho tôi hoàn thành giáo trình này.

Mặc dù đã rất cố gắng nhiều trong quá trình biên soạn giáo trình nhưng chắc chắn giáo trình sẽ còn nhiều thiếu sót và hạn chế. Rất mong nhận được sự đóng góp ý kiến quý báu của các em học sinh và các bạn đọc để giáo trình ngày một hoàn thiện hơn.

Giáo trình này sẽ được thường xuyên cập nhật thông tin mới để chất lượng giáo trình ngày càng được nâng cao.

Tác giả

Bài 1: VẬT LIỆU LINH KIỆN THỤ ĐỘNG

A. MỤC TIÊU BÀI HỌC

Sau khi học xong bài học này, người học có khả năng:

- Phát biểu đúng chức năng các loại vật liệu trong lĩnh vực điện tử dân dụng;
- Trình bày chính xác về cấu tạo, ký hiệu quy ước, quy luật mã màu, mã ký hiệu biểu diễn trị số của R, C, L;
- Xác định được chất lượng các linh kiện: điện trở, tụ điện, máy biến áp;
- Rèn luyện tính cẩn cù, chăm chỉ và ham học hỏi kiến thức mới;
- Đảm bảo an toàn cho người và thiết bị.

B. NỘI DUNG BÀI HỌC

1. Chức năng – nhiệm vụ của các vật liệu điện

1.1. Vật dẫn điện

Vật liệu dẫn điện phần lớn là kim loại, hoặc hợp kim hoặc than, chất điện phân và chất bán dẫn.

Vật liệu dẫn điện là vật chất có các điện tích tự do. Trong điều kiện bình thường, nếu đặt vật liệu vào trong một trường điện, các điện tích sẽ chuyển động theo một hướng nhất định và tạo thành dòng điện, vật liệu đó được gọi là vật liệu dẫn điện. Vật liệu dẫn điện dùng trong lĩnh vực điện tử gồm các kim loại và các hợp kim.

Các đặc tính chủ yếu của vật liệu dẫn điện là:

1.1.1 Đặc tính về điện:

- Tính dẫn điện

Điện trở suất:

$$\rho = \frac{R_s}{l} \mu\Omega m^{-1}$$

- Điện trở tăng theo nhiệt

- Hệ số nhiệt α

1.1.2. Đặc tính vật lý:

- Khối lượng.
- Tỷ trọng.
- Nhiệt tối đa chịu đựng được mà vật liệu dẫn điện không bị biến dạng.
- Nhiệt độ nóng chảy.
- Tính đàn hồi.
- Lực căng.
- Hệ số nở dài.
- Lực chống va chạm (lực nén, lực kéo).

Đối với hai vật liệu dẫn điện, vật liệu nào có điện trở suất ρ nhỏ thì dẫn điện tốt hơn vật liệu kia. Ví dụ, đồng đỏ dẫn điện tốt hơn sắt, vì điện trở suất của đồng đỏ là $0,0175 \mu\Omega\text{m}^1$, còn của sắt là $0,098 \mu\Omega\text{m}$. Hợp kim chì - thiếc có nhiệt độ nóng chảy thấp hơn nhiệt độ nóng chảy của chì và của thiếc. Lợi dụng tính chất này người ta sử dụng hợp kim chì - thiếc làm dây hàn khi lắp ráp hoặc sửa chữa các mạch điện tử.

Hợp kim sắt - niken không bị ôxyt hoá, nên được dùng làm vật liệu không bị han rỉ. Hợp kim sắt - coban được làm vật liệu từ. Hợp kim sắt – mangan chịu được mài mòn.

1.1.3. Các kim loại dẫn điện tốt

- Bạc: Bạc có màu trắng mờ, dẫn điện tốt, được sử dụng làm tiếp điểm quan trọng trong các khí cụ điện, role, hoặc dưới dạng hợp kim làm dây chì chuẩn xác, dây lò xo xoắn trong dụng cụ đo lường chính xác.

