



SỞ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO HÀ NỘI

GIÁO TRÌNH

Thí nghiệm điện kỹ thuật

DÙNG TRONG CÁC TRƯỜNG TRUNG HỌC CHUYÊN NGHIỆP



NHÀ XUẤT BẢN HÀ NỘI

SỞ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO HÀ NỘI

TRẦN THỊ HÀ

GIÁO TRÌNH
THÍ NGHIỆM ĐIỆN KỸ THUẬT

(Dùng trong các trường THCN)

NHÀ XUẤT BẢN HÀ NỘI - 2007

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

Bài mở đầu

Trong các chương trình môn học, thí nghiệm giữ một vai trò quan trọng trong việc củng cố lại các kiến thức lý thuyết đã học. *Thí nghiệm điện kỹ thuật* cũng có những mục đích như vậy.

Dựa vào chương trình lý thuyết điện kỹ thuật mà học sinh các trường trung học chuyên nghiệp đã được học, kết hợp với phần lý thuyết và các thiết bị được viện trợ, chúng tôi đã biên soạn ra 17 bài thí nghiệm điện kỹ thuật.

Kết cấu của mỗi bài thí nghiệm bao gồm 6 phần:

1. Mục tiêu mà mỗi học sinh phải đạt được sau khi tiến hành thí nghiệm.
2. Nhắc lại những kiến thức lý thuyết cơ bản có liên quan đến bài thí nghiệm.
3. Các thiết bị, vật tư dùng trong bài thí nghiệm.
4. Quy trình thực hiện bài thí nghiệm.
5. Tóm tắt những kiến thức cơ bản mà học sinh cần phải nhớ sau khi thực hiện xong thí nghiệm.
6. Bài tập về nhà

Với 17 bài thí nghiệm, học sinh sẽ phải sử dụng thành thạo các dụng cụ đo thông dụng của nghề điện để làm thí nghiệm; lấy các thông số kỹ thuật cơ bản của mạch điện; xây dựng các đặc tính v.v.

Ngoài ra, trong quá trình làm thí nghiệm, học sinh còn được rèn luyện thêm về kỹ năng tự đọc và nghiên cứu tài liệu, biết rút ra những kết luận quan trọng, củng cố thêm những kiến thức đã tiếp thu trong các giờ học lý thuyết của môn Điện kỹ thuật.

Trước khi tiến hành thí nghiệm, học sinh phải được học môn An toàn điện. Tài liệu thí nghiệm nên được nghiên cứu trước để học sinh có thời gian tìm đọc các tài liệu có liên quan.

Trong khi thực hiện thí nghiệm, học sinh cần nắm vững các bước thực hiện; thận trọng khi sử dụng các dụng cụ đo. Nếu có phần nào chưa rõ, phải hỏi giáo viên hướng dẫn thí nghiệm. Các thông số đo được khi thí nghiệm, cần ghi ngay

vào phần trống sau mỗi bước của quy trình. Để rút ngắn thời gian làm thí nghiệm, phần giải thích nên để làm ngoài giờ.

Sau khi tiến hành thí nghiệm, tất cả các nguồn điện đều phải để ở vị trí ngắt. Các thiết bị, đồng hồ đo đều phải được xếp đặt lại một cách gọn gàng; các dây nối phải được buộc lại một cách gọn ghẽ để chuẩn bị cho giờ thí nghiệm tiếp sau.

Để đạt được hiệu quả cao trong giờ thí nghiệm, các ca thí nghiệm nên chia từ 3-4 nhóm, mỗi nhóm từ 2-3 học sinh. Tùy theo số thiết bị có trong phòng thí nghiệm mà các nhóm có thể thực hiện các bài thí nghiệm theo các thứ tự khác nhau mà không ảnh hưởng đến chất lượng học tập.

Bài 1

ĐỊNH LUẬT OHM

1. Mục tiêu

- Xác định mối quan hệ giữa điện áp, dòng điện và điện trở trong mạch điện.
- Học thuộc Định luật Ohm thông qua các bài tập.

2. Ôn tập các kiến thức cơ bản

2.1. Điện áp

Khi có dòng điện chạy trong mạch điện sẽ có trường điện từ, tạo ra điện thế tại các điểm khác nhau trong mạch điện và các lực hút và lực đẩy. Điện áp là hiệu điện thế giữa hai điểm trong điện trường. Có thể so sánh như nước chuyển động trong ống: nước sẽ chảy từ nơi có áp suất cao đến nơi có áp suất thấp.

Điện áp có ký hiệu là U ; đơn vị đo điện áp là Vôn (V).

2.2. Dòng điện

Dòng điện trong dây dẫn là dòng chuyển dời có hướng của các Electron. Hướng chuyển động của các Electron sẽ quyết định đến chiều của dòng điện trong mạch điện.

Dòng điện có ký hiệu là I ; đơn vị đo cường độ dòng điện là Ampe (A).

2.3. Điện trở

Điện trở là sự cản trở dòng điện. Nó gần giống như quan hệ giữa sự chuyển động của nước trong ống nước với đường kính của ống. Đường kính của ống càng nhỏ thì sự cản trở chuyển động của nước càng lớn.

Điện trở có ký hiệu là R ; đơn vị đo điện trở là Ohm (Ω).

Nếu đặt vào hai đầu dây dẫn một điện áp là 1V, dòng điện chạy trong dây dẫn là 1A thì điện trở của dây dẫn đó là 1Ω .

Mối quan hệ giữa dòng điện, điện áp và điện trở được thể hiện qua Định luật Ohm:

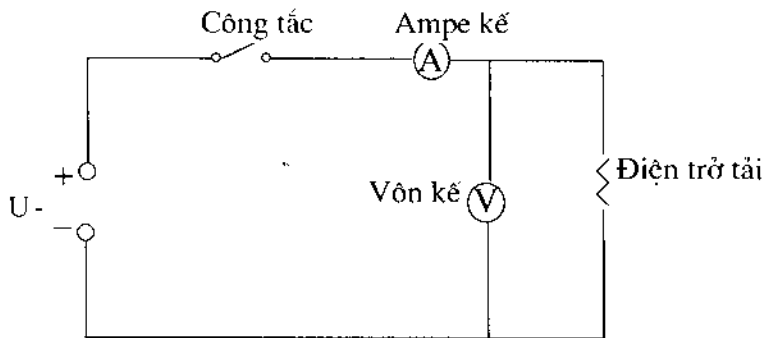
$$I = \frac{U}{R} \text{ (V)}$$

$$U = I.R \text{ (A)}$$

$$R = \frac{U}{I} \text{ (\Omega)}$$

Định luật Ohm không những chỉ áp dụng cho dòng một chiều mà còn được áp dụng cho cả dòng xoay chiều.

Điện áp một chiều được đặt vào một điện trở tải được thể hiện trong hình 1.1.



Hình 1.1. Mạch điện một chiều

2.4. Nguồn điện

Nguồn điện là nguồn duy trì dòng điện trong mạch điện.

Công suất của nguồn điện có ký hiệu là P; đơn vị đo nguồn điện là Watt (W)

Công thức tính công suất của nguồn điện một chiều là:

$$P = I^2 . R = U . I = \frac{U^2}{R} \text{ (W)}$$

Chú ý: Đối với dòng xoay chiều thì không những chỉ có công suất tác dụng P(W) mà còn có cả công suất phản kháng Q (VAr)

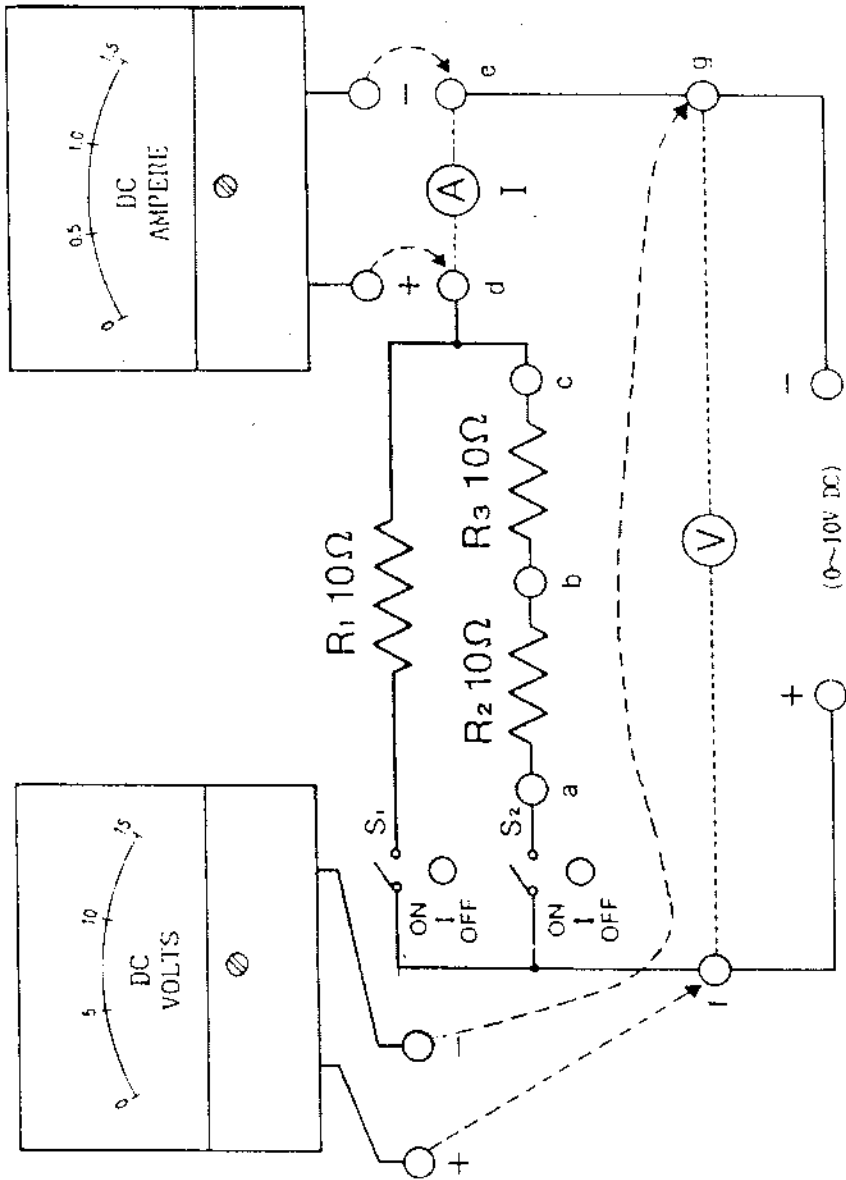
$$P = U . I . \cos\varphi \text{ (W)}$$

$$Q = U . I . \sin\varphi \text{ (VAr)}$$

3. Vật tư - thiết bị dùng cho bài thí nghiệm

- Bàn thí nghiệm.
- Bảng thí nghiệm số N⁰ - 01: ĐỊNH LUẬT OHM

- Nguồn một chiều 0V-10V - Dòng điện lớn nhất là 2A.
- Đồng hồ vạn năng hiện số.
- Dây nối.



Hình 1.2. Bảng N°-01: Thí nghiệm về Định luật Ohm

4. Quy trình thực hiện

1. Lắp bảng thí nghiệm N⁰- 01 lên bàn thí nghiệm.
2. Đặt công tắc S₁ và S₂ ở vị trí OFF.
3. Điều chỉnh điện áp nguồn tới 10V (kiểm tra bằng đồng hồ vạn năng hiện số) và nối đến cực dấu (+) và (-) của bảng thí nghiệm.
4. Xem hình 1.2 nối Ampe kế đến vị trí đánh dấu (A) và Vôn kế đến vị trí đánh dấu (V) trên bảng thí nghiệm. Vôn kế trên bảng phải chỉ 10V.
5. Bật công tắc S₁ sang vị trí ON để đưa điện trở 10Ω vào mạch. Đọc số chỉ của Ampe kế lắp trên bảng. Kiểm tra lại bằng định luật Ohm. Hãy điền trị số đo và tính được vào bảng sau:

Giá trị đo và tính toán	Vị trí của S ₁	
	ON	OFF
U		
R		
I		

6. Bật công tắc S₁ sang vị trí OFF và công tắc S₂ sang vị trí ON. Hãy đọc số chỉ của Ampe kế. Kiểm tra xem có đúng với giá trị tính toán không?

7. Bật lại công tắc S₁ sang vị trí ON và S₂ sang vị trí OFF. Thay đổi điện áp một chiều đầu vào tương ứng với các giá trị 2V, 3V, 5V; kiểm tra xem dòng điện có biến đổi tuân theo định luật Ohm hay không? Điền trị số dòng điện đo được vào bảng sau:

U (V)	2 V	3 V	5 V
I (A)			

8. Giữ nguyên sơ đồ ở bước 7, điều chỉnh điện áp đầu vào sao cho Ampe kế trên bảng chỉ 1A. Dùng đồng hồ vạn năng hiện số đo điện áp rơi trên Ampe kế. Nhận xét về giá trị đo được.

Chú ý: Phải chuẩn bị đồng hồ đo trước, rồi mới đóng điện. Thời gian đo càng nhanh càng tốt.

9. Tính công suất tiêu thụ của mạch khi điện trở tải là 10Ω và 20Ω; điện áp là 10V thông qua giá trị đo của dòng điện trong từng trường hợp. Kiểm nghiệm lại mối quan hệ và điền các trị số tính toán được vào bảng sau:

$$P = U^2 / R = I^2 \times R = U \times I$$

R (Ω)	U = 10V	
	I (A)	P (W)
10Ω		
20Ω		

5. Tóm tắt

- Dòng điện xuất hiện trong mạch điện là do có điện áp đặt trên một điện trở.
- Hiện tượng ngắn mạch là khi điện trở bằng không; điện trở bằng vô cùng là hiện tượng hở mạch.
- Với cùng một điện trở, dòng điện trong mạch tỷ lệ thuận với điện áp đặt trên điện trở đó.
- Công suất trên điện trở sẽ tăng gấp 4 lần nếu dòng điện hay điện áp tăng gấp đôi.

Bài tập thực hành

1. Phát biểu Định luật Ohm trong mạch điện xoay chiều. Viết biểu thức.
2. Hãy giải thích tại sao trong mạch điện một chiều, khi dòng điện tăng gấp đôi thì công suất lại tăng gấp 4 lần.
3. Hãy đo điện trở và dòng điện qua các điện trở mẫu bằng đồng hồ vạn năng hiện số khi U nguồn = 30V. Ghi kết quả đo được vào bảng và căn cứ vào số liệu đó để dựng đồ thị biểu diễn quan hệ giữa điện trở và dòng điện.

Điện trở	U nguồn = 30V	
	Điện trở đo được	Dòng điện đo được
R ₁		
R ₂		
R ₃		
R ₄		
R ₅		

Bài 2

ĐỊNH LUẬT KIRCHHOFF

1. Mục tiêu

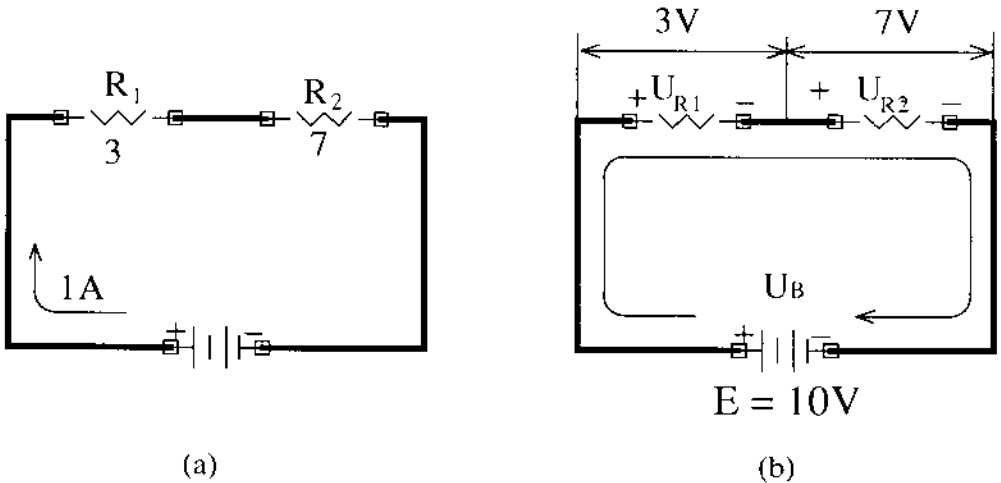
Thuộc các định luật Kirchhoff trong mạch điện một chiều.

2. Ôn tập các kiến thức cơ bản

2.1. Định luật Kirchhoff viết cho điện áp

Định luật Kirchhoff viết cho điện áp đi theo một vòng kín (với chiều tùy ý), tổng đại số các điện áp rơi trên các phần tử bằng tổng đại số các sức điện động có trong mạch vòng đó.

$$\sum u = \sum e$$



Hình 2.1. Định luật Kirchhoff viết cho điện áp

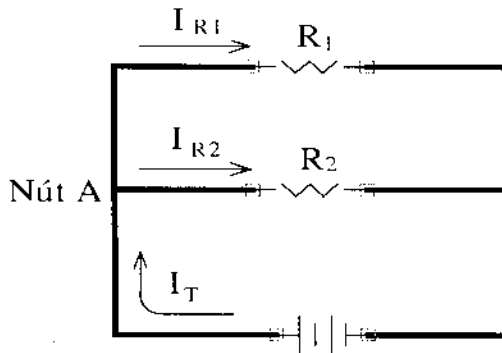
Trong hình 2.1, sức điện động nguồn cung cấp là 10V và điện áp rơi trên các điện trở R_1 và R_2 là 3V và 7V.

Do đó: $10V = 3V + 7V$

2.2. Định luật Kirchhoff viết cho dòng điện

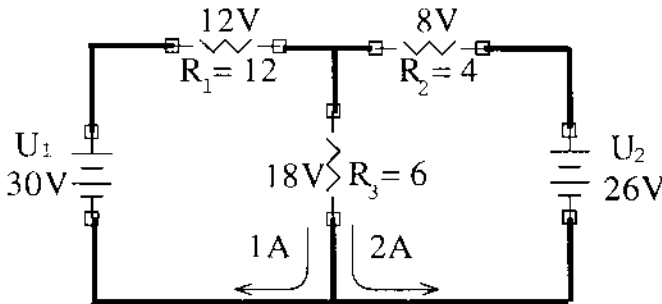
- Điểm nối chung hay điểm A trên hình vẽ được gọi là điểm nút.
- Tổng dòng điện đi vào điểm nút sẽ bằng tổng dòng điện đi ra khỏi điểm nút đó.
- Khi sử dụng chiều mũi tên đánh dấu chiều dòng điện thì tại các điểm nút, dòng điện đi vào điểm nút mang dấu dương và dòng điện đi ra khỏi điểm nút mang dấu âm; tổng đại số của tất cả các dòng điện tại điểm nút sẽ bằng không.

$$I_T = I_{R1} + I_{R2}$$



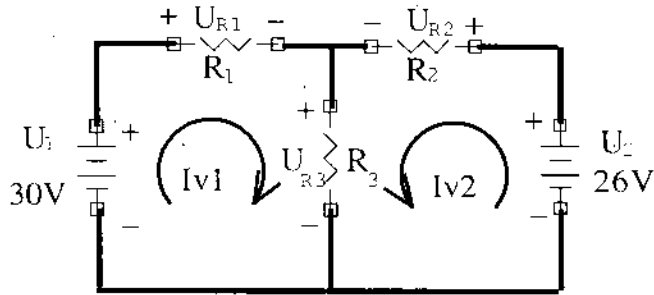
Hình 2.2. Định luật Kirchhoff viết cho dòng điện

- Quan sát dòng điện chạy trong mạch có hai nguồn cung cấp như hình 2.3, tính dòng điện, điện áp rơi trên mỗi điện trở.



Hình 2.3. Ví dụ áp dụng về định luật Kirchhoff viết cho dòng điện

Để giải quyết bài toán có hai nguồn cung cấp, phải biết rằng bài toán được tạo ra từ hai mạch vòng độc lập như trong hình 2.4.