- Đồng: Đồng có màu đỏ, dẫn điện tốt, dẻo dễ kéo thành sợi, dễ dát mỏng. Đồng được sử dụng nhiều trong ngành điện, điện tử, làm dây quấn thiết bị điện, làm dây truyền tải điện hoặc dây kết nối trong các thiết bị điện tử.

- Nhôm: Nhôm có màu sáng trắng, nhẹ, dẫn điện khá tốt, dễ dát mỏng, dễ kéo thành sợi. Nhôm trong không khí có lớp ôxyt mỏng bao bên ngoài nên chống

được tác dụng của ôxy. Nhôm được dùng làm dây dẫn (cáp nhôm ruột thép) thay thế đồng, làm tụ điện, đúc rôto của động cơ điện...

1.2. Vật liệu cách điện

Vật liệu cách điện có tính chất ngược lại với vật liệu dẫn điện, khi được đặt vào một trường điện, vật liệu cách điện không có các điện tích chuyển động, nên không tạo ra dòng điện tích trong vật liệu cách điện.

Các đặc tính kỹ thuật của vật liệu cách điện cần quan tâm là:

- Độ bền về điện là mức điện áp chịu được trên đơn vị bề dày mà không bị đánh thủng.
- Nhiệt độ chịu đựng.
- Hằng số điện môi.
- Tỷ trọng.

Vật liệu cách điện có thể phân thành 4 loại: vật liệu cách điện khoáng chất, vật liệu cách điện gốc hữu cơ, vật liệu cách điện dạng lỏng hoặc hoà tan và vật liệu cách điện dùng các chất khí.

Dựa vào độ bền về điện của vật liệu cách điện để làm chất cách điện trong các mạch điện tử. Trong hai vật liệu cách điện, vật liệu nào có độ bền về điện lớn hơn thì có độ cách điện lớn hơn. Ví dụ, mica có độ bền về điện là (50-100) kV/mm, trong khi độ bền về điện của prespan là (9-12) kV/mm, nên mica thường được dùng làm vật liệu cách điện trong các tụ điện.

Nhiệt độ chịu đựng của sứ rất cao, từ 1500°C đến 1700°C , nên thường được dùng trong việc chế tạo điện trở công suất lớn, giá đỡ cách điện cho đường dây dẫn điện, tụ điện, đế đèn, cốt cuộn dây.

1.3 Vật liệu từ

Vật liệu từ và ứng dụng trong đời sống, trong công nghiệp quốc phòng: nam châm, máy phát ôzôn, máy hàn, biến thế cao tần, các máy đo dòng-áp điện...

- *Vật liệu từ mềm* là vật liệu từ có độ cảm ứng từ dư dễ bị khử từ, như sắt silic, ferit, pecmalôi.

Sắt silic thường được cán thành những lá mỏng $0,3 \div 0,5$ mm, dập thành những tấm E hoặc I, dùng làm lõi biến áp, sắt silic còn được dập thành những băng dài và ghép lại thành lõi sắt.

Ferit có tổn hao rất nhỏ do dòng fucô gây ra, nên thường dùng cho các phần mạch điện tử làm việc ở tần số cao, như làm anten trong máy thu, lõi biến áp cao tần.

Pecmaloi thường được chế tạo thành lá mỏng $0,05 \div 0,5$ mm. Pecmaloi không chịu được va chạm, dập, uốn và các loại biến dạng khác. Vì vậy, khi làm việc với các lõi pecmaloi phải hết sức cẩn thận, tránh tác động cơ khí mạnh.

- *Vật liệu từ cứng*: là vật liệu từ có độ cảm ứng từ dư cao, được duy trì khi truyền từ trường cho vật liệu đó, ví dụ như nam châm vĩnh cửu. Vật liệu từ cứng có đặc điểm giòn, dễ gãy, vỡ, thường được dùng trong các dụng cụ điện thanh.

2. Linh kiện thụ động

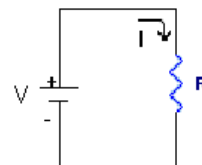
2.1. Điện trở

Điện trở là đại lượng vật lý đặc trưng cho tính chất cản trở dòng điện của một vật thể dẫn điện.

Định luật Ohm được phát biểu như sau: Cường độ dòng điện trong một đoạn mạch tỉ lệ thuận với hiệu điện thế giữa hai đầu đoạn mạch đó và tỉ lệ nghịch với điện trở của đoạn mạch.

Công thức định luật Ohm:

$$I = \frac{V}{R}; \quad V = I \cdot R; \quad R = \frac{V}{I}$$



Hình 1.1

trong đó:

V: là hiệu điện thế giữa hai đầu vật dẫn điện, đơn vị đo là Volt (V).

I: là cường độ dòng điện đi qua vật dẫn điện, đơn vị đo là Ampe(A).

R: là điện trở của vật dẫn điện, đơn vị đo là Ohm (Ω)

2.1.1. Cấu tạo và kí hiệu qui ước

a. Cấu tạo

Điện trở thường làm bằng hỗn bột hợp than hoặc kim loại được pha trộn với hỗn hợp các chất khác, rồi đem ép lại, tùy theo tỷ pha trộn điện trở có trị số lớn hay nhỏ, bên ngoài được bọc bởi lớp sơn cách điện. Hai đầu có dây ra. Là linh kiện không phân cực, người ta đọc trị số điện trở thông qua bản qui ước về mắc của điện trở.

b. Ký hiệu:



Hình 1.2

2.1.2. Các chỉ tiêu kỹ thuật cơ bản

- Điện trở danh định: Trên điện trở không ghi giá trị thực của điện trở mà chỉ ghi giá trị gần đúng, làm tròn, đó là điện trở danh định.

Đơn vị điện trở : Đơn vị điện trở là Ohm (Ω)

Bội số của Ohm là:

$$1\text{K}\Omega = 1000 \Omega = 10^3\Omega$$

$$1\text{M}\Omega = 1000 \text{K}\Omega = 1.000.000 \Omega = 10^6\Omega$$

- Sai số: Điện trở danh định không hoàn toàn đúng mà có sai số. Sai số tính theo phần trăm (%).

- Công suất định mức: Công suất định mức là công suất tổn hao lớn nhất mà điện trở chịu được một thời gian dài làm việc mà không ảnh hưởng đến trị số của điện trở.

2.1.3. Quy luật màu, mã kí tự biểu diễn trị số điện trở

- Các điện trở có kích thước nhỏ được ghi trị số bằng các vạch màu theo một quy ước.

- Các điện trở có kích thước lớn hơn từ 2W trở lên thường được ghi trị số

trực tiếp trên thân. Ví dụ như các điện trở công suất, điện trở sứ.



Hình 1.3

- Bảng quy ước về màu sắc của điện trở theo qui ước Hoa Kỳ:

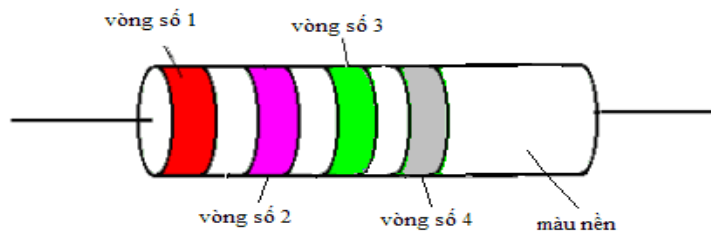
Màu	Vòng số 1	Vòng số 2	Vòng số 3	Vòng số 4
Đen	0	0	$\times 10^0$	
Nâu	1	1	$\times 10^1$	$\pm 1\%$
Đỏ	2	2	$\times 10^2$	$\pm 2\%$
Cam	3	3	$\times 10^3$	..
Vàng	4	4	$\times 10^4$	..
Xanh lá	5	5	$\times 10^5$	..
Xanh dương	6	6	$\times 10^6$	..
Tím	7	7	$\times 10^7$	..
Xám	8	8	$\times 10^8$	..
Trắng	9	9	$\times 10^9$	$\pm 9\%$
Vàng kim			$\times 10^{-1}$	$\pm 5\%$
Bạc kim			$\times 10^{-2}$	$\pm 10\%$

Giá trị điện trở sẽ được vẽ trên thân điện trở. Đối với điện trở 4 vòng màu thì 3 vòng đầu tiên chỉ giá trị của điện trở còn vạch thứ 4 chỉ sai số của điện trở.