Hình 2.4. Mô tả hai mạch vòng độc lập theo ví dụ của hình 2.3

- Đối với mạch vòng bên trái:

$$U_1 - U_{R_1} - U_{R_3} = 0$$

Trong đó $U_{R_1} = I_1 \cdot R_1$

$$U_{R_3} = R_3 (I_1 + I_2)$$

Vì thế: $U_1 - I_1 R_1 - U_{R_3} = 0$

Vậy: $U_1 - R_1 I_1 - R_3 (I_1 + I_2) = 0$

$$-I_1 (R_1 + R_3) - I_2 R_3 = -U_1 \quad (1)$$

- Đối với mạch vòng bên phải:

$$U_2 - U_{R_2} - U_{R_3} = 0$$

Trong đó $U_{R_2} = I_2 \times R_2$

$$U_{R_3} = R_3 (I_1 + I_2)$$

Vì thế: $U_2 - I_2 R_2 - U_{R_3} = 0$

Vậy: $U_2 - I_2 R_2 - R_3 (I_1 + I_2) = 0$

$$-I_2 (R_2 + R_3) - I_1 R_3 = -U_2 \quad (2)$$

Thay $R_1 = 12\Omega$, $R_2 = 4\Omega$ và $R_3 = 6\Omega$ vào công thức (1), ta có:

$$-I_1 (12\Omega + 6\Omega) - I_2 6\Omega = -30V$$

$$-18\Omega I_1 - 6\Omega I_2 = -30V \quad (3)$$

Tương tự như vậy, từ công thức (2) ta có:

$$-I_2 (4\Omega + 6\Omega) - I_1 6\Omega = -26V$$

$$-6\Omega I_1 - 10\Omega I_2 = -26V \quad (4)$$

Giải hai phương trình (3) và (4) ta sẽ có $I_1 = 1A$ và $I_2 = 2A$

Trong đó $U_{R1} = I_1 R_1$

$U_{R2} = I_2 R_2$

$U_{R3} = (I_1 + I_2) R_3$

3. Vật tư - thiết bị dùng cho bài thí nghiệm

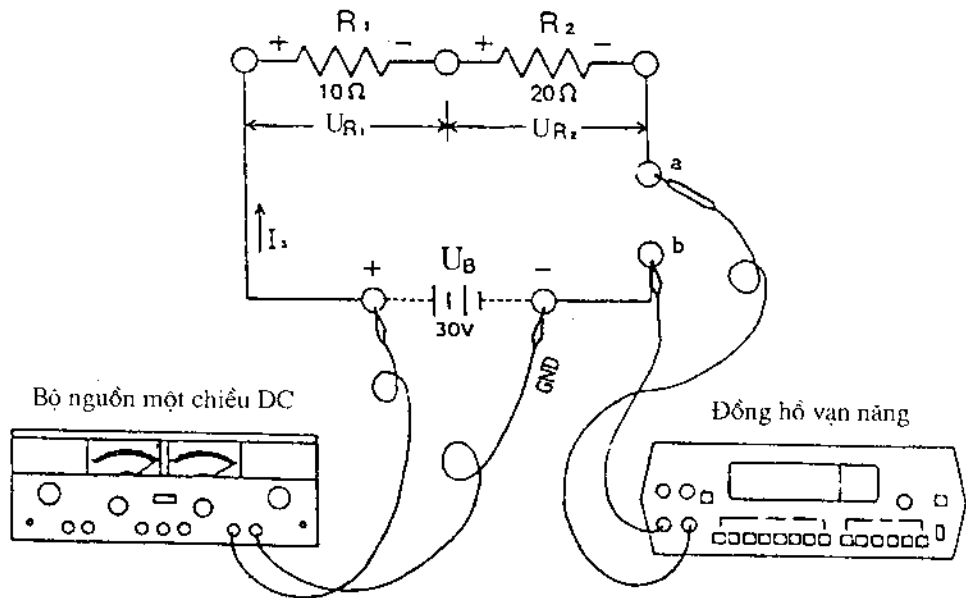
- Bàn thí nghiệm.
- Bảng thí nghiệm số N⁰-02: ĐỊNH LUẬT KIRCHHOFF (hình 2.5).
- Nguồn một chiều: 2 cái.
- Đồng hồ vạn năng: 2 cái
- Dây nối.

4. Quy trình thực hiện

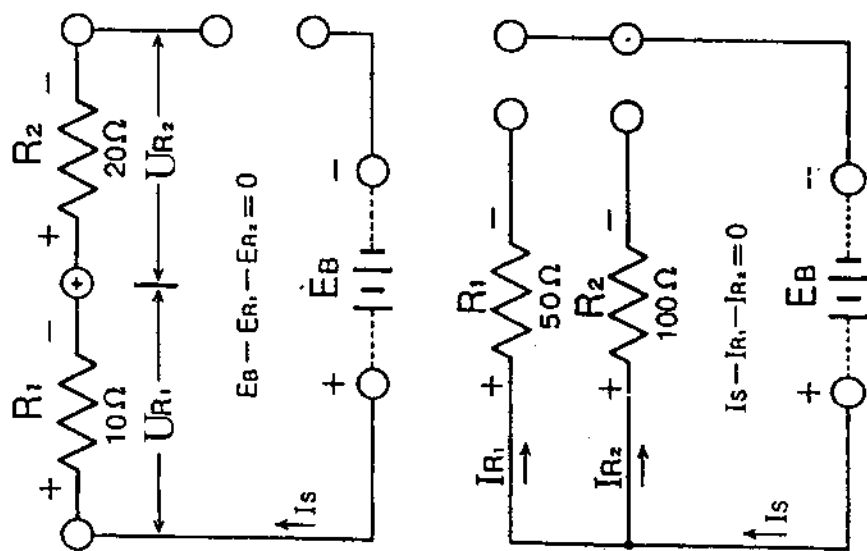
* Định luật Kirchhoff viết cho điện áp (Định luật Kirchhoff 2)

1. Lắp bảng số N⁰ - 02 lên bàn thí nghiệm.

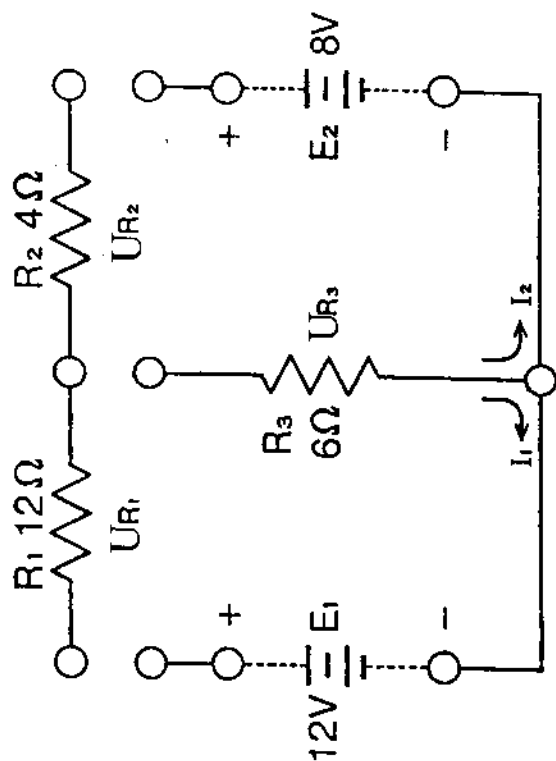
2. Điều chỉnh nguồn một chiều DC đến 30V (do bằng đồng hồ vạn năng hiện số) xem hình 2.6. Nối nguồn DC đến cực dương và cực âm của mạch điện phía góc bên trái bảng. Đặt đồng hồ vạn năng ở thang đo dòng điện 2A (hoặc 10A) một chiều và nối chúng với cọc dấu “a” và “b”. Đo dòng I_s .



Hình 2.6. Sơ đồ nối dây cho bài thí nghiệm định luật Kirchhoff 2

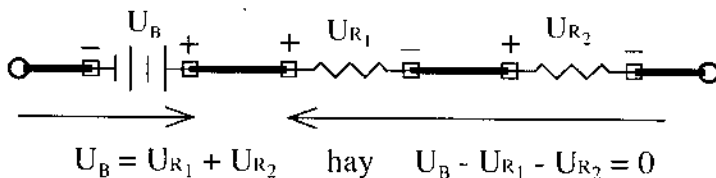


Hình 2.5. Bảng N⁰-02: Thí nghiệm về định luật Kirchhoff



3. Sử dụng đồng hồ vạn năng khác đo điện áp rơi trên điện trở R_1 và R_2 .
Viết phương trình cho U_B (chú ý đến cực tính của các U_B, U_{R_1}, U_{R_2}).

Chú ý: Cả ba điện áp trong mạch được phân bố như hình sau:

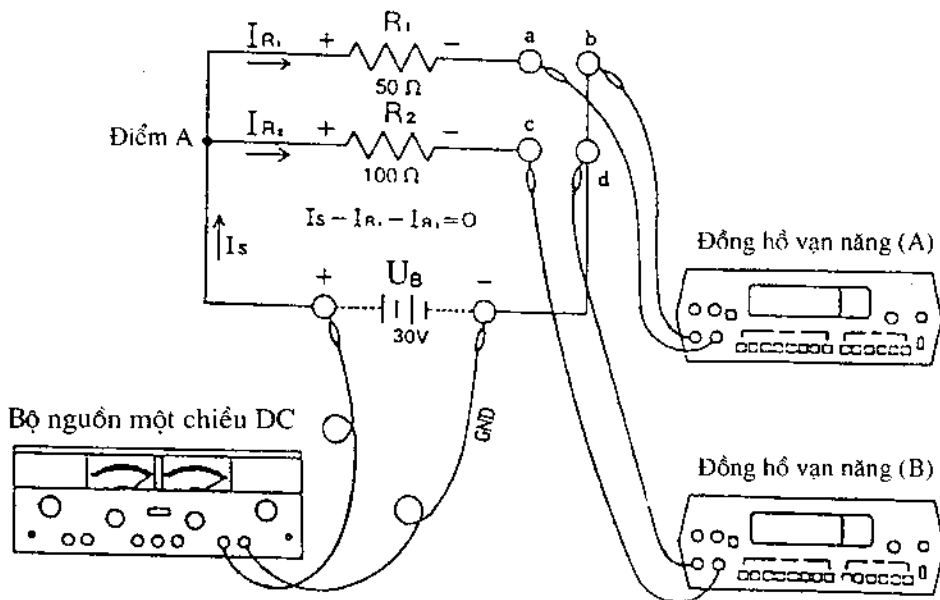


Hình 2.7. Chiều điện áp rơi trên điện trở

4. Từ giá trị dòng đo được I_S , tính toán và kiểm tra các giá trị điện áp U_{R_1}, U_{R_2} đo được ở bước 3.

* Định luật Kirchhoff viết cho dòng điện (Định luật Kirchhoff I)

5. Sắp xếp lại các đồng hồ đo và thiết bị như hình 2.8. Điều chỉnh nguồn cung cấp một chiều đến 30V và đặt đồng hồ vạn năng ở thang đo dòng điện 2A (hoặc 10A) một chiều. Đo dòng I_{R_1} và I_{R_2} .

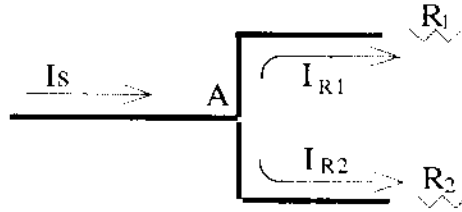


Hình 2.8. Sơ đồ nối dây cho bài thí nghiệm định luật Kirchhoff I

6. Sử dụng giá trị đo I_{R1} và I_{R2} , viết phương trình thể hiện mối quan hệ giữa I_S , I_{R1} và I_{R2} . Kiểm tra các giá trị vừa đo được với giá trị tính toán I_S .

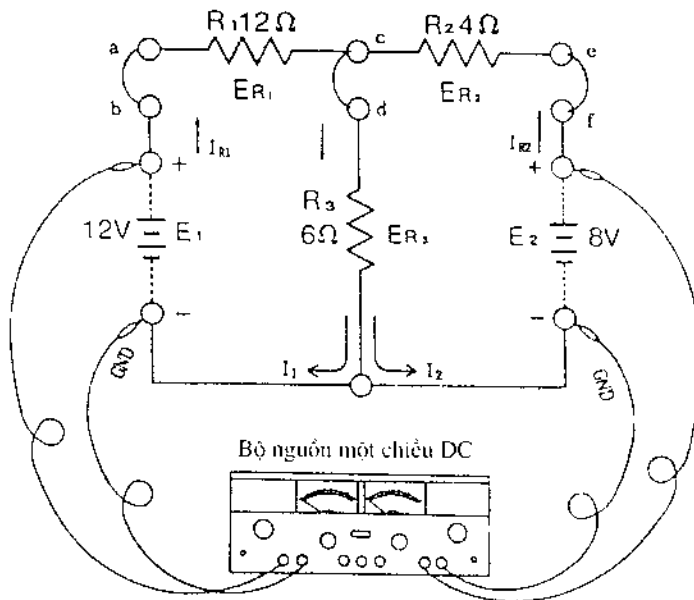
Ghi nhớ: Định luật Kirchhoff viết cho dòng điện tại nút A:

$$I_S = I_{R1} + I_{R2}$$



* Thí nghiệm cho mạch có nhiều nguồn cung cấp

7. Nối hai nguồn 8V và 12V vào U_1 và U_2 như hình vẽ 2.9. Chú ý cực tính của các nguồn một chiều. Hãy đo các giá trị của U_{R1} , U_{R2} và U_{R3} .



Hình 2.9. Sơ đồ đấu dây cho bài thí nghiệm mạch có hai nguồn cung cấp

8. Sử dụng đồng hồ vạn năng hiện số, đo dòng điện chạy qua hai điểm a-b (I_{R1}); c-d (I_{R3}) và e-f (I_{R2}). Khi đo dòng điện chạy qua mỗi phần tử, chú ý cực tính.

I_{R1}	I_{R2}	I_{R3}

9. Kiểm tra lại kết quả theo công thức 1 và 2 trong phần “Ôn tập các kiến thức cơ bản”. Chú ý rằng I_{R_1} và I_{R_2} trong hình 2.9 là tương tự như I_1 và I_2 trong công thức.

5. Tóm tắt

- Cực tính của nguồn và điện áp rơi trên tải là ngược nhau trong một mạch vòng kín.

- Khi có nhiều nguồn cung cấp, giá trị của điện áp tổng sẽ tăng lên làm tăng điện áp rơi trên các phần tử.

- Trong mạch hình T (hình 2.9), dòng điện chạy qua R_3 gồm hai thành phần: dòng I_1 do nguồn U_1 cung cấp, dòng I_2 do nguồn U_2 cung cấp.

Vì vậy điện áp rơi trên R_3 là: $(I_1 + I_2) R_3$

Bài tập thực hành

1. Trong bảng thí nghiệm về định luật Kirchhoff viết cho điện áp, hãy viết phương trình của định luật Kirchhoff và đo các giá trị của U_{R_1} , U_{R_2} , I_S khi điện áp nguồn thay đổi. Điền vào bảng sau:

U_B (V)	U_{R_1} (V)	U_{R_2} (V)	I_S (A)
15			
18			
24			
27			
30			

2. Trong bảng thí nghiệm về định luật Kirchhoff viết cho dòng điện, hãy đo các giá trị của I_{R_1} , I_{R_2} , I_S khi điện áp nguồn thay đổi. Điền vào bảng sau:

U_B (V)	I_{R_1} (A)	I_{R_2} (A)	I_S (A)
10			
15			
20			
25			
30			

Bài 3

ĐIỆN TRỞ ĐẤU SONG SONG VÀ NỐI TIẾP

1. Mục tiêu

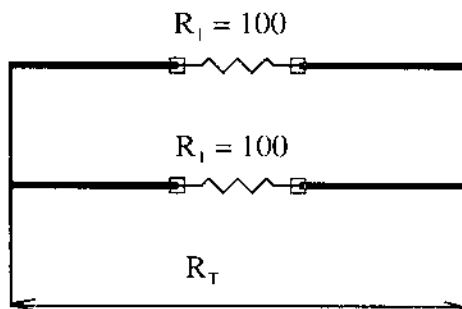
Tính được điện trở tổng và điện trở tương đương khi các điện trở đấu nối tiếp và song song.

2. Ôn tập các kiến thức cơ bản

Một bóng đèn (điện trở tải) được đấu vào điện áp 100V- 50Hz. Khi có bóng đèn thứ hai đấu tương tự như bóng đèn thứ nhất vào cùng nguồn đó thì ta gọi bóng đèn thứ hai đã được đấu song song với bóng đèn thứ nhất. Như vậy dòng điện trong mạch chính sẽ được chia ra làm hai thành phần đi qua hai bóng đèn. Điều này cũng giống như điện trở tải đã giảm đi một nửa.

Nếu đấu thêm một bóng đèn thứ hai nối tiếp với bóng đèn thứ nhất thì bóng đèn đấu thêm sẽ làm giảm dòng điện chạy qua và như vậy độ sáng của bóng đèn sẽ giảm đi.

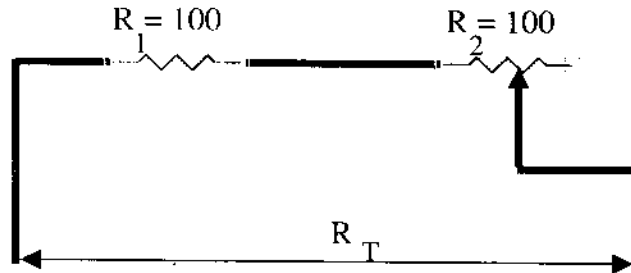
Ví dụ về mạch điện trở đấu song song được thể hiện trong hình 3.1 và mạch điện trở đấu nối tiếp được vẽ trong hình 3.2; trong đó điện trở R_1 và R_2 trong hình 3.1 và điện trở R_1 trong hình 3.2 là điện trở của bóng đèn.



Hình 3.1. Mạch điện trở đấu song song

Điện trở tổng R_T trong hình 3.1 được tính theo công thức:

$$R_T = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2} = \frac{100 \cdot 100}{100 + 100} = 50(\Omega)$$



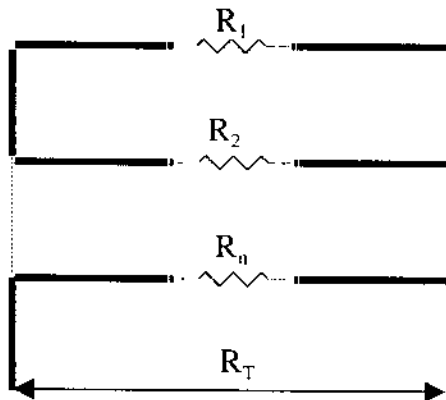
Hình 3.2. Mạch điện trở đấu nối tiếp

Trong hình 3.2 khi R_2 được để ở vị trí có điện trở 100Ω thì điện trở tổng là:

$$R_T = R_1 + R_2 = 100 + 100 = 200 (\Omega)$$

Trường hợp tổng quát, nếu có n điện trở đấu song song như hình 3.3 thì giá trị của điện trở tương đương là:

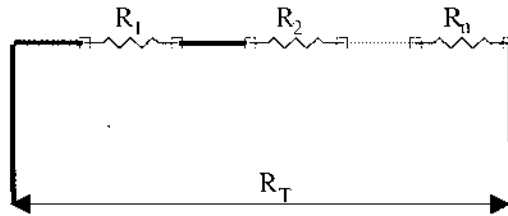
$$\frac{1}{R_T} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_n}$$



Hình 3.3. Mạch đấu song song n điện trở

Tương tự, điện trở tổng của n điện trở đấu nối tiếp được thể hiện trong hình 3.4 và giá trị của điện trở tổng là:

$$R_T = R_1 + R_2 + \dots + R_n$$



Hình 3.4. Mạch đấu nối tiếp n điện trở

3. Vật tư - Thiết bị dùng cho bài thí nghiệm

- Bàn thí nghiệm
- Bảng thí nghiệm số N⁰ - 01: ĐỊNH LUẬT OHM
- Nguồn một chiều OV - 10V - Dòng điện lớn nhất là 2A.
- Đồng hồ vạn năng hiện số.
- Dây nối.