Trường hợp đặc biệt, nếu không có vòng số 4 (loại điện trở có 3 vòng màu) thì sai số là $\pm 20\%$.

2.1.4. Cách đọc trị số điện trở màu.

- Hình dạng điện trở 4 vòng màu:



Hình 1.4

- Ý nghĩa các vòng màu

Vòng số 1: số thứ nhất

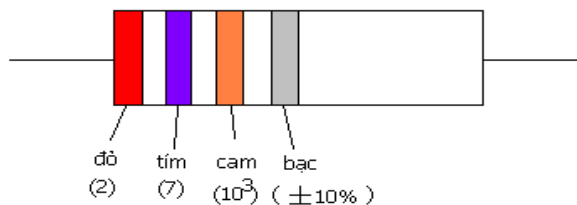
Vòng số 2: Số thứ hai

Vòng số 3: Bội số

Vòng số 4: Sai số

$\text{Trị số} = (\text{vòng số 1})(\text{vòng số 2})(\text{vòng số 3})(\text{vòng số 4})$
--

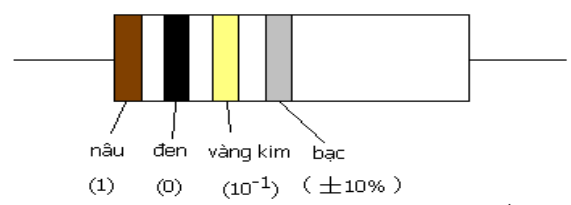
- Ví dụ:



$$R1 = 27 \cdot 10^3 \pm 10\%$$

$$R1 = 27 \text{ K}\Omega \pm 10\%$$

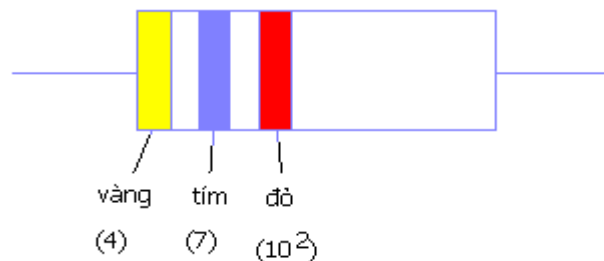
Hình 1.5a



$$R2 = 10 \cdot 10^{-1} \pm 10\%$$

$$R2 = 1 \Omega \pm 10\%$$

Hình 1.5b



$$R3 = 47 \cdot 10^2 \pm 20\%$$

$$R3 = 4.7 \text{ K}\Omega \pm 20\%$$

Hình 1.5c

Hiện nay, người ta chế tạo các loại điện trở than có năm vòng màu là loại điện trở có độ chính xác cao, lúc đó các vòng màu có ý nghĩa như sau:

Ý nghĩa các vòng màu:

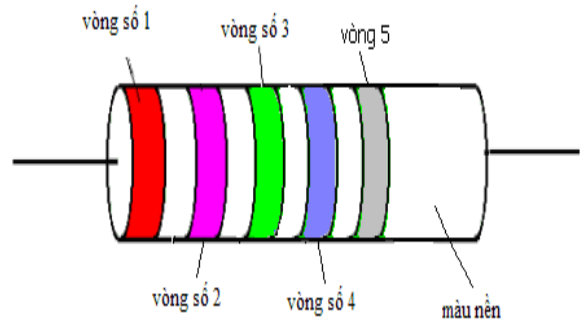
Vòng 1: số thứ nhất

Vòng 2: Số thứ hai

Vòng 3: Số thứ ba

Vòng 4: Bội số

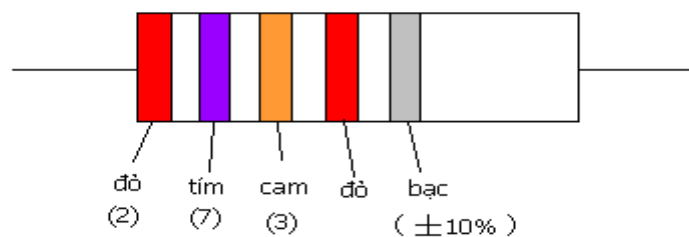
Vòng 5: Sai số



Hình 1.6

Trị số = (vòng số 1)(vòng số 2)(vòng số 3)(vòng số 4)(vòng số 5)

Ví dụ:



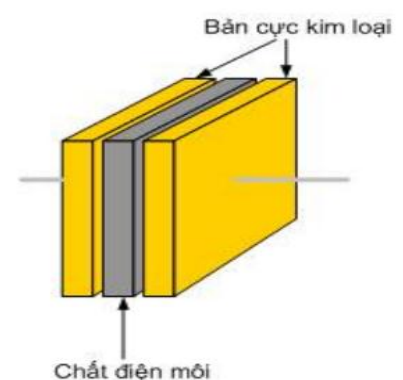
$$R = 273.10^2 \pm 10\%$$

$$R = 27.3 \text{ K}\Omega \pm 10\%$$

Hình 1.7

2.2. Tụ điện

Tụ điện là một linh kiện thụ động và được sử dụng rất rộng rãi trong các mạch điện tử, được sử dụng



trong các mạch lọc nguồn, lọc nhiễu mạch truyền tín hiệu mạch xoay chiều, mạch dao động,...

2.2.1 Cấu tạo

Tụ điện gồm có hai bản cực làm bằng chất dẫn điện đặt song song nhau, ở giữa có một lớp cách điện gọi là điện môi. Chất cách điện thông dụng để làm điện môi là: giấy, dầu, mica, gốm, không khí,...

Chất cách điện được lấy làm tên gọi cho tụ điện.

Hình 1.8

Ví dụ: tụ điện giấy, tụ điện dầu, tụ điện gốm, tụ điện không khí,...

2.2.2. Các chỉ tiêu kỹ thuật cơ bản

a. Điện dung

- Khả năng chứa điện của tụ điện gọi là điện dung (viết tắt là C). Điện dung C của tụ điện tùy thuộc vào cấu tạo và được tính bởi công thức:

$$C = \varepsilon \frac{S}{d}$$

Trong đó ε : hằng số điện môi tùy thuộc vào chất cách điện

S: diện tích bản cực (m^2)

D: bề dày lớp điện môi (m)

- Điện dung C có đơn vị là Fara. Fara là 1 là trị số điện dung rất lớn nên trong thực tế chỉ dùng các ước số của Fara là:

microfara - $1\mu F = 10^{-6}F$

nanofara - $1nF = 10^{-9}F$

Picofara - $1pF = 10^{-12}F$

b. Điện tích tụ nạp

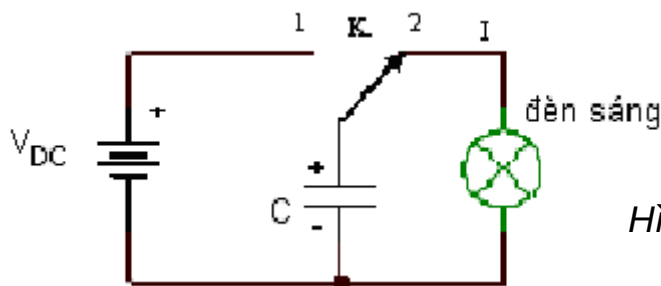
- Nếu nối nguồn DC vào tụ với thời gian đủ dài sẽ nạp đầy. Điện tích nạp được tính theo công thức:

$Q = C.V$ Với Q: điện tích (Coulomb – C)

C: điện dung (Fara – F)