4. Quy trình thực hiện

1. Đọc lại từ bước 1 đến bước 4 trong bài số 1.

* *Đấu song song các điện trở*

2. Kết cấu của bảng thí nghiệm cũng giống như bảng thí nghiệm về định luật Ohm. Hãy điền vào bảng dưới đây giá trị điện trở đo được bằng đồng hồ vạn năng hiện số. Đồng hồ đo điện áp và dòng điện trên bảng không cần sử dụng trong phần này.

Vị trí công tắc	Bước cần thiết	Điện trở cần đo	I đo được
S_1 ở vị trí ON	Không	R_1	
S_1 và S_2 : ON	Nối tắt R_3	$R_1 // R_2$	
S_1 và S_2 : ON	Sử dụng tất cả điện trở	$R_1 // (R_2 + R_3)$	

3. Sử dụng định luật Ohm để kiểm tra lại số đo dòng điện và điện áp của mạch bằng cách nối Vôn kế và Ampe kế như hình vẽ 1.2 ở bài 1. Nguồn cung cấp là 5V một chiều.

Vị trí công tắc	Bước cần thiết	Điện trở cần đo	I đo được
S_1 và S_2 : ON	Nối tắt R_3	$10\Omega // 10\Omega$	
S_1 và S_2 : ON	Sử dụng tất cả điện trở	$10\Omega // (10\Omega + 10\Omega)$	

** Đấu nối tiếp các điện trở*

4. Kết cấu của bảng thí nghiệm cũng giống như bảng thí nghiệm về định luật Ohm. Hãy điền vào bảng dưới đây giá trị điện trở đo được bằng đồng hồ vạn năng hiện số:

Vị trí công tắc	Bước cần thiết	Điện trở	Nối Ohm kế vào	R đo được
S ₁ : ON	Nối tắt R ₃	R ₁ nối tiếp R ₂	Cọc đầu a và f	
S ₁ : ON	Sử dụng tất cả điện trở	R ₁ , R ₂ và R ₃ đấu nối tiếp	Cọc đầu a và f	

5. Nối đồng hồ Vôn kế và Ampe kế vào bảng như hình vẽ 1-2 (đường nét đứt). Tính điện trở tổng nối tiếp R₂ và R₃ bằng công thức; đo bằng đồng hồ đo điện trở; và tính toán thông qua các giá trị đo được bằng Vôn kế và Ampe kế khi đặt điện áp đầu vào là 10V một chiều và bật công tắc S₂ ở vị trí ON. Điền vào bảng sau và nhận xét kết quả:

Giá trị ghi trên bảng thí nghiệm	Giá trị đo bằng đồng hồ hiện số	Giá trị tính bằng định luật Ohm	
		U = 10V	I =

5. Tóm tắt

- Điện trở tổng trong mạch đấu nối tiếp sẽ tăng khi đấu thêm điện trở vào mạch điện.

- Điện trở tương đương trong mạch đấu song song sẽ tăng khi cắt bớt điện trở của mạch điện.

- Khi có n điện trở giống nhau đấu vào mạch thì điện trở tổng sẽ là:

+ Đối với mạch đấu nối tiếp: $R_T = X.n$

+ Đối với mạch đấu song song: $R_T = \frac{X}{n}$

Trong đó: X là trị số của điện trở.

Bài tập thực hành

1. Tính điện trở tổng trong mạch điện sau:

Trong đó:

$$R_1 = R_2 = 0,5\Omega$$

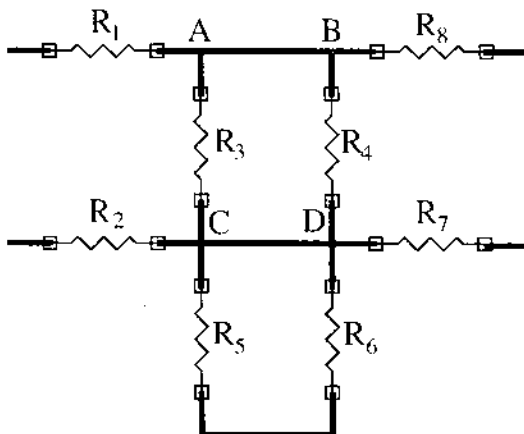
$$R_3 = 8\Omega$$

$$R_4 = 12\Omega$$

$$R_5 = R_6 = 1\Omega$$

$$R_7 = 2\Omega$$

$$R_8 = 15\Omega$$



2. Có hai bóng đèn ghi $P_1 = 100W$; $U_1 = 110V$ và $P_2 = 40W$; $U_2 = 110V$ đấu nối tiếp vào lưới điện có $U = 220V$. Hãy nêu hiện tượng khác thường gì xảy ra và giải thích tại sao?

Bài 4

VÔN KẾ VÀ PHƯƠNG PHÁP ĐO ĐIỆN ÁP

1. Mục đích

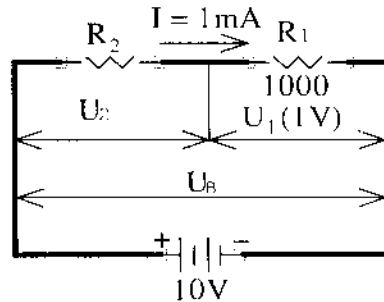
- Nắm được cấu tạo cơ bản của Vôn kế.
- Sử dụng thành thạo và biết cách lựa chọn thang đo trong Vôn kế.

2. Ôn tập các kiến thức cơ bản

Vôn kế bao gồm một điện kế và điện trở nhiều cấp (điện trở phụ) đấu nối tiếp.

Mục đích của điện trở phụ đấu nối tiếp với điện kế là để tạo ra điện áp rơi trên điện trở phụ và làm cho thang đo của đồng hồ được mở rộng. Ví dụ như: để đo điện áp đầu vào là 10V như hình 4.1, người ta chế tạo sao cho điện áp lớn nhất rơi trên điện kế chỉ là 1V (điện trở trong của điện kế là 1000Ω ; dòng điện chạy qua điện kế là 1mA); 9V còn lại phải rơi trên điện trở phụ. Như vậy, thực chất khi đo điện áp là ta đo dòng điện chạy trong mạch.

Độ nhạy của dụng cụ đo là giá trị nhỏ nhất mà dụng cụ đo có thể đo được. Trong bài thí nghiệm, điện kế đo được 1mA. Vậy 1mA được gọi là độ nhạy của đồng hồ đo, với điện trở trong của điện kế là 1000Ω .



R_2 : Điện trở phụ

R_1 : Điện trở trong của điện kế

U_B : Điện áp cần đo

Hình 4.1. Sơ đồ nguyên lý của Vôn kế

Đối với Vôn kế một chiều, để đồng hồ có thể đo được từ $50\mu\text{A}$ đến 1mA thì điện trở trong của điện kế phải từ $500\Omega \sim 1000\Omega$. Vì vậy, muốn đồng hồ đo được $100\mu\text{A}$, với điện trở trong của điện kế là 1000Ω thì điện áp rơi trên điện kế chỉ còn là:

$$100\mu\text{A} \cdot 1000\Omega = 0,1\text{V}$$

Cách xác định giá trị của R_2 : khi sử dụng điện kế có chỉ số lớn nhất đo được trên mặt điện kế là 1mA (độ nhạy của đồng hồ); điện trở trong của điện kế là 1000Ω thì có nghĩa là:

$$U_1 = I \cdot R_1 = 1\text{mA} \cdot 1000\Omega = 1\text{V}$$

$$U_2 = U_B - U_1 = 10 - 1 = 9\text{V}$$

$$\text{Vì vậy } R_2 = \frac{U_2}{I} = \frac{9\text{V}}{1\text{mA}} = 9000(\Omega)$$

Ngoài ra, ta có thể xác định được N là tỷ số biến đổi giữa điện áp lớn nhất mà đồng hồ có thể đo được với điện áp rơi trên điện kế:

$$N = \frac{U_B}{U_1}$$

$$\text{Trong đó: } U_B = U_1 + U_2$$

$$U_1 = I R_1$$

$$U_2 = I R_2$$

$$\text{Vì thế } N = \frac{I \cdot R_1 + I \cdot R_2}{I \cdot R_1} = \frac{R_1 + R_2}{R_1}$$

Và như vậy, R_2 cũng có thể được xác định theo N :

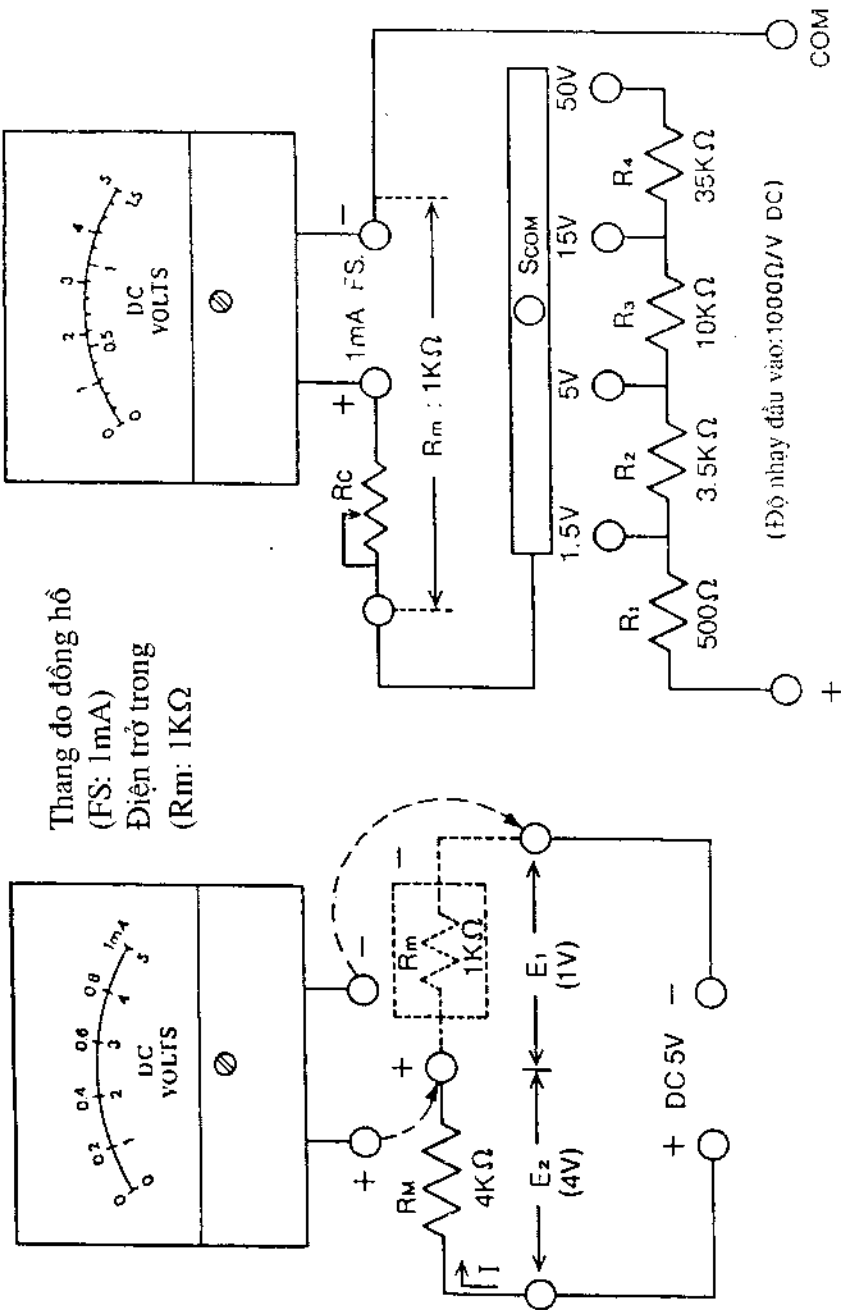
$$R_2 = (N - 1) \cdot R_1$$

$$= (10 - 1) \cdot 1000 = 9000 (\Omega)$$

Chú ý: Các Vôn kế bán trên thị trường có vài điện trở phụ có thể thay đổi được (còn gọi là chiết áp) hàng trăm Ohm đấu nối tiếp với điện kế để mở rộng thang đo của đồng hồ.

3. Vật tư - thiết bị dùng cho bài thí nghiệm

- Bàn thí nghiệm
- Bảng N⁰ - 04: VÔN KẾ
- Nguồn một chiều từ 0 - 50V; 1A
- Đồng hồ đo vạn năng hiện số.
- Dây nối.



Hình 4.2. Bảng N⁰- 04: Thí nghiệm về Vôn kế

4. Quy trình thực hiện

* Điện trở trong của điện kế và điện trở phụ

1. Lắp bảng N⁰- 04 lên bàn thí nghiệm.
2. Lấy nguồn một chiều 5V và nối đến cực dương và cực âm của bảng thí nghiệm (dầu nối có đánh dấu "+ DC 5V -").
3. Nối đồng hồ trên bảng như phân chỉ dẫn ở hình 4.2 (đường nét đứt). (Chú ý: Chỉ số đo được lớn nhất trên mặt điện kế là 1mA).
4. Đóng điện, đo điện áp U_1 bằng đồng hồ vạn năng hiện số. Nếu điện trở trong của điện kế chính xác là $R_m = 1k\Omega$ thì hãy tính độ nhạy của đồng hồ đo thông qua trị số đo được U_1 .
5. Sử dụng đồng hồ vạn năng hiện số, đo điện áp U_2 rơi trên điện trở phụ R_M . Tính điện áp tổng U_1 và U_2 , xem điện áp tổng có được 5V không?

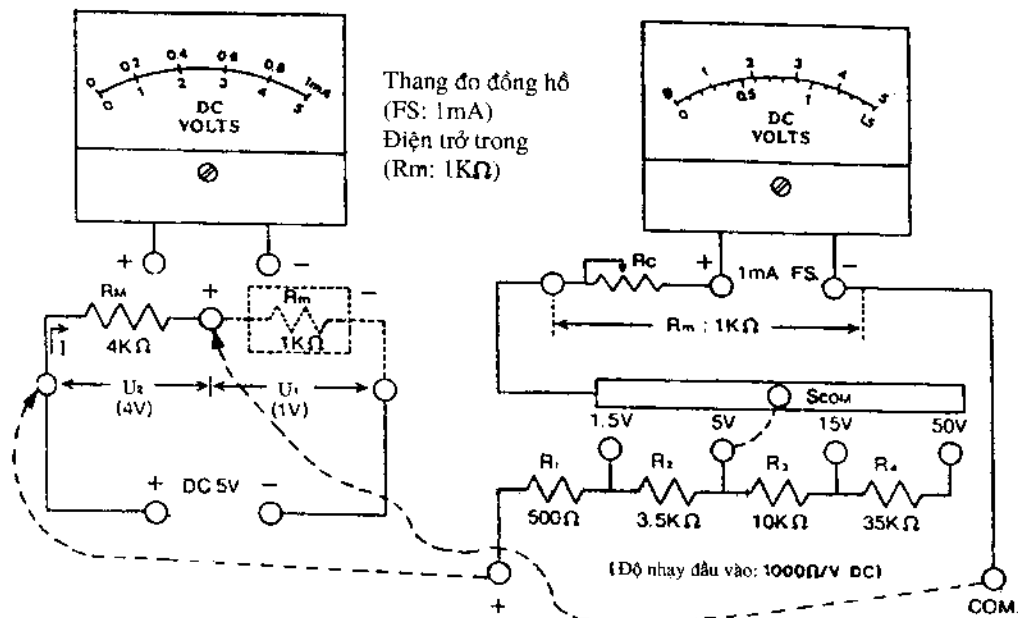
Chú ý: Sai số tổng của đồng hồ, khi sử dụng đo kiểm có thể lên đến $\pm 3\%$.

6. Trong trường hợp điện áp nguồn đặt vào là 3V, đồng hồ đo sẽ chỉ dòng điện là bao nhiêu? Hãy so sánh kết quả tính toán với số đo thực tế trên đồng hồ.

Kết luận: Với điện trở tổng không đổi ($R_M + R_m$), dòng điện chạy qua đồng hồ tỷ lệ thuận với điện áp nguồn. Vì vậy, trong trường hợp độ nhạy của đồng hồ là 1mA với nguồn là 5V thì khi muốn chế tạo đồng hồ có độ nhạy là 0,5mA thì chỉ cần cung cấp điện áp nguồn là 2,5V.

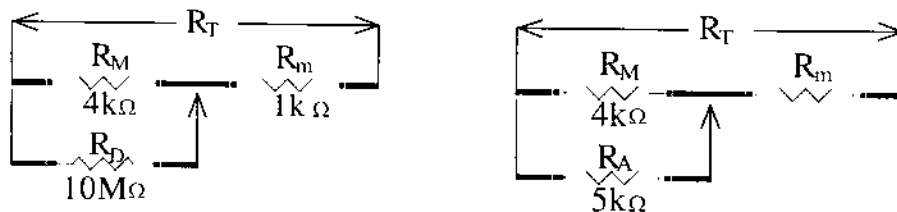
* Nguyên lý làm việc của Vôn kế thay đổi được thang đo

7. Điều chỉnh nguồn một chiều đến 30V (hoặc 50V) và nối nguồn đến cọc nối dây (+) và COM hoặc (-) của bảng thí nghiệm phía bên phải.
8. Nối S_{COM} với cọc nối dây 50V. Đọc số chỉ của đồng hồ đo trên bảng (độ nhạy của đồng hồ vẫn là 1mA). Hãy tính và so sánh với dòng đo được trên đồng hồ. Ở vị trí này điện trở phụ R_M là bao nhiêu?
9. Muốn đo được 10V, vị trí S_{COM} để ở đâu là phù hợp nhất? Vì sao?
10. Nối nguồn một chiều 5V đến bảng bên trái (bước 2 & 3). Bảng bên phải đặt S_{COM} ở vị trí 5V. Nối cọc đầu dây đầu vào như hình vẽ 4.3. Đọc số chỉ của Vôn kế lắp trên bảng bên phải. So sánh với U_2 ở bước 5 ($U_2 = 4V$). Hãy giải thích xem tại sao có sự khác nhau đó?



Hình 4.3. Sơ đồ nối dây cho bài thí nghiệm về Vôn kế

Điện trở trong của tất cả các đồng hồ hiện số là khoảng $10\text{M}\Omega/\text{V}$. Nó đủ lớn để không gây ra bất cứ một hiệu ứng tải nào. Tuy nhiên, đồng hồ đo sử dụng trong bài tập trên bảng thí nghiệm có điện trở trong là $1000\Omega/\text{V}$, do đó ở thang 5V, điện trở trong của đồng hồ là $5\text{k}\Omega$ là nhỏ nên khi đấu song song với điện trở phụ $4\text{k}\Omega$ sẽ gây ra hiệu ứng tải. Giải thích được chỉ ra trong hình 4.4.



Hình 4.4. Hiệu ứng tải điện trở trong của đồng hồ Vôn kế

Trong đó:

R_D : Điện trở trong của đồng hồ hiện số

R_A : Điện trở trong của đồng hồ trên bảng với thang đo 5V

Ở mạch điện (a), sử dụng đồng hồ vạn năng hiện số để đo điện áp rơi trên điện trở phụ R_M . Do điện trở trong của đồng hồ vạn năng hiện số là $10M\Omega$ nên điện trở tổng R_T hầu như không thay đổi:

$$R_T = \frac{R_M \cdot R_D}{R_M + R_D} + R_m = \frac{4k\Omega \cdot 10M\Omega}{4k\Omega + 10M\Omega} + 1k\Omega = 5k\Omega$$

Ở mạch điện (b), sử dụng đồng hồ trên bảng để đo điện áp rơi trên điện trở phụ R_M . Do điện trở trong của đồng hồ là $5k\Omega$ nên điện trở tổng R_T là:

$$R_T = \frac{R_M \cdot R_d}{R_M + R_d} + R_m = \frac{4k\Omega \cdot 5k\Omega}{4k\Omega + 5k\Omega} + 1k\Omega = 3,22k\Omega$$

Chính vì vậy, trong mạch điện (a) điện áp rơi trên điện trở phụ R_M là 4V (dòng điện chạy qua đồng hồ là 1mA). Ở mạch điện (b) do điện trở tổng là $3,22k\Omega$ nên điện áp rơi trên $R_M \neq 4V$ (dòng điện chạy qua đồng hồ $\neq 1mA$) gây nên sự sai lệch, gọi là “hiệu ứng tải”.