V: điện thế nạp trên tụ (Volt – V)

c. Năng lượng tụ nạp và xả



Hình 1.9

Sau khi tụ nạp đầy (công tắc K ở vị trí 2) thì bóng đèn sáng lên và sau một thời gian thì bóng đèn tắt. Hiện tượng này gọi là tụ xả điện. Dòng điện do tụ xả qua bóng đèn trong thời gian đèn sáng chính là năng lượng được nạp trong tụ điện.

$$W = \frac{1}{2} CV^2 \quad \text{với} \quad W : \text{điện năng (Joule - J)}$$

C: điện dung (Fara -F)

V: điện áp trên tụ (Volt - V)

d. Điện thế làm việc

Điện thế tạo ra điện trường đủ mạnh tạo ra dòng điện trong điện môi gọi là điện thế đánh thủng. Do đó, khi sử dụng tụ điện để nạp và xả điện thì điện thế đặt vào tụ phải nhỏ hơn điện thế đánh thủng. Trên tụ điện người ta phải cho biết mức điện nhỏ hơn điện thế đánh thủng vài lần.

Điện thế đánh thủng của điện môi tỉ lệ theo bề dày của điện môi nên thường người ta chỉ cho trị số điện trường đánh thủng theo công thức:

$$E = \frac{V}{d} \quad \text{với} \quad E: \text{điện trường (KV/cm)}$$

V: điện thế (KV)

D: bề dày điện môi (cm)

e. Thông kỹ thuật của tụ điện

Khi sử dụng tụ điện phải biết hai thông số chính của tụ điện là:

- Điện dung C.

- Điện áp làm việc WV.

Phải chọn điện áp làm việc của tụ điện WV lớn hơn điện áp trên thân tụ điện V_c theo công thức:

$$WV \geq 2V_c$$

2.2.3. Phân loại tụ điện

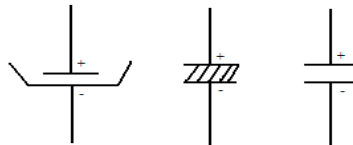
Tụ điện được chia làm hai loại chính là :

- Tụ điện có phân cực tính dương và âm.
- Tụ điện không phân cực tính được chia làm nhiều dạng.

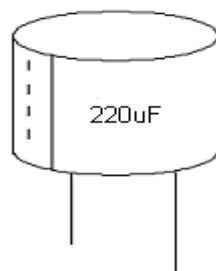
a. Tụ Oxid hoá (thường gọi là tụ hoá)

Tụ hoá có điện dung lớn từ $1\mu F \div 10.000\mu F$ là loại có phân cực tính âm và dương. Tụ được chế tạo với bản cực nhôm và cực dương có bề mặt hình thành lớp oxid nhôm và lớp bột khí có tính cách điện để làm chất điện môi. Lớp oxid nhôm rất mỏng nên điện dung của tụ lớn. Khi sử dụng phải lắp đúng cực tính dương và âm, điện áp làm việc thường nhỏ hơn 500V.

Ký hiệu:



Hình dạng:

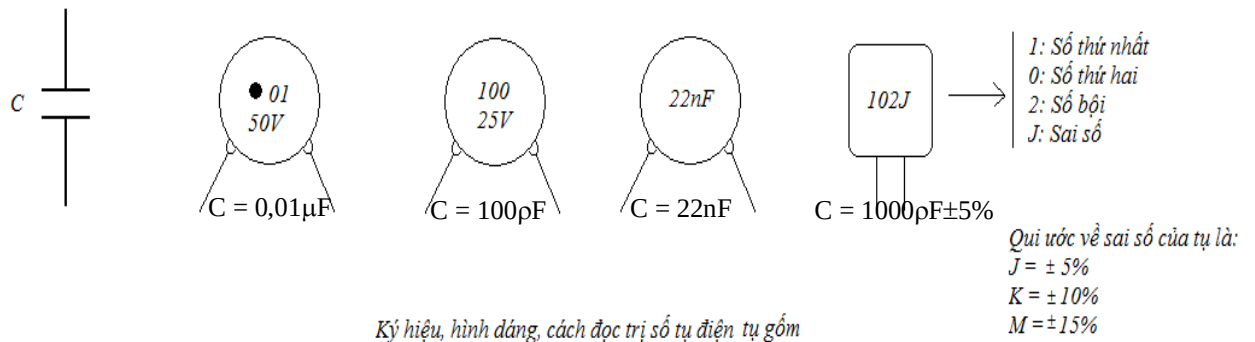


Hình 1.10

b. Tụ gốm

Tụ gốm có điện dung từ 1p đến $1\mu F$ là loại tụ không có cực tính, điện thế làm việc cao đến vài trăm volt.

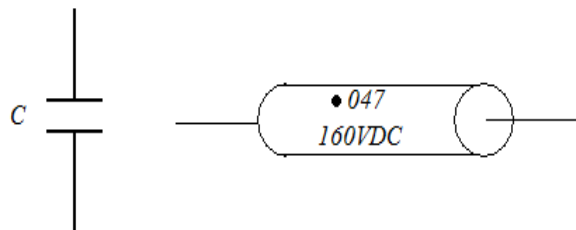
Về hình dáng tụ gốm có nhiều dạng và có nhiều cách ghi giá trị số điện dung C khác nhau.



Ký hiệu, hình dáng, cách đọc trị số tụ điện tụ gốm

c. Tụ giấy

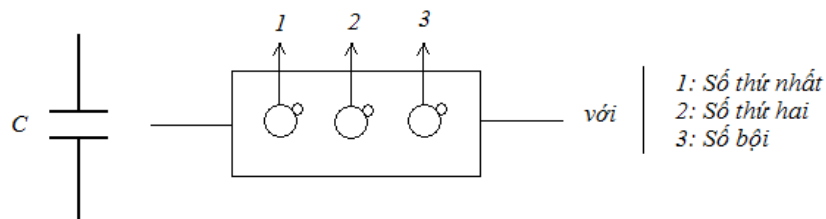
Là loại tụ không có cực tính gồm có hai bản cực là các băng kim loại dài, ở giữa có lớp cách điện là giấy tẩm dầu và cuộn lại thành ống. Điện áp đánh thủng đến vài trăm volt.



Ký hiệu, hình dáng tụ giấy

d. Tụ mica

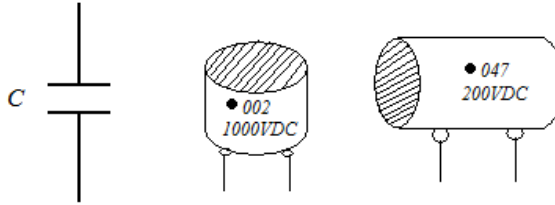
Là loại tụ không có cực tính, điện dung từ vài pF đến vài trăm nF, điện thế làm việc rất cao đến trên 1000V. Tụ mica đắt tiền hơn tụ gốm vì ít sai số, đáp tuyến cao tần số tốt, độ bền cao. Trên tụ mica được sơn các chấm màu để chỉ trị số điện dung và cách đọc giống như đọc điện trở.



Ký hiệu, hình dáng và cách đọc trị số tụ mica

e. Tụ màng mỏng

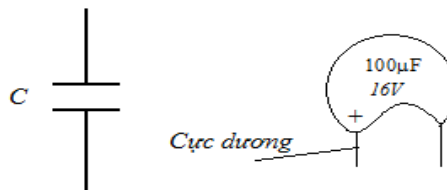
Điện dung từ vài trăm pF đến vài chục μF điện thế làm việc cao đến hàng ngàn volt.



Ký hiệu, hình dạng tụ màng mỏng

f. Tụ tang - tan

Là loại tụ có phân cực tính, điện dung có điện thế rất cao nhưng kích thước nhỏ từ $0,1\mu\text{F}$ đến $100\mu\text{F}$, điện thế làm việc thấp chỉ khoảng vài chục volt. Tụ tang – tan thường có dạng viên.