11. Cấp điện áp chính xác 1V vào cọc đầu dây (+) và COM, đặt S_{COM} ở vị trí 1,5V. Kiểm tra xem đồng hồ trên bảng có chỉ 1V không? Điều chỉnh phân áp S_{COM} và đọc kết quả. Có nhận xét gì về độ chính xác của kết quả đo khi thay đổi phân áp?

Kết luận: Mục đích của phân áp S_{COM} là thay đổi điện trở trong của đồng hồ đo cho phù hợp với thông số cần đo. Để đo các giá trị điện áp nhỏ, tốt nhất là sử dụng thang đo thấp.

5. Tóm tắt

Vôn kế một chiều bao gồm một ampe kế một chiều và một điện trở phụ. Giá trị của điện trở phụ có thể được quyết định từ độ nhạy của đồng hồ và điện trở của đồng hồ thông qua tỷ số biến đổi N đã biết.

Ví dụ: Để thiết kế thang đo 100V của một Vôn kế thì phải sử dụng $100\mu A$ và $1k\Omega$ của Ampe kế một chiều.

- Điện áp đầu vào của đồng hồ là:

$$100\mu A \times 1k\Omega = 0,1V \quad (1)$$

- Tỷ số biến đổi: $N = \frac{100V}{0,1V} = 1000 \quad (2)$

- Trị số của điện trở phụ:

$$R_M = (N - 1) \times R_m = (1000 - 1) \times 1k\Omega = 999k\Omega$$

- Độ nhạy của đồng hồ (Ω/V), tính được từ điện trở đầu vào của thang đo 100V là:

$$R_M + R_m = 999k\Omega + 1k\Omega = 1M\Omega$$

Vì vậy
$$\Omega/V = \frac{1M\Omega}{100V} = \frac{10k\Omega}{V}$$

Sai số của phép đo phụ thuộc vào trị số Ω/V . Trị số Ω/V càng cao sẽ làm giảm sai số của phép đo.

- Đồng hồ đo có độ nhạy cao sẽ có điện trở đầu vào cao. Ví dụ trên đã chỉ ra điều đó. Trong bài tập, điện trở đầu vào của đồng hồ là 1000 Ω/V ở thang đo 1mA, như vậy muốn đồng hồ có thang đo 100 μ A thì điện trở đầu vào phải tăng lên 10.000 Ω/V .

- Nguyên lý làm việc của Vôn kế xoay chiều có khác đôi chút. Có hai loại Vôn kế xoay chiều. Loại thứ nhất, chỉnh lưu điện áp xoay chiều thành điện áp một chiều, sau đó sử dụng Vôn kế một chiều để đo điện áp đó. Loại thứ hai, sử dụng việc chuyển đổi bằng cơ cấu cơ khí.

Bài tập thực hành

1. Hãy giải thích chức năng của điện trở phụ trong đồng hồ Vôn kế. Cho ví dụ minh họa.
2. Sử dụng đồng hồ vạn năng hiện số để đo điện áp đầu ra của một máy biến áp tự ngẫu. Hãy kiểm tra điện áp chênh lệch giữa các cực.

Bài 5

AMPE KẾ VÀ PHƯƠNG PHÁP ĐO DÒNG ĐIỆN

1. Mục tiêu

- Nắm được cấu tạo và nguyên lý làm việc của Ampe kế.
- Biết sử dụng Ampe kế để đo dòng điện chạy trong mạch.

2. Ôn tập các kiến thức cơ bản

Ampe kế bao gồm một điện kế và điện trở Shunt đấu song song.

Nhìn chung, độ nhạy của các Ampe kế thường nằm trong khoảng từ $50\mu\text{A}$ đến 1mA với điện trở trong từ $500\Omega \sim 1000\Omega$.

Muốn Ampe kế đo được dòng điện trên 10A thì điện trở Shunt và thang đo điện áp đầu vào trên mặt điện kế phải được chế tạo đặc biệt.

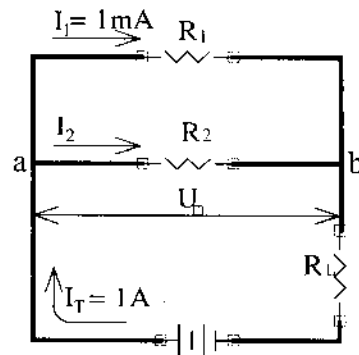
R_1 : Điện trở trong của đồng hồ

R_2 : Điện trở Shunt

R_L : Điện trở tải

U_m : Thang đo điện áp đầu vào của đồng hồ

I_T : Dòng điện qua tải



Hình 5.1. Sơ đồ nguyên lý của Ampe kế

Trong bảng thí nghiệm, độ nhạy của đồng hồ là 1mA và điện trở trong là 1000Ω .

Dòng điện tổng I_T được chia ra làm 2 thành phần: I_1 và I_2 . Điện áp U_m rơi trên hai điện trở đấu song song R_1 và R_2 phải là tương đương. Vì vậy:

$$I_1 \cdot R_1 = I_2 \cdot R_2 \Rightarrow R_2 = \frac{I_1 \cdot R_1}{I_2} = \frac{I_1 \cdot R_1}{I_T - I_1}$$

Giá trị của điện trở R_2 trong mạch điện của hình 5.1 là:

$$R_2 = \frac{I_1 \cdot R_1}{I_T - I_1} = \frac{1mA \cdot 1k\Omega}{1A - 1mA} = \frac{1V}{0,999A} = 1,001\Omega$$

Ngoài ra ta có thể tìm được điện trở R_2 thông qua tỷ số biến đổi N giữa dòng điện tổng và dòng điện đo được trên thang đo dòng của đồng hồ:

$$N = \frac{I_T}{I_1} = \frac{I_1 + I_2}{I_1}$$

Trong đó: $I_1 = \frac{U_m}{R_1}$ và $I_2 = \frac{U_m}{R_2}$

U_m là giá trị thang đo điện áp đầu vào trên mặt của điện kế.

$$N = \frac{U_m + \frac{U_m}{R_2}}{\frac{U_m}{R_1}} = R_1 \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right) = 1 + \frac{R_1}{R_2}$$

Do đó $R_2 = \frac{R_1}{(N-1)}$

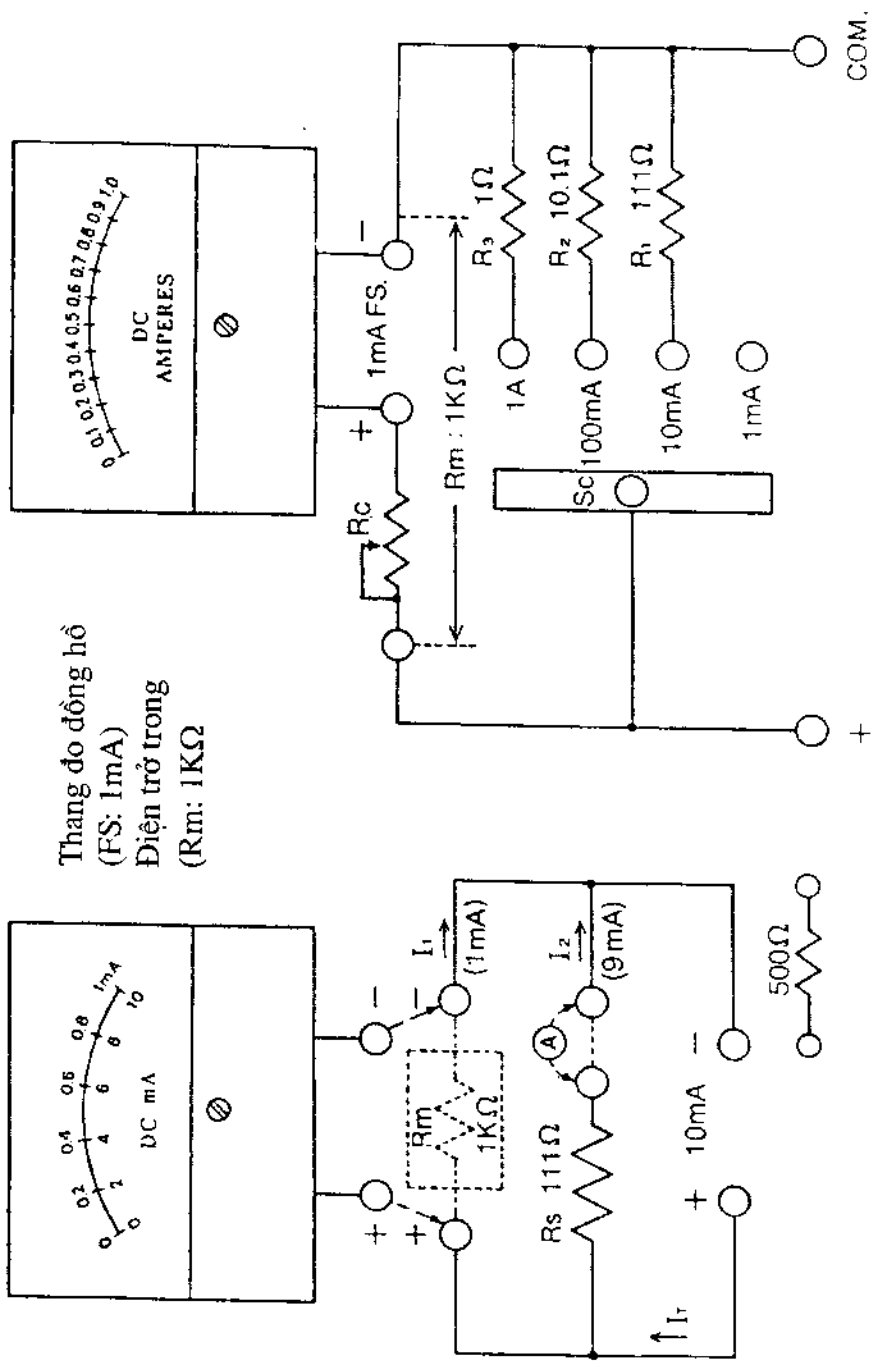
Nếu dùng đồng hồ đo có độ nhạy 1mA để đo 1A thì:

$$N = \frac{1A}{1mA} = 1000$$

$$R_2 = \frac{R_1}{N-1} = \frac{1k\Omega}{1000-1} = 1,001(\Omega)$$

3. Vật tư - thiết bị dùng cho bài thí nghiệm

- Bàn thí nghiệm.
- Bảng số N⁰- 05: AMPE KẾ.
- Nguồn một chiều: 0 ÷ 50V - 1A.
- Đồng hồ vạn năng hiện số.
- Dây nối.



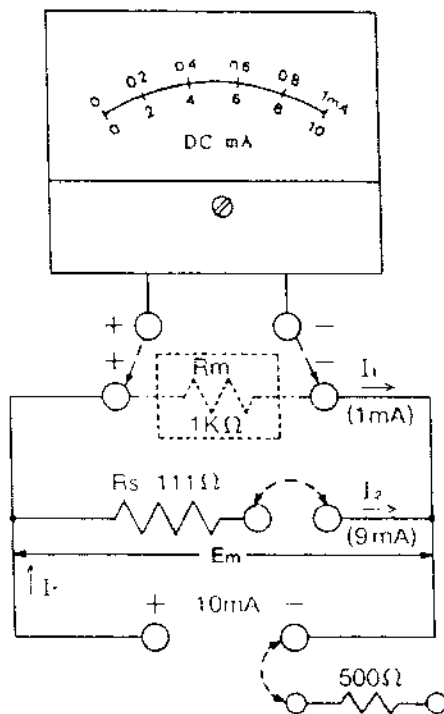
Thang đo dòng hồ
(FS: 1mA)
Điện trở trong
(Rm: 1KΩ)

Hình 5.2. Bảng N⁰ - 05: Thí nghiệm về Ampe kế

4. Quy trình thực hiện

* Điện trở trong của đồng hồ và điện trở Shunt

1. Lắp bảng N⁰ - 05 lên bàn thí nghiệm.
2. Đấu nguồn vào bảng thí nghiệm phía bên trái (chưa ấn nút Power để cấp nguồn).
3. Đặt thang đo của đồng hồ hiện số ở chế độ đo dòng điện một chiều 20mA và nối vào chữ A phía bên trái của hình vẽ 5.2. Phải chắc chắn rằng dòng điện được đo bằng mA.
4. Nối đồng hồ lắp trên bảng thí nghiệm như hình vẽ 5.2 (nối theo đường nét đứt ---). Ấn nút Power để cấp nguồn 1 chiều. Tăng điện áp nguồn đến khi nào đồng hồ trên bảng chỉ 1mA. Đọc số chỉ của đồng hồ vạn năng (giá trị I_2). Tính dòng điện tổng (I_T).
5. Bỏ đồng hồ hiện số. Nối dây vào mạch theo hình 5.3 (đường nét đứt ---). Đưa nguồn một chiều 5V đến đầu (+) của mạch điện và một đầu của điện trở tải. Đọc chỉ số của điện kế trên bảng. Giải thích vì sao trị số đo lại giảm?



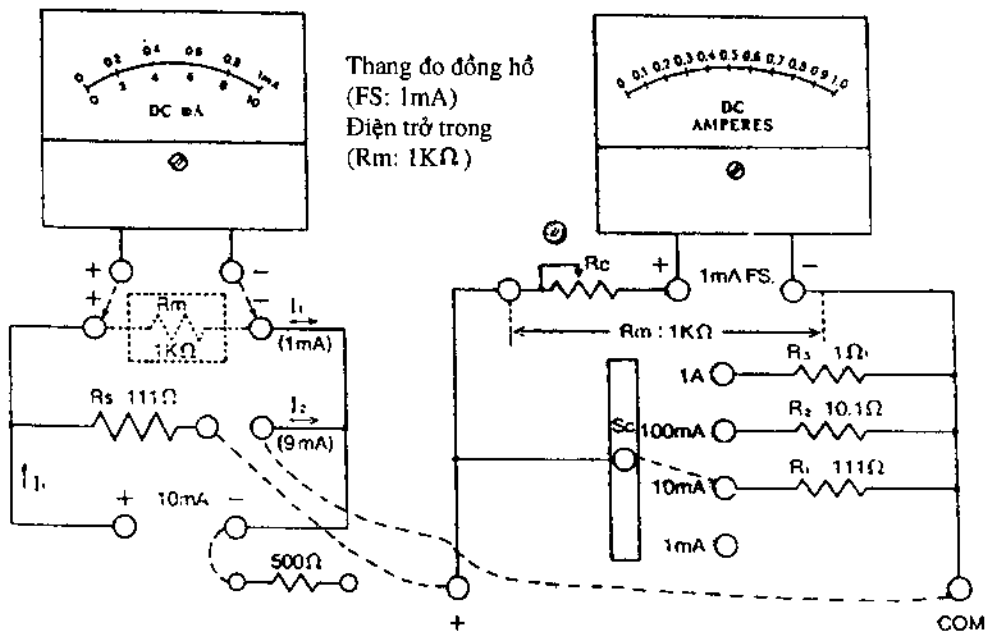
Hình 5.3. Sơ đồ đấu dây cho bài tập về Ampe kế

6. Chuyển chế độ đo của đồng hồ vạn năng hiện số ở 20V - một chiều. Nối đồng hồ vào 2 đầu của điện trở tải. Đọc số chỉ của đồng hồ. Nếu nguồn cung cấp là $U_S = 5V$ và số chỉ của đồng hồ vạn năng là U_L thì điện áp đặt trên điện kế U_m là bao nhiêu? Giải thích ý nghĩa của U_m ?

* Đồng hồ có nhiều thang đo

7. Căn cứ vào hình 5.4, nối S_C đến cọc 10mA. Nối đầu (+) và cọc COM của bảng N⁰-03 hay cực (-) của bảng EM-203 vào với R_S như đường nét đứt.

8. Nối điện trở tải $R_L = 500\Omega$ vào như hình vẽ; tăng nguồn DC cung cấp cho đến khi đồng hồ phía bên trái chỉ 1mA (I_1). Đọc số chỉ của đồng hồ bên phải (I_2). Đặt thang đo điện áp của đồng hồ vạn năng hiện số ở 20V một chiều và nối đồng hồ vào hai đầu của điện trở tải để đo điện áp rơi trên tải R_L . Từ giá trị điện áp đo được trên R_L , tính dòng điện tổng I_T . So sánh với $I_1 + I_2$.



Hình 5.4. Sơ đồ nối dây cho bước 7

9. Nối điện trở Shunt R_S vào như hình 5.3 (ở bước 5). Điều chỉnh một cách thận trọng nguồn một chiều để cho đồng hồ đo được 1mA. Tính I_T thông qua điện áp rơi trên R_T . Hãy giải thích tại sao I_T trong trường hợp này lại khác với kết quả ở bước 8.

Ghi nhớ: Muốn đo dòng điện tăng N lần so với chỉ số thang đo của đồng hồ thì điện trở Shunt phải giảm đi và nó được tính theo công thức:

$$R_s = R_m / (N-1)$$

Trong trường hợp đồng hồ được đấu nối tiếp với R_s (như bước 8) thì điện trở của đồng hồ phải tính đến cả điện trở Shunt.

10. Sử dụng bảng thí nghiệm bên phải (bỏ dây nối ở bước 7); đấu điện trở tải 500Ω vào cọc (+) ở phía bên phải bảng. Nối S_C với cọc 100mA. Điều chỉnh nguồn DC cung cấp đến 50V (hoặc 30V) và đấu vào một đầu của điện trở tải 500Ω và một đầu vào cọc COM. Đọc số chỉ của điện kế. So sánh với kết quả ở bước 5. Giải thích tại sao có sự khác nhau đó?

11. Giá trị của điện trở Shunt ở vị trí 100mA là $10,1\Omega$. Biết rằng độ nhạy và điện trở trong của đồng hồ là 1mA và $1k\Omega$ tương ứng. Tính dòng I_2 chạy qua điện trở Shunt. Giảm điện áp nguồn về không; bỏ dây nối giữa S_C và cọc 100mA và thay vào đó là đồng hồ vạn năng hiện số. Đặt đồng hồ ở thang đo 10A một chiều; tăng từ từ nguồn đến 50V (hoặc 30V) và quan sát đồng hồ xem dòng I_2 có giống như giá trị tính toán không? Giải thích?

5. Tóm tắt

- Độ nhạy của đồng hồ và điện trở Shunt là thông số cơ bản của đồng hồ Ampe kế một chiều. Độ nhạy của thang đo và điện trở trong của đồng hồ là biết trước, giá trị của điện trở Shunt có thể được xác định qua thông số N, trong đó N là tỷ số giữa dòng điện đo được với độ nhạy của đồng hồ.

Ví dụ: Để đo 1A lên hết thang với dòng 1mA và điện trở trong của đồng hồ $1k\Omega$ thì:

- $N = 1A / 1mA = 1000$

- Điện trở Shunt $R_s = R_m / (N - 1) = 1000 / (1000 - 1) = 1,001\Omega$

- Điện trở đầu vào của đồng hồ:

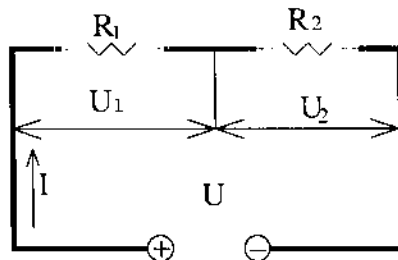
$$R_1 = (1k\Omega \times 1\Omega) / (1k\Omega + 1\Omega) = 1000 / 1001 = 1\Omega$$

- Nếu thông số N lớn thì R_1 gần bằng giá trị của điện trở Shunt. Với một đồng hồ đo, độ nhạy cao (N lớn) và điện trở trong thấp (R_M nhỏ) sẽ làm cho giá trị của điện trở Shunt nhỏ.

- Để sai số của phép đo nhỏ, tất cả điện trở của đồng hồ phải nhỏ. Điều này được giải thích như hình 5.5 dưới đây:

R_1 : Điện trở tải.

R_2 : Tất cả điện trở của đồng hồ đo.



Hình 5.5. Mạch điện rút gọn của Ampe kế

Khi điện trở của đồng hồ tăng lên sẽ làm cho điện trở tổng tăng và do đó sẽ làm giảm dòng điện qua tải.

Bài tập thực hành

1. Dùng đồng hồ vạn năng hiện số để đo giá trị thực của các điện trở trong hộp điện trở (Variable Resistance). Ghi các giá trị đo được vào bảng sau:

(Trước khi đo phải bật các công tắc của hộp điện trở lên vị trí ON)

	(1)			(2)			(3)		
	1200 Ω	600 Ω	300 Ω	1200 Ω	600 Ω	300 Ω	1200 Ω	600 Ω	300 Ω
$R_{đo}$									

2. Đưa tất cả các công tắc về vị trí OFF. Đấu nguồn một chiều (AC / DC Power Supply) và đồng hồ vạn năng hiện số để ở thang đo dòng điện một chiều vào điện trở (1). Từ từ tăng nguồn DC lên 100V.

- Bật công tắc của điện trở 1200 Ω lên vị trí ON. Đọc số chỉ của Ampe kế.
- Bật công tắc của điện trở 600 Ω lên vị trí ON. Đọc số chỉ của Ampe kế
- Bật công tắc của điện trở 300 Ω lên vị trí ON. Đọc số chỉ của Ampe kế.

Ghi các kết quả vào bảng sau. Có nhận xét gì về các số chỉ của Ampe kế. Hãy giải thích tại sao?

Nguồn	Bật công tắc 1200 Ω	Bật công tắc 600 Ω	Bật công tắc 300 Ω
U = 100V			

Bài 6

OHM KẾ VÀ PHƯƠNG PHÁP ĐO ĐIỆN TRỞ

1. Mục tiêu

- Giải thích được cấu tạo và nguyên lý làm việc của Ohm kế.
- Sử dụng thành thạo Ohm kế để đo điện trở.

2. Ôn tập các kiến thức cơ bản

Ohm kế bao gồm một điện kế, một biến trở (Zero-Ohm multiplier), một điện trở Shunt và nguồn một chiều.

Độ nhạy của điện kế từ $50\mu\text{A}$ đến 1mA . Điện trở trong của điện kế khoảng $500\Omega \sim 1000\Omega$.

Điểm khác cơ bản giữa Ohm kế và các đồng hồ khác là: ở đồng hồ Vôn kế và Ampe kế, "không" nghĩa là không có dòng điện chạy qua đồng hồ. Nhưng ở Ohm kế, "*không Ohm*" trên đồng hồ nghĩa là có dòng điện lớn chạy qua. Điều đó có nghĩa là điện trở cần đo sẽ tỷ lệ nghịch với dòng điện chạy qua đồng hồ.

Ohm kế đòi hỏi phải có nguồn một chiều cung cấp dòng điện chạy qua điện trở cần đo. Với đồng hồ xách tay, nguồn một chiều được lấy từ pin hay ắc quy.

Với độ nhạy của đồng hồ là 1mA (hình 6.1), điện trở cần thiết để kim đồng hồ lên hết thang khi R_x bị nối ngắn mạch phải là:

$$R_z + R_m = \frac{3V}{1\text{mA}} = 3(\text{k}\Omega)$$

Nếu điện trở trong của điện kế là $R_m = 1\text{k}\Omega$, thì điện trở nối tiếp để đồng hồ có thể chỉ thị "không Ohm" là $R_z = 2\text{k}\Omega$. Như vậy R_z được gọi là "Zero-Ohm multiplier".

Khi nối điện trở chưa biết trị số vào cọc R_x và đồng hồ chỉ thị một nửa thang đo, thì giá trị của R_x có thể được xác định như sau:

- Dòng điện qua đồng hồ là $0,5\text{mA}$.
- Tổng điện trở nối tiếp trong mạch là $3V / 0,5\text{mA} = 6\text{k}\Omega$

Vì thế $R_x = 6k\Omega - 3k\Omega = 3k\Omega$

Thông thường R_x có thể được tính:

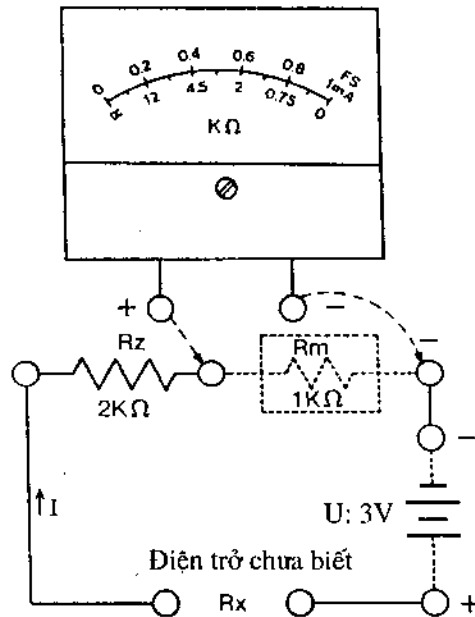
$$R_x = \frac{U}{I} - (R_z + R_m)$$

Trong đó I là dòng điện khép kín trong mạch.

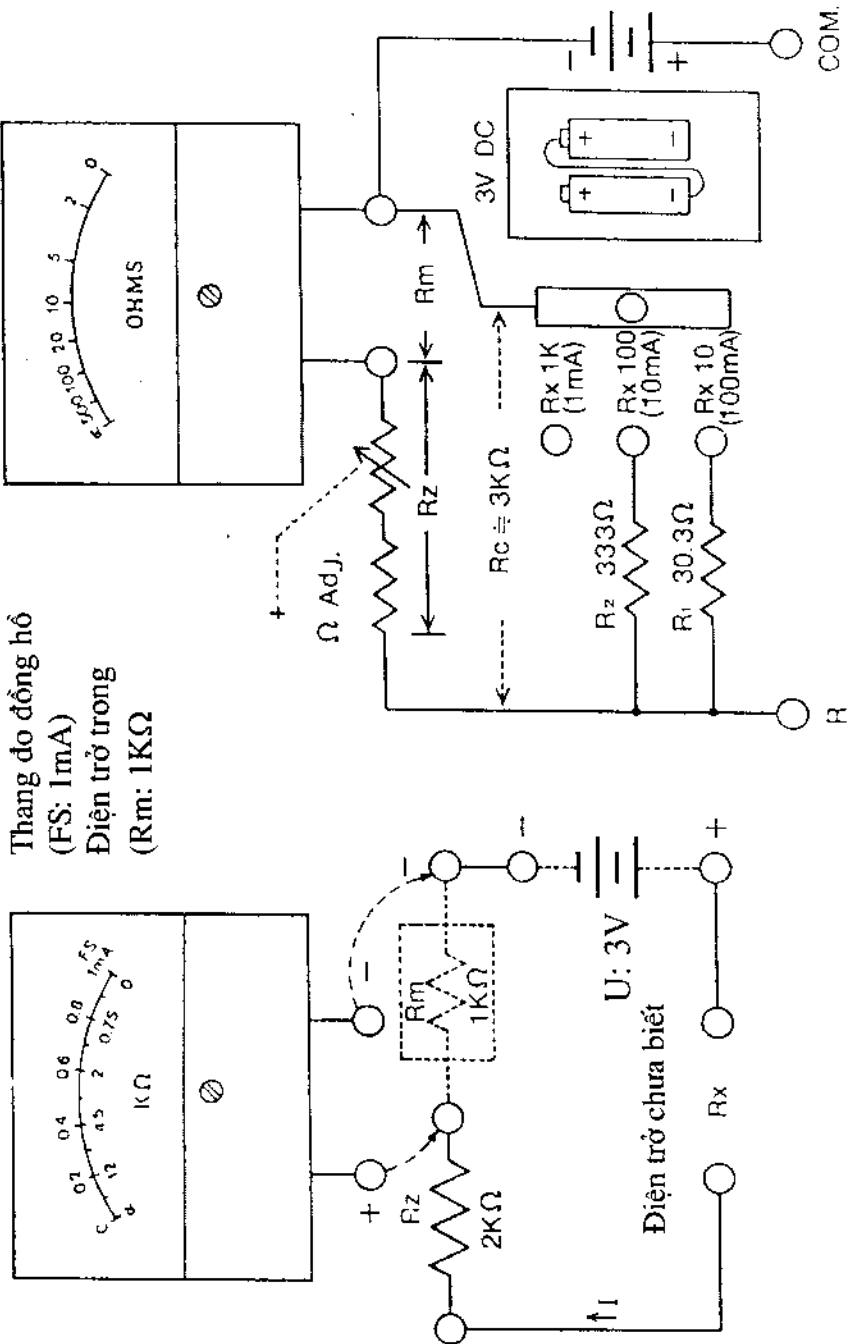
Cũng giống như đồng hồ đo dòng điện, Ohm kế có nhiều thang đo khác nhau. Mỗi một thang đo đòi hỏi một điện trở Shunt khác nhau. Việc tính toán giá trị của điện trở Shunt sẽ được tập luyện trong các bài tập sau.

3. Vật tư - thiết bị dùng cho bài thí nghiệm

- Bàn thí nghiệm.
- Bảng số N⁰ - 06: OHM KẾ.
- Pin 1,5V: 2 cái, kiểm tra pin trước khi sử dụng.
- Đồng hồ vạn năng hiện số.
- Hộp điện trở mẫu.
- Nguồn một chiều 0 - 5V; 0,5A.
- Dây nối.



Hình 6.1. Cấu tạo cơ bản bên trong của Ohm kế



Thang đo đồng hồ
(FS: 1mA)
Điện trở trong
(R_m : 1KΩ)

Hình 6.2. Bảng N⁰-06: Thí nghiệm về Ohm kế

4. Quy trình thực hiện

* *Xác định điện trở khi điện kế chỉ “không Ohm” (Zero Ohm)*

1. Lắp bảng N⁰-06 hay EM-204 vào bàn thí nghiệm. Nối điện kế như đường nét đứt trong sơ đồ bên trái của hình 6.2.

2. Điều chỉnh chính xác nguồn DC là 3V và nối nguồn vào cọc (+) và (-) của ắc quy ở phía bên trái.

3. Nối tắt cọc nối dây của R_x. Quan sát xem đồng hồ có chỉ “không Ohm” (1mA)? Nếu không, điều chỉnh lại nguồn một chiều để điện kế chỉ “không Ohm”.

4. Bỏ dây nối tắt ở R_x và đưa điện trở 2kΩ bên ngoài (sử dụng hộp điện trở mẫu) vào cọc nối dây R_x. Đọc chỉ số đo của điện kế và tính điện trở theo công thức sau. So sánh các kết quả đo và tính toán.

$$R_x = \frac{U}{I} - (R_z + R_m)$$

5. Đo điện áp rơi trên điện trở 2kΩ bằng đồng hồ vạn năng hiện số đặt ở thang đo 20V. Tính dòng điện chạy qua điện trở.

R	U	I
2kΩ		

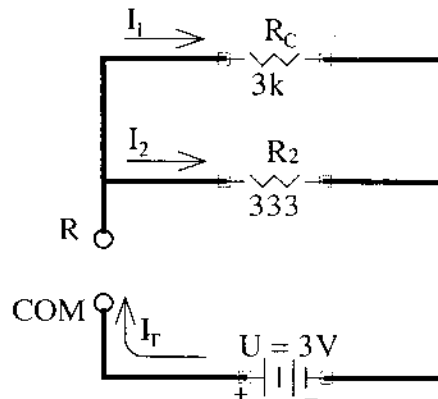
* *Bài thí nghiệm về đồng hồ Ohm kế có nhiều thang đo*

6. Ở sơ đồ bên phải của bảng (hình 6.4), nối S_C đến cọc R x 100. Giả sử đồng hồ đã điều chỉnh ở “không Ohm” và nguồn một chiều là 3V thì dòng điện tổng I_T phải là bao nhiêu khi cọc “R” và “COM” bị nối tắt? Đọc số chỉ của đồng hồ và so sánh với kết quả tính toán.

$$I_1 = U / R_C$$

$$I_2 = U / R_2$$

$$I_T = I_1 + I_2$$



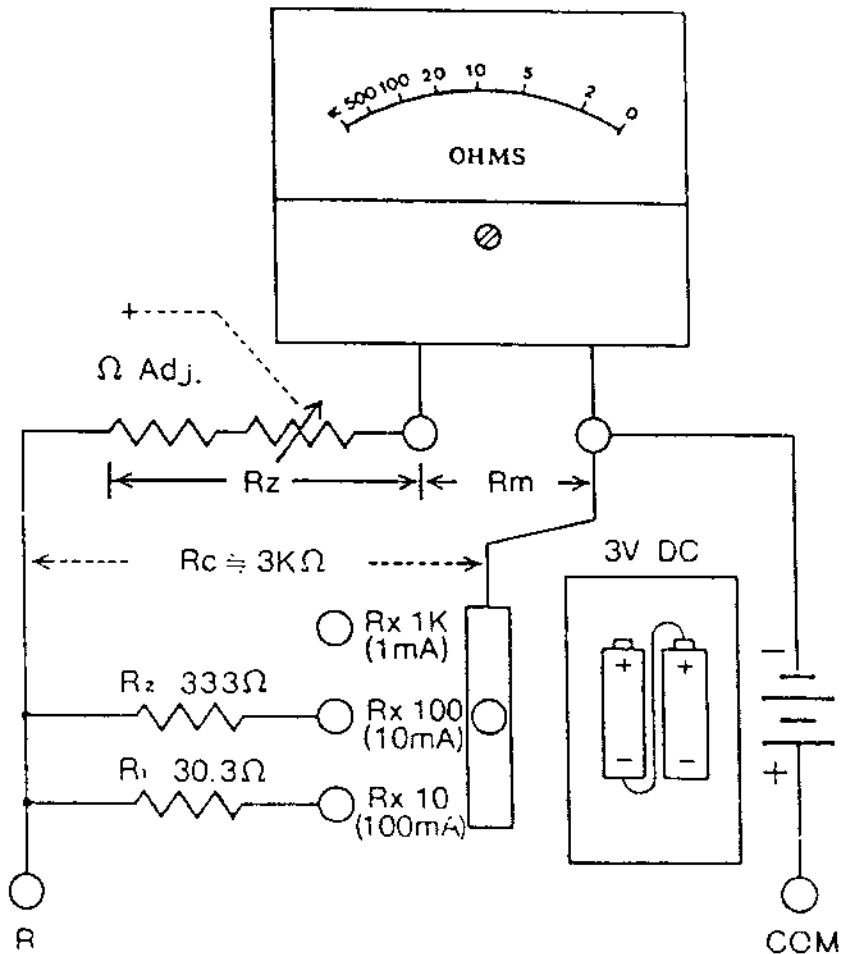
Hình 6.3. Dòng điện tổng của Ohm kế

7. Bỏ dây nối tắt và đưa đồng hồ vạn năng hiện số đặt ở thang đo 200mA vào R - COM. Đọc số chỉ của đồng hồ vạn năng và đồng hồ trên bảng. So sánh với dòng tính toán và chỉ số của đồng hồ ở bước 6. Giải thích?

Chú ý:

- Đồng hồ vạn năng đặt ở thang đo 200mA thì dòng thực tế đo được là 10mA. Lý do: vì điện trở đầu vào của đồng hồ rất thấp, giống như bị nối ngắn mạch qua cọc "R" và "COM".

- Phải lưu ý rằng nếu điện áp của pin hay ắc quy nhỏ hơn 3V thì dòng I_T cũng sẽ giảm. Khi điện áp không đủ lớn thì sẽ rất khó điều chỉnh về "zero Ohm". Trong trường hợp này phải thay pin mới.



Hình 6.4. Sơ đồ nối dây của bài thí nghiệm về đồng hồ có nhiều thang đo

8. Đặt S_C ở R x 10. Nối đồng hồ vạn năng hiện số vào cọc "R" và "COM" của nguồn một chiều. Dòng điện đo được là bao nhiêu? So sánh với dòng điện tính toán là:

$$\frac{3V}{3k\Omega} + \frac{3V}{30,3\Omega} = 100mA$$

Dòng điện này giống như đặt S_C ở R x 10 và cọc nối dây "R- COM" bị nối tắt. Hãy giải thích tại sao trường hợp này dòng điện lại tăng gấp 10 lần ở bước 6 và 7?

Chú ý: Không nối ngắn mạch lâu ở thang R x 10 vì pin hay ắc quy sẽ nhanh bị phá huỷ.

5. Tóm tắt

- Bước 6, 7, 8 chỉ ra rằng dòng điện tăng 10 lần ở thang đo Rx10 so với thang đo R x 100. Điều này có được do điện trở Shunt của đồng hồ. Nối tắt cọc đo lâu ở thang đo thấp sẽ làm hỏng pin.

- R_C trong công thức dưới đây là điện trở "Zero Ohm" của thang đo cao nhất (R x 1k Ω). Thang đo này đòi hỏi điện trở Shunt nhỏ hơn 10 lần và được tính như sau:

$$R_S = \frac{R_C}{N - 1}$$

Trong đó N là tỷ số giữa hai thang đo.

Ví dụ: R_S ở thang đo R x 100 được tính từ thang đo R x 1k Ω là:

$$R_S = \frac{3k\Omega}{10 - 1} = 333(\Omega)$$

Dòng điện tổng I_T được tính:

$$I_T = \frac{U}{\frac{R_C \cdot R_S}{R_C + R_S}}$$

- Thông thường độ nhạy toàn bộ thang đo của đồng hồ Ohm kể là cao; nó làm cho giá trị của điện trở Shunt cũng phải cao khi đo ở thang đo điện trở thấp. Như vậy sẽ làm cho nguồn bị giảm và tăng sai số phép đo.

Bài tập thực hành

Đưa từng điện trở của hộp 10 điện trở vào cọc "R - COM" và thay đổi thang đo $R \times 10\Omega$; $R \times 100\Omega$; và $R \times 1k\Omega$ cho phù hợp để đo từng điện trở đó. Ghi kết quả đo được vào bảng sau. So sánh với kết quả đo bằng đồng hồ vạn năng hiện số:

Điện trở mẫu	Điện trở đo được bằng đồng hồ trên bảng	Điện trở đo được bằng đồng hồ vạn năng
$R1 = 300\Omega$		
$R2 = 600\Omega$		
$R3 = R1 \text{ nt } R2$		
$R4 = R1 // R2$		
$R5 = R3 // R4$		

Bài 7

MÁY BIẾN ÁP MỘT PHA VÀ SỰ BIẾN ĐỔI ĐIỆN ÁP

1. Mục tiêu

Nắm vững cấu tạo, nguyên lý làm việc, và các thông số cơ bản của máy biến áp một pha.