Ký hiệu, hình dạng tụ tang - tan

2.3. Cuộn điện cảm

2.3.1. Cấu tạo

Là linh kiện tạo ra từ trường. Cuộn dây là một dây dẫn điện có bọc bên ngoài lớp sơn cách điện thông thường - thường gọi là dây điện từ quấn nhiều vòng liên tiếp khác nhau trên một cái lõi.

Lõi của cuộn dây là một ống rỗng (lõi không khí), sắt bụi, lõi điều chỉnh được hay sắt lá. Tùy loại lõi, cuộn dây có các ký hiệu khác nhau.



Cuộn dây lõi không khí



Cuộn dây lõi Ferit

Ký hiệu cuộn cảm:



L1 là lõi không khí

L2 là lõi Ferit

L3 là lõi điều chỉnh được

L4 lõi thép kĩ thuật

2.3.2. Các đại lượng đặt trưng cho cuộn dây

- Hệ số từ cảm: là đại lượng đặt trưng cho sức điện động cảm ứng khi có dòng điện biến thiên đi qua và ký hiệu là L – đơn vị Henri (H) và được tính theo công thức:

$$L = \mu_r \cdot 4\pi \frac{n^2}{l} S \cdot 10^{-7}$$

Với L : hệ số tự cảm (H).

l : chiều dài lõi (m).

S : tiết diện lõi (m^2).

n : số vòng dây.

μ_r : hệ số từ thẩm của vật liệu làm lõi.

- Cảm kháng: là đại lượng đặc trưng cho sự cản trở của cuộn dây khi có dòng điện.

$$Z_L = 2\pi f \cdot L$$

Với Z_L : cảm kháng (Ω)

L : hệ số tự cảm (H)

f : tần số (Hz)

- Điện trở thuần: là điện trở trong lòng cuộn dây tiêu thụ điện năng để sinh nhiệt, điện trở này có thể đo bằng đồng hồ.

- Năng lượng từ trường: Cuộn dây có thể tích lũy năng lượng từ trường.

$$W = \frac{1}{2} LI^2$$

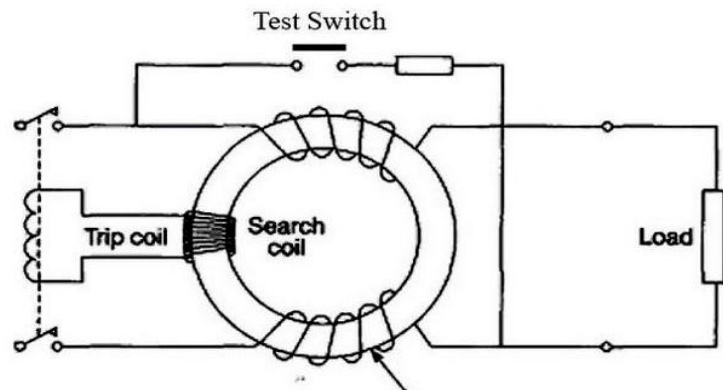
Với W: năng lượng (J)

L: hệ số tự cảm (H)

I: dòng điện (A)

2.3.2. Lõi từ

Sơ đồ đơn giản về ELCB sử dụng một lõi từ hình xuyên (thường là lõi ferít) để xuyên hai dây dẫn đi qua, phần dòng điện được lấy làm cảm ứng được quấn quanh lõi từ đó. Ở hình này thì dây dẫn điện lại được quấn xung quay lõi từ hình xuyên một cách đều nhau (để không gây ra sự lệch từ).



Toroidal Iron Core (*Lõi sắt hình xuyên*)

Hình 1.11

Phía dưới là một sơ đồ đầu nối của ELCB cho một mạch điện ba pha, nguồn tiêu thụ là một động cơ. Đây chỉ là một sự minh họa giúp hiểu rằng ELCB không chỉ đơn thuần bảo vệ chống rò điện ở các mạch điện một pha trong dân dụng, mà chúng còn sử dụng trong các mạch điện 3 pha trong công nghiệp hoặc các xưởng nhỏ.