2. Ôn tập các kiến thức cơ bản

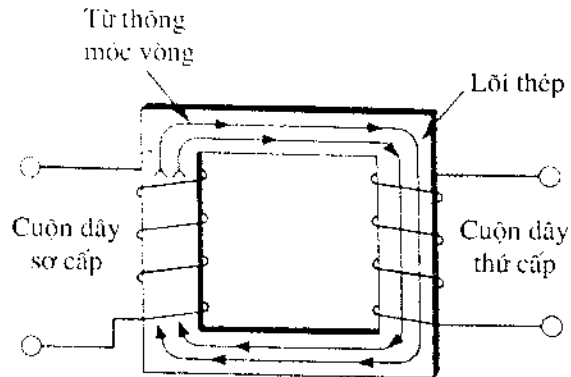
Một trong những tính chất quan trọng nhất của dòng xoay chiều là trị số dòng điện có thể tăng hoặc giảm một cách dễ dàng. Mặc dù trị số của dòng một chiều cũng có thể thay đổi được nhưng nó đòi hỏi phải có một bộ biến đổi hoàn chỉnh. Tuy nhiên dòng một chiều có thể có một số tính chất mà dòng xoay chiều không có được. Ví dụ như dòng một chiều có thể tích hoặc phóng năng lượng trên tụ điện...

Dòng xoay chiều không chỉ gồm tần số 50Hz hay 60Hz mà còn dải tần số âm thanh (audio) và radio. Để biến đổi tín hiệu AC sang một tần số đặc biệt, ta chỉ cần vật liệu từ. Sau đây là danh sách các loại MBA đã được phân loại theo tần số:

- Máy biến áp tần số radio (RF): tần số từ 10kHz đến vài trăm MHz.
- Máy biến áp xung: tần số từ 10kHz đến vài trăm kHz.
- Máy biến áp âm tần (AF): tần số từ 10Hz đến 10kHz.
- Máy biến áp nguồn: tần số từ 50Hz đến 60Hz.

Trong giới hạn của thí nghiệm, chúng ta chỉ nghiên cứu máy biến áp nguồn và máy biến áp âm tần.

Thông thường lõi thép kỹ thuật điện được sử dụng trong các loại máy biến áp này. Mục đích của lõi thép được thể hiện ở hình 7.1. Nó tạo nên môi trường dẫn từ thông được sinh ra ở cuộn dây sơ cấp. Từ thông này móc vòng qua cuộn dây thứ cấp làm sinh ra điện áp ở cuộn thứ cấp.



Hình 7.1. Từ thông móc vòng trong lõi thép máy biến áp

Số vòng dây cuộn sơ cấp và cuộn thứ cấp trong máy biến áp tuân theo mối quan hệ sau:

$$k = \frac{U_2}{U_1} = \frac{N_2}{N_1}$$

Trong đó:

U_1 : điện áp sơ cấp

N_1 : số vòng dây cuộn sơ cấp

U_2 : điện áp cuộn thứ cấp

N_2 : số vòng dây cuộn thứ cấp

k : tỷ số máy biến áp

Ở máy biến áp lý tưởng, công suất đầu vào (P_1) tương đương với công suất đầu ra (P_2). Điều đó giống như hiệu suất của MBA là 100%. Mối quan hệ sau được thành lập cho máy biến áp lý tưởng:

$$U_1 \cdot I_1 = U_2 \cdot I_2$$

Trong đó:

I_1 : dòng điện cuộn sơ cấp

I_2 : dòng điện cuộn thứ cấp

Thực tế hiệu suất của máy biến áp nằm trong khoảng từ 85% đến 95% và hiệu suất η được tính:

$$\eta = \frac{U_2 \cdot I_2}{U_1 \cdot I_1} \cdot 100 = \frac{P_2}{P_1} \cdot 100(\%)$$

Ví dụ: một máy biến áp có các thông số:

$N_1 = 500$ vòng ; $N_2 = 600$ vòng ; $U_1 = 100V$; $I_1 = 1A$; $I_2 = 0,8A$.

Điện áp cuộn thứ cấp là:

$$U_2 = \frac{N_2 \cdot U_1}{N_1} = \frac{600 \cdot 100V}{500} = 120(V)$$

Hiệu suất của MBA là:

$$\eta = \frac{120V \cdot 0,8A}{100V \cdot 1A} \cdot 100 = 96(\%)$$

Nếu có điện áp đầu vào thì số vòng dây cuộn sơ cấp được tính từ công thức sau:

$$N_1 = \frac{U_1 \cdot 10^4}{4,4 \cdot B_m \cdot A_c \cdot f}$$

Trong đó:

B_m : mật độ từ thông Tesla (1 Tesla = 10.000 Gauss)

A_c : tiết diện lõi thép (cm²)

f: tần số (Hz)

Ghi nhớ: Hằng số 4,4 được tính từ $2\pi / \sqrt{2}$ khi điện áp đầu vào là sóng hình Sin. Nếu đầu vào là sóng vuông, sử dụng hằng số = 4.

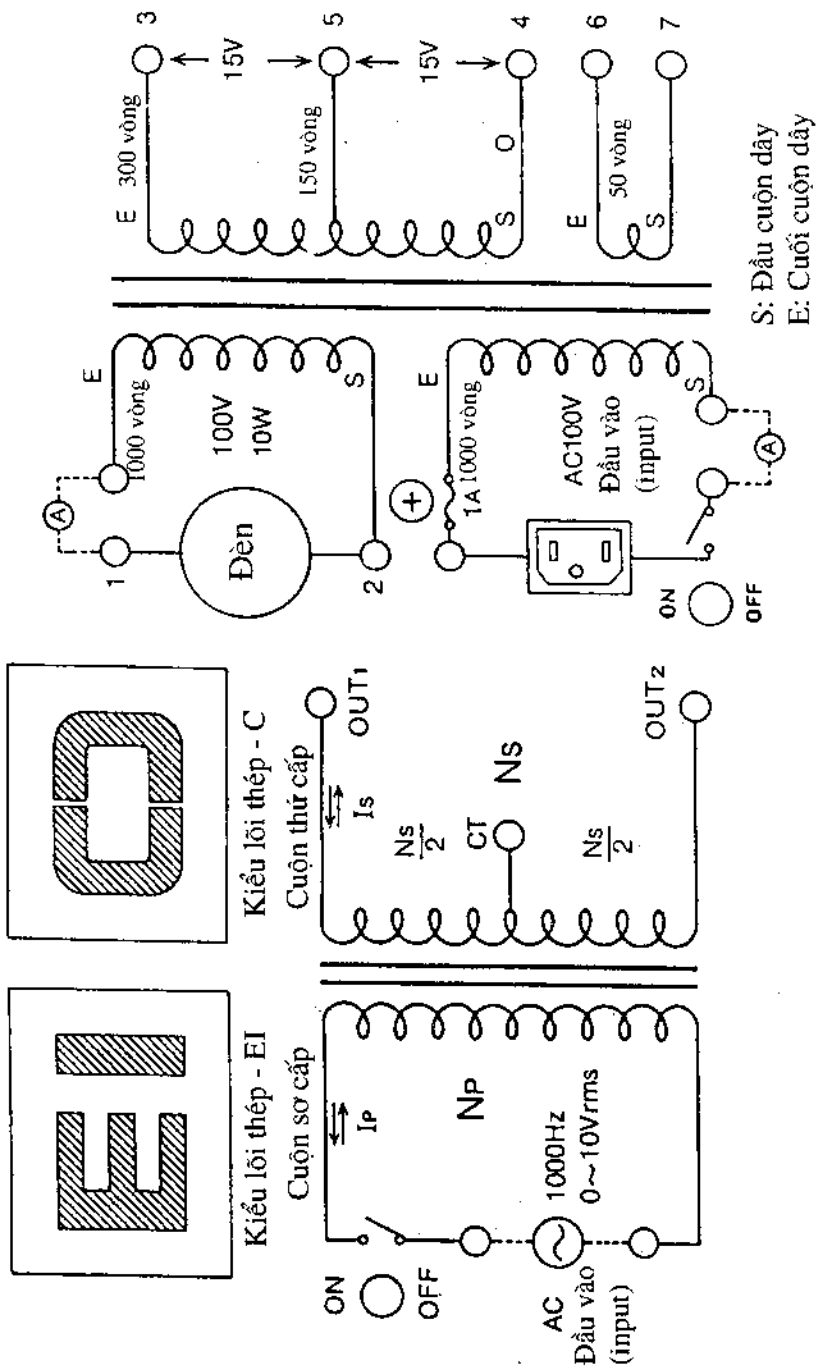
3. Vật tư - thiết bị dùng cho bài thí nghiệm

- Bàn thực tập
- Bảng số N⁰ - 07: MÁY BIẾN ÁP NGUỒN MỘT PHA
- Đồng hồ vạn năng hiện số.
- Máy hiện sóng hai tia.
- Máy phát chức năng FG.
- Nguồn xoay chiều AC 100V.
- Dây nối.
- Hộp điện trở mẫu.

4. Quy trình thực hiện

1. Lắp bảng N⁰ - 07 lên bàn thí nghiệm. Đặt công tắc phía sơ đồ bên trái ở vị trí OFF.

2. Xem hình 7.2 và 7.3; đặt máy phát chức năng ở sóng hình sin, 1000Hz-10V và nối chúng với đầu IN và GND ở sơ đồ phía bên trái bảng. Đặt đồng hồ vạn năng hiện số ở thang 20V và nối vào như hình 7.3.



Hình 7.2. Bảng N⁰ - 07: Thí nghiệm về máy biến áp nguồn một pha

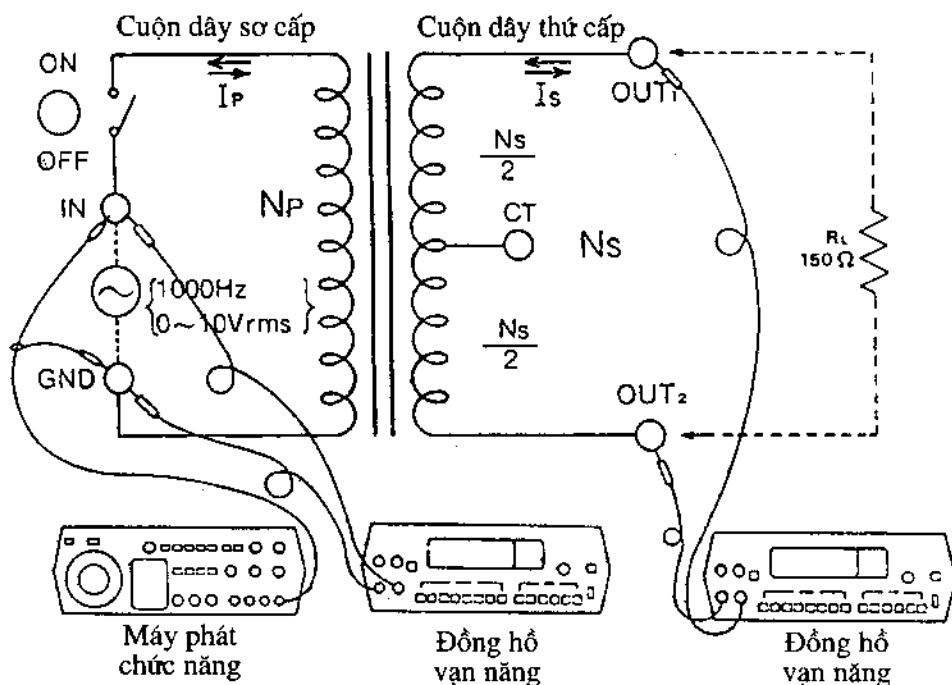
3. Nối máy hiện sóng với OUT_1 và OUT_2 để theo dõi dạng sóng ở 1000Hz.

4. Bật công tắc sang vị trí ON. Điều chỉnh đầu ra của máy phát chức năng để đồng hồ vạn năng hiện số chỉ 10V. Đo điện áp đỉnh - đỉnh đầu ra bằng máy hiện sóng.

5. Chuyển đồng hồ vạn năng hiện số đến OUT_1 và OUT_2 và đo điện áp. Xác định tỷ số vòng dây từ điện áp đầu vào và đầu ra.

6. Nối tải vào cuộn dây thứ cấp là điện trở có $R = 150\Omega$ như đường nét đứt ở hình 7.3. Tính toán dòng điện chạy qua điện trở tải. Xác định dòng sơ cấp (I_1) từ dòng tải (I_2) và hiệu suất MBA.

Chú ý: Để MBA có hiệu suất 100% thì $U_2 / U_1 = N_2 / N_1 = I_1 / I_2$.



Hình 7.3. Sơ đồ nối dây cho bước 6

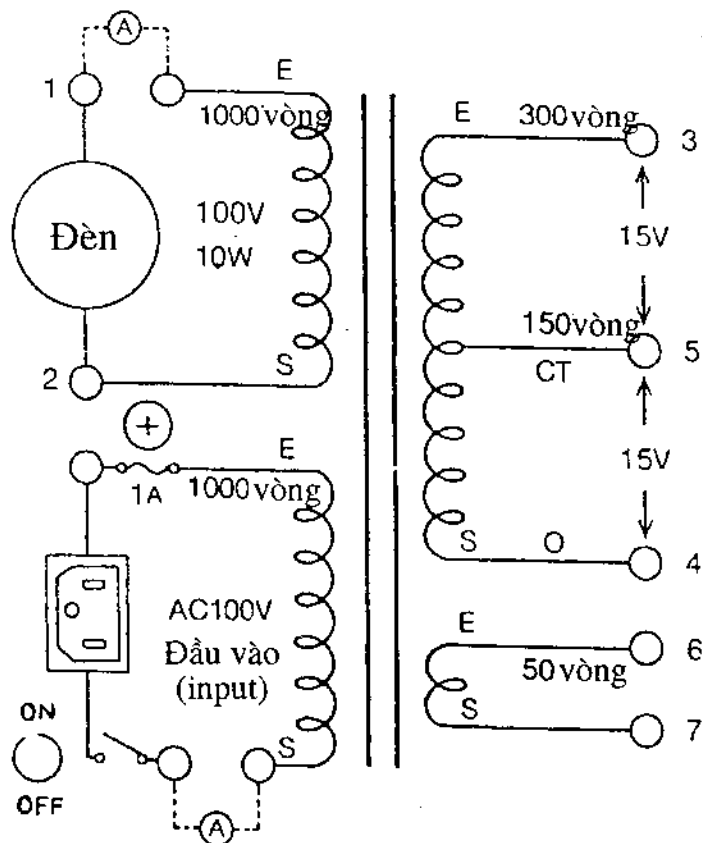
7. So sánh điện áp đầu ra thứ cấp khi có và không có điện trở tải. Giải thích tại sao lại có sự khác nhau đó.

Chú ý: Mỗi cuộn dây sơ cấp và thứ cấp đều có điện trở thuần, vì thế khi có dòng điện, trong mỗi cuộn dây đều có điện áp rơi $U = I \times R$. Để điện áp rơi này nhỏ thì điện trở thuần của cuộn dây cũng phải có giá trị nhỏ.

8. Giữ biên độ điện áp là hằng số, tăng tần số của máy phát chức năng từ 10Hz đến 100KHz. Tìm tần số góc cao và thấp với đầu ra thứ cấp bắt đầu giảm. Mỗi một dạng của lõi máy biến áp có một dải tần số riêng biệt. Xác định dải tần số của lõi máy biến áp trong bài tập này.

* *Thí nghiệm về máy biến áp nguồn*

9. Cấp nguồn xoay chiều 100V cho sơ đồ bên phải của bảng (hình 7.4). Sử dụng dây nối, nối 2 điểm được ký hiệu chữ A.



Hình 7.4. Sơ đồ nối dây cho bài tập MBA nguồn

10. Lắp bóng đèn 100V- 10W vào mạch. Nối tắt hai điểm ở A. Quan sát bóng đèn. Cuộn dây này của máy biến áp là cuộn dây gì?

11. Dùng đồng hồ vạn năng hiện số, đo điện áp giữa 1 và 2. So sánh với điện áp định mức của bóng đèn.

12. Đặt đồng hồ vạn năng hiện số ở chế độ đo dòng điện xoay chiều - 2A. Đo dòng điện trong mỗi cuộn dây bằng cách thay đổi dây nối ở điểm A với đồng hồ ở mỗi lần đo. Dòng điện đo được là dòng điện gì?

13. Sử dụng các giá trị U_1, U_2, I_1, I_2 đã đo ở trên để tính hiệu suất của MBA theo công thức:

$$\eta = \frac{U_2 \cdot I_2}{U_1 \cdot I_1} \cdot 100 = \frac{P_2}{P_1} \cdot 100(\%)$$

14. Đo dòng điện sơ cấp khi thứ cấp hở mạch.

15. Điều chỉnh điện áp sơ cấp chính xác 100V. Đo điện áp giữa số 3 và 5; 3 và 4; 4 và 5. Tính tỷ số vòng dây từ tỷ số điện áp khi không tải trong các trường hợp. Điền các giá trị tính toán vào bảng sau:

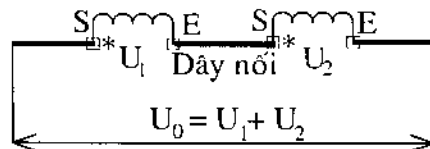
Đo điện áp U_{3-5}		Đo điện áp U_{3-4}		Đo điện áp U_{4-5}	
U_{3-5}	N_{3-5} / N_1	U_{3-4}	N_{3-4} / N_1	U_{4-5}	N_{4-5} / N_1

16. Nối đầu ra 4 với 6. Đo điện áp giữa 3 và 7. Vì sao giá trị điện áp này cao hơn giá trị điện áp đo được giữa 3 và 4 ?

17. Bỏ dây nối giữa 4 và 6. Nối 4 với 7. Đo điện áp giữa 3 và 6. Điện áp này lớn hơn hay nhỏ hơn điện áp đo được giữa 3 và 7 ở bước 16? Vì sao?

Chú ý: Xác định cực tính của các cuộn dây, khi chiều quấn dây là giống nhau: Nếu quy ước các cuộn dây có đầu được đánh dấu (*) thì khi các cuộn dây có cùng cực tính được nối nối tiếp, điện áp tổng sẽ là tổng điện áp trên mỗi cuộn dây (xem hình 7.5):

$$U_0 = U_1 + U_2$$



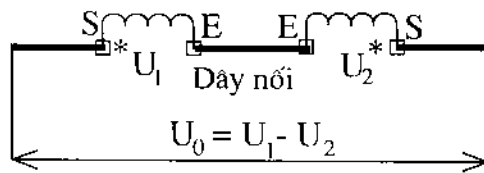
Hình 7.5. Nối tiếp hai cuộn dây có cùng cực tính

S: Đầu cuộn dây (Start Exit)

E: Cuối cuộn dây (End Exit)

Nếu hai cuộn dây đấu ngược cực tính như hình 7.6 thì trong trường hợp này điện áp tổng của hai cuộn dây là:

$$U_0 = U_1 - U_2 \text{ (với } U_1 > U_2 \text{)}$$



Hình 7.6. Nối nối tiếp hai cuộn dây có cực tính ngược nhau

Chú ý: Thông thường đấu như hình 7.6 được xem là đấu sai.

5. Tóm tắt

- Điện áp ở cuộn thứ cấp của máy biến áp tỷ lệ thuận với tỷ số vòng dây giữa cuộn sơ cấp và cuộn thứ cấp. Dòng điện thì tỷ lệ nghịch với tỷ số này.

- Sự thay đổi nhiệt độ bên trong của máy biến áp phụ thuộc vào hiệu suất của máy biến áp. Hiệu suất thấp thì nhiệt độ sẽ tăng. Sự tiêu hao năng lượng của máy biến áp được xác định bằng phương pháp sau: Nếu điện áp đầu vào của máy biến áp là 100V - 1,2A và đầu ra là 100V - 1A thì công suất đầu vào là:

$$P_1 = 100V \cdot 1,2A = 120W$$

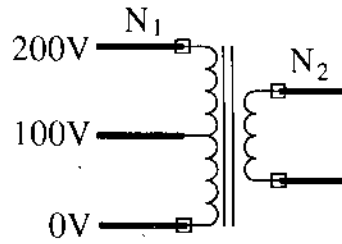
Công suất đầu ra là: $P_2 = 100V \cdot 1A = 100W$

Sự khác biệt giữa P_1 và P_2 (20W) chính là tổn hao trong máy biến áp dưới dạng nhiệt.

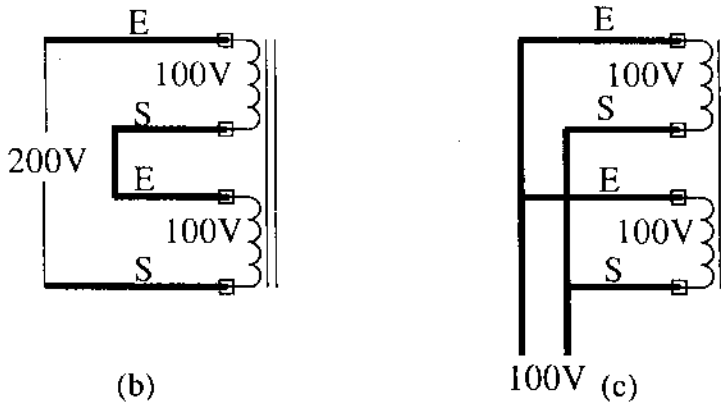
- Với máy biến áp có hai cấp điện áp đầu vào, 100V và 200V, thì phải đấu như hình 7.7.

Hình (a) không hiệu quả như hình (c) khi cho đầu 100V làm việc. Tuy nhiên, ở hình (c) phải chú ý hai cuộn dây phải giống nhau về chiều quấn và cực tính. Nếu khác chiều quấn thì dòng điện trong cuộn sơ cấp sẽ làm giảm hiệu suất của máy biến áp. Mặt khác sự khác nhau về điện trở thuần trong mỗi cuộn dây là nguyên nhân gây ra sự mất cân đối về dòng điện. Điều quan trọng ở trong hình (b) và (c) là cực tính của mỗi cuộn dây phải được đánh dấu cẩn thận.

- Trong các bước từ 10 đến 13, dòng điện sơ cấp khi thứ cấp là không tải sẽ thấp hơn nhiều vì điện áp nguồn chỉ cung cấp cho điện cảm của cuộn sơ cấp. Dòng điện này là nguyên nhân chính tạo ra dòng từ thông chạy trong lõi thép.



(a)



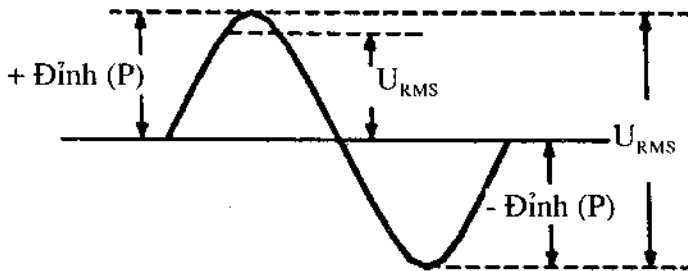
(b)

100V (c)

Hình 7.7. Cách đấu hai cuộn dây ở sơ cấp

- Quan sát điện áp thứ cấp U_2 bằng máy hiện sóng để biết giá trị điện áp đỉnh - đỉnh (peak - peak). Thay đổi giá trị điện áp đỉnh - đỉnh, sử dụng công thức sau:

$$U_{RMS} = \frac{U_{P-P}}{2} \cdot \frac{1}{\sqrt{2}} \Rightarrow U_{RMS} = \frac{U_{P-P}}{2,83}$$



Hình 7.8. Dạng đồ thị của điện áp thứ cấp U_2

Bài tập thực hành

1. MBA có thể làm việc được ở lưới điện một chiều không? Tại sao?
2. Tại sao chất lượng lõi thép của MBA thay đổi sẽ làm thay đổi điện áp đầu ra U_2 ?
3. Sử dụng sơ đồ phía bên phải bảng thí nghiệm (hình 7.4), nối hai đồng hồ vạn năng hiện số đặt ở thang đo dòng điện xoay chiều vào nét đứt A; thay đổi điện áp đầu vào với các giá trị 60V; 80V; 100V; đo dòng I_1 và I_2 . Kết luận gì về các trị số đo được?

U_1	I_1	I_2
60V		
80V		
100V		

Bài 8

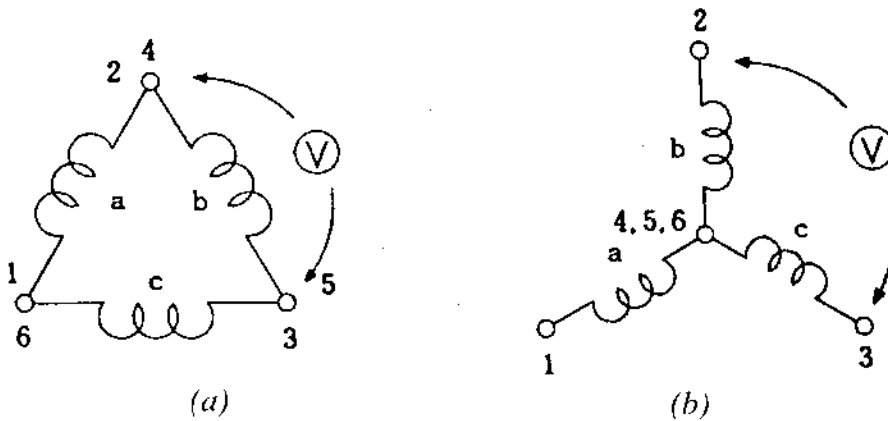
MÁY BIẾN ÁP BA PHA VÀ PHƯƠNG PHÁP ĐẤU SAO, ĐẤU TAM GIÁC

1. Mục tiêu

Biết được mối quan hệ giữa dòng điện và điện áp khi đấu sao và tam giác ở máy biến áp ba pha.

2. Ôn tập những kiến thức cơ bản

Máy biến áp ba pha có 3 cuộn dây sơ cấp và 3 cuộn dây thứ cấp. Ba cuộn dây này có hai cách đấu được áp dụng không những cho nguồn ba pha mà còn cho cả tải ba pha (hình 8.1).



Hình 8.1. Phương pháp đấu 3 cuộn dây trong máy biến áp

a) Đấu tam giác; b) Đấu sao

Đấu sao hay đấu tam giác có thể được áp dụng cho cả cuộn dây sơ cấp và cuộn dây thứ cấp của máy biến áp. Kết quả sẽ có 4 trạng thái thể hiện mối quan hệ giữa điện áp sơ cấp và thứ cấp như sau:

Mối quan hệ giữa điện áp sơ cấp và thứ cấp trong máy biến áp ba pha:

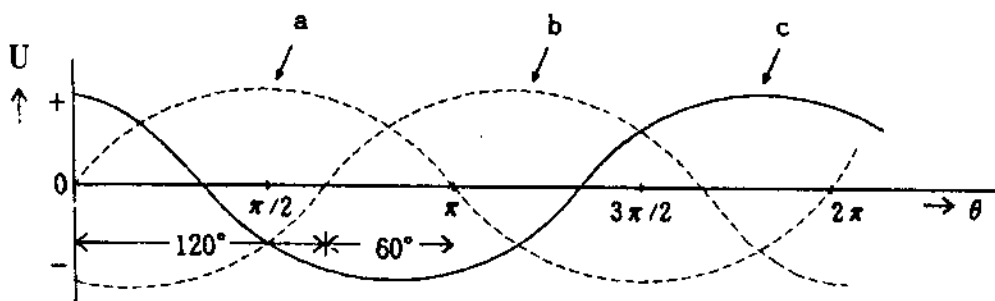
Cuộn sơ cấp	Cuộn thứ cấp	Điện áp thứ cấp (U_2) khi $N_2 / N_1 = 1$
Đầu tam giác	Đầu tam giác	$U_2 = U_1$
Đầu tam giác	Đầu sao	$U_2 = 1,732 U_1$
Đầu sao	Đầu sao	$U_2 = U_1$
Đầu sao	Đầu tam giác	$U_2 = U_1 / 1,732$

Ghi chú: $\sqrt{3} = 1,732$

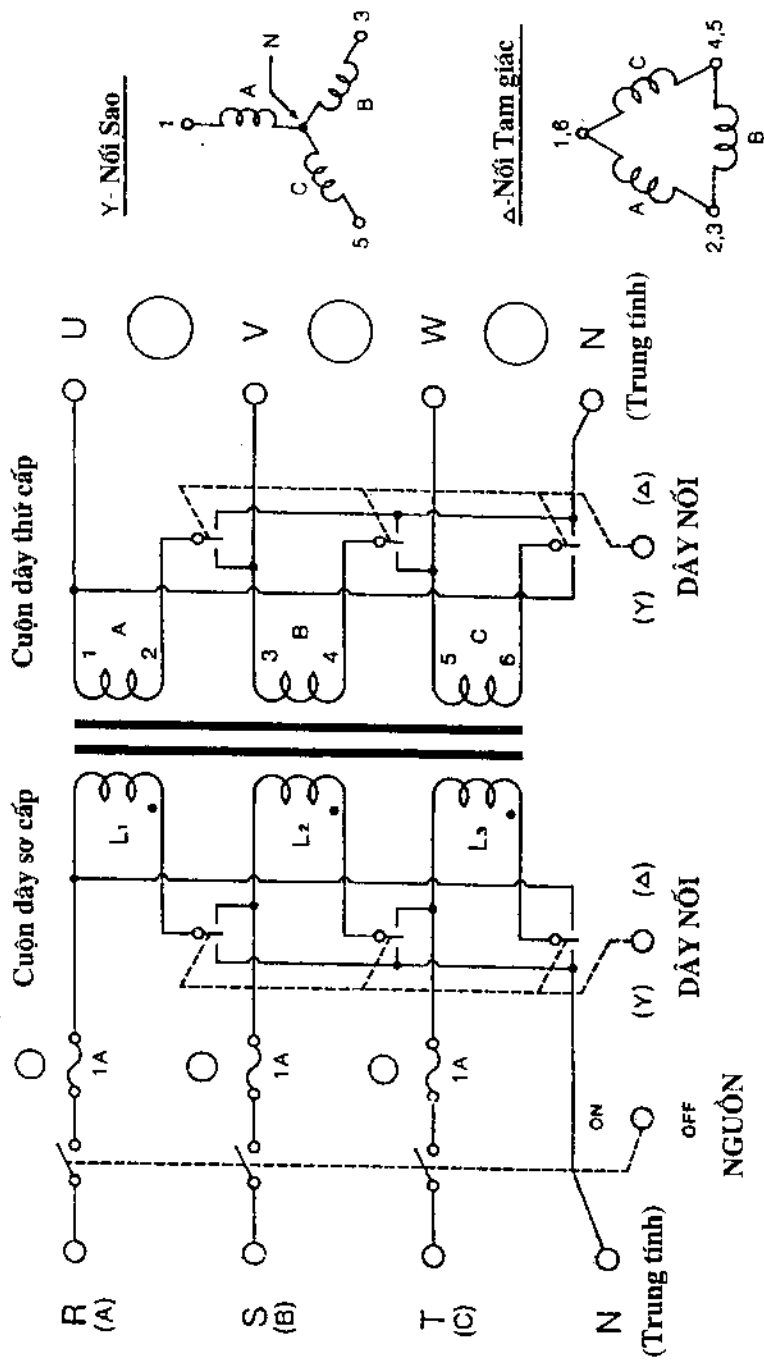
Hệ thống điện ba pha là rất phổ biến trong máy phát điện và hệ thống phân phối điện xoay chiều vì nó tốn ít dây hơn kết cấu của hệ thống một pha có tải tương tự. Hơn nữa, máy điện ba pha hiệu quả hơn và kinh tế hơn máy điện một pha.

Để truyền tải năng lượng cho tải ba pha ở hệ thống một pha, ta phải dùng 6 dây; trong khi đó chỉ cần 3 dây trong hệ thống điện ba pha.

Hình 8.2 thể hiện mối quan hệ giữa các pha trong hệ thống điện ba pha. Mặc dù điện áp giữa các pha lệch nhau 120° nhưng giá trị tức thời của mỗi một pha là tương đương với tổng đại số giá trị tức thời của hai pha còn lại cũng tại thời điểm đó.



Hình 8.2. Mối quan hệ về pha trong hệ thống điện xoay chiều ba pha



Hình 8.3. Bảng N⁰-08: Thí nghiệm về máy biến áp ba pha

3. Vật tư - thiết bị dùng cho bài thí nghiệm

- Bàn thí nghiệm.
- Bảng thí nghiệm N⁰- 08: máy biến áp ba pha
- Đồng hồ vạn năng hiện số.
- Cáp ba pha.
- Dây nối.

4. Quy trình thực hiện

1. Lắp bảng N⁰-08 vào bàn thí nghiệm. Để công tắc nguồn ở bên trái sơ đồ về vị trí OFF.

2. Để công tắc phía sơ cấp và thứ cấp của máy biến áp ở chế độ đấu tam giác.

3. Chắc chắn rằng Aptomat chính trong phòng thực tập ở vị trí OFF. Nối cáp ba pha đến cọc đấu R, S, T (A, B, C) trên bảng thí nghiệm.

Chú ý:

- Phải luôn luôn cẩn thận vì bài thí nghiệm sử dụng điện áp cao.
- Học sinh phải được học các quy định về an toàn trước khi thực hiện thí nghiệm.

4. Bật công tắc nguồn về vị trí ON. Đặt đồng hồ Vôn kế ở thang đo 500V, đo điện áp giữa các pha trên cuộn dây thứ cấp và điền vào bảng 8.1.

5. Bật công tắc nguồn về vị trí OFF. Đấu lại cuộn thứ cấp máy biến áp về chế độ đấu sao (Y). Bật công tắc nguồn về vị trí ON. Đo điện áp giữa các pha và điền vào bảng 8.1.

6. Tiếp tục thực hiện bài tập để học thuộc các quan hệ về điện áp ở chế độ đấu cuộn dây sơ cấp và thứ cấp. Luôn luôn nhớ để công tắc nguồn về vị trí OFF trước khi thay đổi cách đấu.

Bảng 8.1. Giá trị đo điện áp giữa các pha

Trạng thái đấu đầu vào/ ra		Điện áp giữa các pha (V)		
Cuộn sơ cấp	Cuộn thứ cấp	U - V	V - W	W - U
Đấu tam giác (Δ)	Đấu tam giác (Δ)			
Đấu tam giác (Δ)	Đấu sao (Y)			
Đấu sao (Y)	Đấu sao (Y)			
Đấu sao (Y)	Đấu tam giác (Δ)			

7. So sánh các giá trị đo được ghi ở bảng trên

8. Đấu cả hai cuộn dây sơ và thứ cấp ở chế độ đấu sao và đo điện áp giữa U-N, V-N và W-N (N là dây trung tính). Hãy chứng minh mối quan hệ về điện áp giữa dây pha và dây trung tính với điện áp giữa dây pha và pha.

5. Tóm tắt

- Ở chế độ máy biến áp đấu sao, dây trung tính là cần thiết. Dây trung tính là dây thứ tư trong hệ thống ba pha 4 dây.

- Khi thay đổi cách đấu cuộn dây sơ cấp, điện áp thứ cấp tăng $\sqrt{3}$ lần như khi cuộn thứ cấp đổi từ đấu tam giác sang đấu sao. Khi thay đổi cách đấu cuộn thứ cấp, điện áp thứ cấp giảm $\sqrt{3}$ như khi cuộn sơ cấp đổi từ đấu tam giác sang đấu sao. Tính chất này được sử dụng trong kết cấu của động cơ ba pha. Trong động cơ ba pha, thực hiện đấu sao khi muốn dòng điện vào động cơ là nhỏ nhất và nó được áp dụng khi động cơ làm việc ở chế độ đấu tam giác (khởi động Y/ Δ).

- Khi máy biến áp đấu sao, điện áp giữa dây pha với dây trung tính bằng $1/\sqrt{3}$ điện áp giữa dây pha với pha. Vì thế trong hệ thống ba pha 4 dây, điện áp pha là 127V khi điện áp dây là 220V; điện áp pha là 220V khi điện áp dây là 380V.

Bài tập thực hành

1. Vì sao phải nâng cao điện áp khi truyền tải điện năng đi xa?
2. Hãy chứng minh tại sao khi cuộn thứ cấp đổi từ đấu tam giác sang sao thì điện áp lại tăng lên $\sqrt{3}$ lần?

Bài 9

ĐIỆN CẢM VÀ MẠCH R - L

1. Mục đích

- Nắm được các tính chất của cuộn cảm - một phần tử quan trọng trong mạch điện xoay chiều.

- Hiểu và vẽ được mối quan hệ về các thành phần điện áp trong mạch R - L nối tiếp.

2. Ôn tập các kiến thức cơ bản

Điện cảm là khả năng sinh ra điện áp cảm ứng của cuộn cảm khi dòng điện qua nó biến thiên.

Chữ L được dùng để biểu thị cho điện cảm của cuộn cảm. Đơn vị đo điện cảm là Henry (H). 1 Henry của cuộn cảm sẽ cảm ứng ra 1V khi dòng điện biến đổi 1A/s.

Máy biến áp có thể coi là gồm nhiều cuộn cảm nối với nhau. Trong máy biến áp, khi cuộn thứ cấp bị loại bỏ thì cuộn dây sơ cấp trở thành cuộn cảm.

Điện kháng (X_L) của cuộn cảm được coi như điện trở của cuộn dây trong mạch điện xoay chiều. X_L được tính bằng công thức sau:

$$X_L = \omega.L = 2.\pi.f.L(\Omega)$$

Trong đó:

f: Tần số của lưới điện (Hz)

L: Điện cảm (H)

Cuộn cảm được phân ra làm hai loại:

Cuộn dây RF (Cuộn cảm RF): Tần số từ 10kHz đến vài trăm MHz.

Cuộn dây LF (Cuộn cảm LF): Tần số từ 10Hz đến vài trăm kHz.

Điện cảm L của cuộn cảm LF có thể tính từ công thức sau:

$$L = \frac{0,4.\pi.N^2.A_l \cdot 10^{-8}}{l_k} \text{ (H)}$$

Trong đó:

N: Số vòng của cuộn cảm và được tính theo công thức:

$$N = \frac{U \cdot 10^4}{4,44 \cdot B_m \cdot f \cdot A_c} \text{ (vòng)}$$

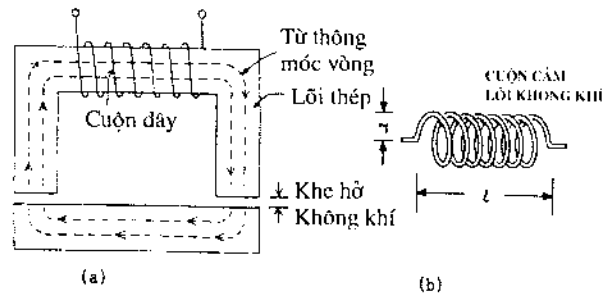
B_m : Cường độ từ cảm (Wb/m²)

A_c : Diện tích mặt cắt lõi thép (cm²)

l_g : Khe hở không khí (cm)

Chú ý: Ở hình 9.1, khe hở không khí là khe hở được tạo ra khi nối tiếp hai phần mạch từ. Mục đích của khe hở không khí là ngăn ngừa sự bão hoà của lõi thép khi trường điện từ quá mạnh.

Ví dụ: Dòng điện xoay chiều biến đổi hơn dòng một chiều nên giá trị điện áp đỉnh - đỉnh của dòng điện xoay chiều lớn sẽ tạo ra sự bão hoà trong lõi thép.



Hình 9.1. Khe hở không khí của lõi thép và cuộn cảm có lõi không khí

Điện cảm của cuộn cảm lõi không khí ở hình 9.1 (b) có thể tính được từ phương trình sau:

$$L = \frac{0,04 \cdot \mu \cdot N^2 \cdot r^2 \cdot 10^{-6}}{l} \text{ (H)}$$

Trong đó:

N: Số vòng dây (vòng)

r: Bán kính của cuộn cảm (cm)

l: Chiều dài của cuộn cảm (cm)

μ : Độ từ thẩm (H/m) (không khí có $\mu = 1$)

Cuộn cảm có thể tích lũy năng lượng trường điện từ. Tuy nhiên, cuộn cảm cũng tự nó tiêu hao năng lượng, chủ yếu do điện trở thuần của cuộn cảm. Tỷ số giữa sự tích lũy năng lượng và sự tiêu hao năng lượng trong cuộn cảm được xác định qua thông số “chất lượng Q”.

Q của cuộn dây = Năng lượng tích lũy / Năng lượng tiêu hao

$$Q = \frac{2\pi \cdot f \cdot L}{R} = \frac{X_L}{R}$$

Trong cuộn cảm, điện áp vượt trước dòng điện 90° . Khi điện trở thuần của cuộn cảm đáng kể thì điện trở tổng của cuộn cảm được gọi là tổng trở Z:

$$Z^2 = R^2 + X_L^2 \Rightarrow \vec{Z}^2 = \sqrt{R^2 + X_L^2} \text{ (}\Omega\text{)}$$

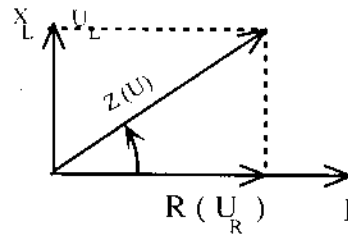
Sự lệch pha giữa Z, R và X_L được biểu diễn ở hình 9.2.

$$\phi = \operatorname{tg}^{-1} \frac{X_L}{R}$$

$$U = \sqrt{U_R^2 + U_L^2} \text{ (V)}$$

U_R : Điện áp rơi trên R (V)

U_L : Điện áp rơi trên L (V)

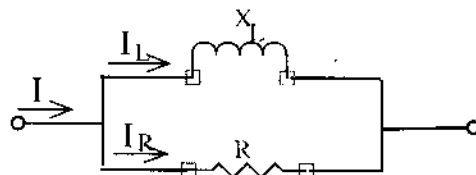


Hình 9.2. Sự lệch pha trong mạch R - L đấu nối tiếp

Khi R và X_L đấu song song, mối quan hệ giữa tổng trở và sự lệch pha được thể hiện như sau:

$$\frac{1}{Z^2} = \frac{1}{R^2} + \frac{1}{X_L^2} \text{ (}\Omega\text{)}$$

$$Z = R \cdot \frac{X_L}{\sqrt{R^2 + X_L^2}} \text{ (}\Omega\text{)}$$



Hình 9.3. Dòng điện chạy trong mạch R - L đấu song song

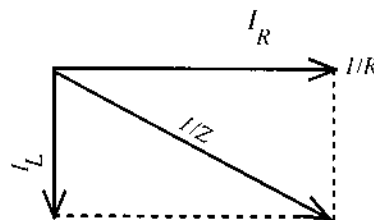
Sự lệch pha trong mạch R- X_L đấu song song được thể hiện ở hình 9.4.

$$\phi = \operatorname{tg}^{-1} \frac{I_L}{I_R}$$

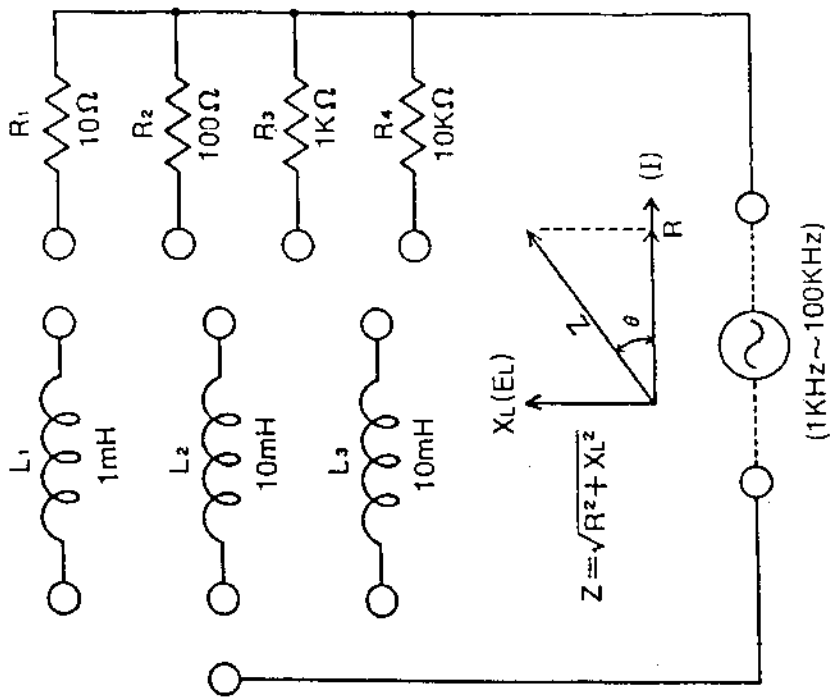
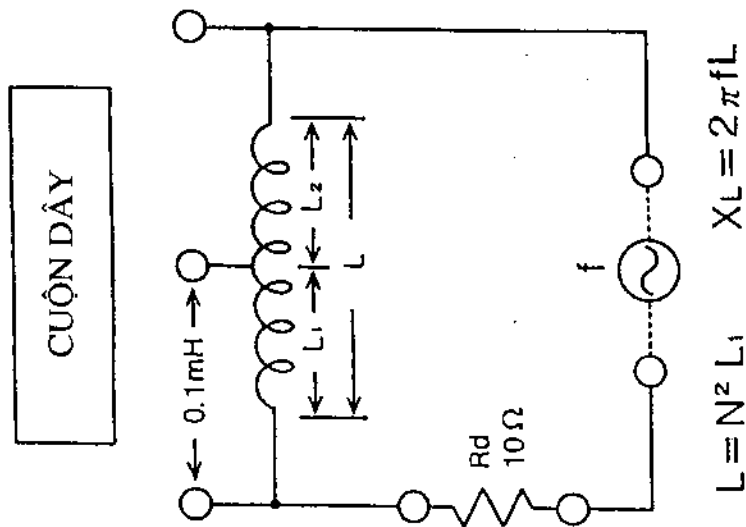
$$I = \sqrt{I_R^2 + I_L^2}$$

I_R : Dòng qua R (A)

I_L : Dòng qua L (A)



Hình 9.4. Sự lệch pha trong mạch R - L đấu song song



Hình 9.5. Bảng N^o - 09: Thí nghiệm về điện cảm và mạch R-L

3. Vật tư - thiết bị dùng cho bài thí nghiệm

- Bàn thí nghiệm.
- Bảng thí nghiệm N⁰ - 09: ĐIỆN CẢM VÀ MẠCH R - L
- Máy phát chức năng FG.
- Đồng hồ vạn năng hiện số.
- Đồng hồ đo LCR hiện số.
- Máy hiện sóng hai tia.
- Dây nối.

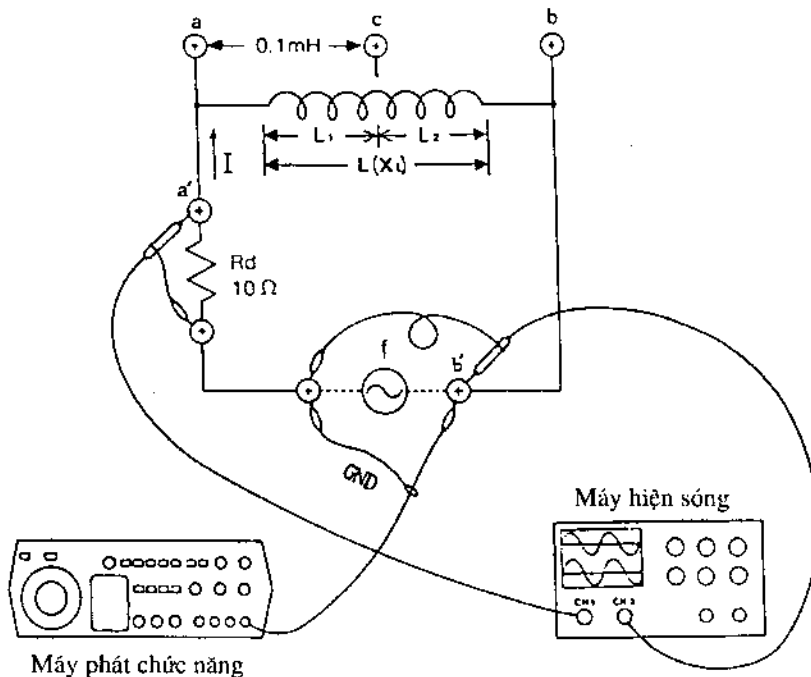
4. Quy trình thực hiện

1. Lắp bảng N⁰ - 09 lên bàn thí nghiệm.

* Bài tập về điện cảm

2. Đặt máy phát chức năng phát ra sóng hình sin, tần số 100kHz, 20Vp-p và nối chúng đến nơi có chữ "f" ở phía góc trái của bảng thí nghiệm (hình 9.5).

3. Nối que đo CH-1 và CH-2 của máy hiện sóng đến a' và b' như hình vẽ 9.6. (chú ý dây nối đất của que đo)



Hình 9.6. Nối que đo máy hiện sóng đến bảng thí nghiệm

4. Điều chỉnh thang thời gian quét của máy hiện sóng để có hai tín hiệu 100kHz trên màn hình. Đo điện áp đỉnh - đỉnh tại a' và b' so với đất.

5. Giá trị của điện trở R_d là 10Ω . Đo điện áp rơi trên R_d và tính dòng qua R_d rồi điền giá trị tính được vào bảng.

6. Từ điện áp đo được trên CH-2 và dòng điện có được qua bước 5, tính tổng trở Z và độ lớn của X_L , điền vào bảng sau:

$R_d = 10\Omega$	Công thức tính toán	Trị số tính được
U_d		
I_d		
Z		
X_L		

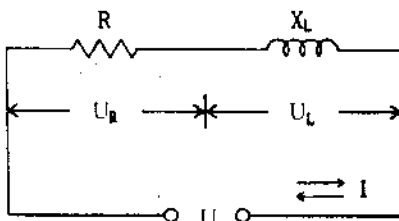
Chú ý: Với điện áp đầu vào U và dòng điện I đã biết, tổng trở Z được tính bằng công thức:

$$Z = \frac{U}{I}$$

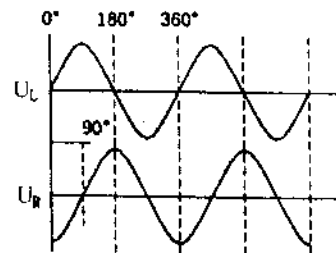
Khi đó X_L được tính: $Z = \sqrt{R^2 + X_L^2} \Rightarrow X_L = \sqrt{Z^2 - R^2}$

Cách khác để tìm X_L là sử dụng mối quan hệ $U^2 = U_R^2 + U_L^2$ để tính U_L . Từ đó X_L được tính như sau (hình 9.7).

$$X_L = \frac{U_L}{I}$$



(a)



(b)

Hình 9.7. Sự lệch pha trong mạch R-L nối tiếp

a) Mạch điện R-L đấu nối tiếp; b) Đồ thị biểu diễn sự lệch pha giữa U_L và U_R

7. Điều chỉnh điện áp đỉnh của CH-1 và CH-2 bằng nhau về độ lớn và đo sự lệch nhau về pha giữa hai dạng sóng. So sánh giá trị đo được với giá trị tính được từ phương trình sau:

$$\phi = \text{tg}^{-1} \frac{X_L}{R}$$

8. Bỏ máy phát tần số ra khỏi mạch. Dùng đồng hồ LCR, đo điện cảm của L_1 (a-c), L_2 (c-b) và L (a-b) trong hình 9.6. Điền trị số đo được vào bảng sau và có nhận xét gì về các kết quả đo?

Điểm đo	Giữa a và c (L_1)	Giữa c và b (L_2)	Giữa a và b (L_3)
Kết quả đo			

9. Nối lại máy phát tần số vào mạch điện và thay đổi tần số từ 100kHz đến 200kHz. Không thay đổi biên độ. Tính dòng điện I thông qua điện áp rơi trên R_d .

10. Làm lại bước 5 với tần số 200kHz. Có nhận xét gì về X_L khi tần số thay đổi?

* *Đặc tính tần số của mạch R-L*

11. Xem hình 9.8. Nối nối tiếp 10mH đến 1k Ω trong mạch. Đo điện áp U_L khi tần số thay đổi theo các giá trị sau và vẽ đường cong đặc tính của tần số f theo U_L .

Các giá trị tần số: 1; 2; 3; 4; 5; 7; 10; 20; 30; 40; 50; 70; 100kHz

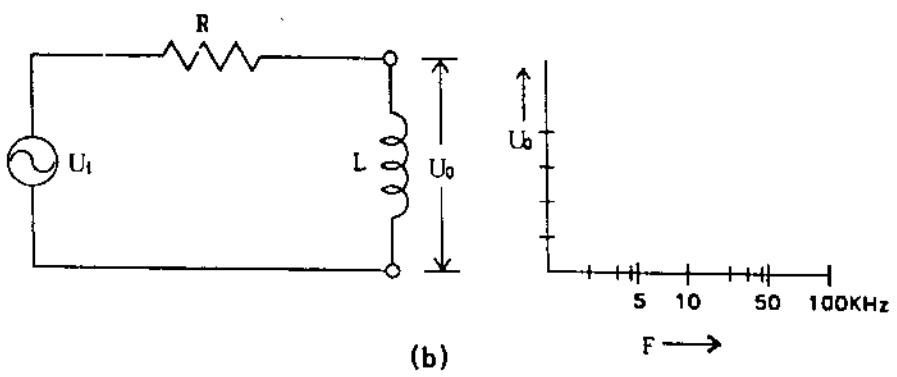
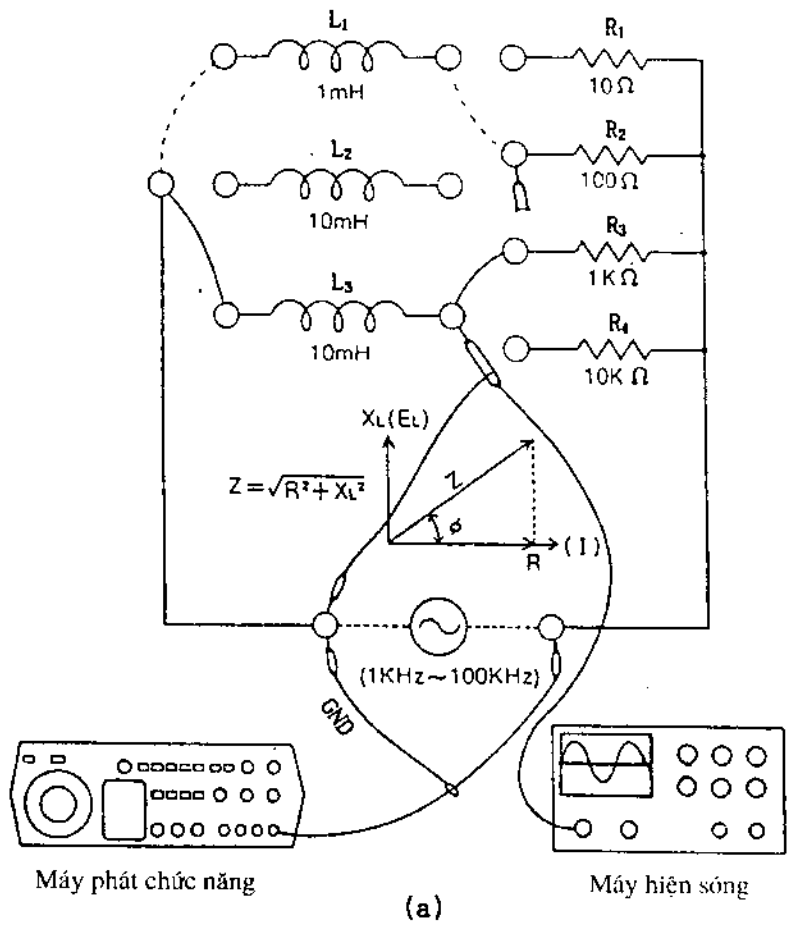
12. Bỏ cuộn cảm 10mH và 1k Ω ra khỏi mạch điện và nối theo đường nét đứt như trong hình vẽ. Làm lại bước 11. Hãy nhận xét sự khác biệt trong kết quả?

Nhận xét: Giá trị X_L của cuộn cảm 10mH cao gấp 10 lần (63 Ω - 6,3k Ω) so với giá trị X_L của cuộn cảm 1mH (6,3 Ω - 630 Ω) ở dãy tần số 1kHz - 100kHz. Ngoài ra, trở kháng ngoài thấp hơn cuộn cảm 1mH.

13. Với 10mH và 1k Ω mắc nối tiếp, tính Q khi tần số là 1kHz, 10kHz và 100kHz theo công thức:

$$Q = X_L / R = 2 \pi f L / R$$

Chú ý: Điện trở bên ngoài sử dụng trong bài thí nghiệm là đặc trưng cho điện trở cuộn dây. Thực tế, để xác định Q thì phải sử dụng điện trở trong của cuộn dây.



Hình 9.8. Sơ đồ nối dây để đo và vẽ đặc tính tần số

5. Tóm tắt

- Điện cảm của cuộn dây tỷ lệ với bình phương số vòng dây. Khi Q của cuộn dây lớn nghĩa là điện trở thuần của cuộn dây nhỏ.

- Khi lõi thép làm bằng vật liệu chất lượng cao, ví dụ như lõi thép có độ thấm từ cao và kích thước nhỏ, thì số vòng dây có thể giảm tương đương với số lượng điện cảm, và vì thế Q có thể tăng.

- Trong cuộn cảm, điện áp vượt trước dòng điện 90° . Tổng trở của mạch có R - L mắc nối tiếp là:

$$Z^2 = R^2 + X_L^2 (\Omega)$$

Góc lệch pha là:

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{X_L}{R}$$

- Điện kháng X_L tỉ lệ với tần số của dòng điện chạy qua cuộn cảm. Vì thế cuộn cảm có thể được sử dụng như một phần tử của bộ lọc.

Bài tập thực hành

1. Từ mối quan hệ giữa R, X_L , Z trong mạch R-L mắc nối tiếp, hãy xây dựng mối quan hệ về công suất. Vẽ tam giác công suất của mạch.

2. Dùng đồng hồ đo LCR để đo điện cảm của L_2 , L_3 và L_2 nối tiếp với L_3 trong bảng thí nghiệm (phía bên phải). Nhận xét về kết quả đo giữa L_2 nối tiếp L_3 với L_2 hoặc L_3 ?

3. Hãy giải thích tại sao kết quả đo L_3 (a-b) của bước 8 (phần Quy trình thực hiện) không thay đổi giống như sự thay đổi của L_2 nối tiếp L_3 ở bài tập 2.

Bài 10

CUỘN CẢM ĐẤU NỐI TIẾP VÀ SONG SONG

1. Mục tiêu

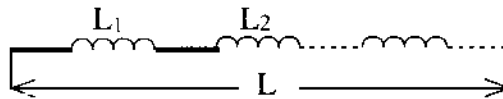
Tính được điện cảm tổng trong mạch có các cuộn cảm đấu nối tiếp và song song.

2. Ôn tập các kiến thức cơ bản

Điện cảm tổng trong mạch có các cuộn cảm đấu song song và nối tiếp tuân theo quy luật tương tự như đấu song song và nối tiếp điện trở.

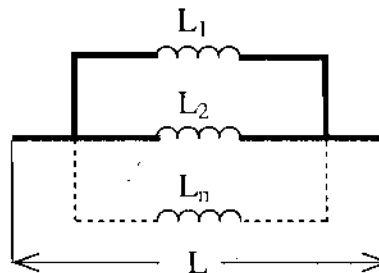
Công thức trong mỗi trường hợp được thể hiện ở hình 10.1 và 10.2.

$$L = L_1 + L_2 + \dots + L_n$$



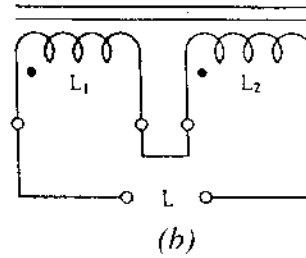
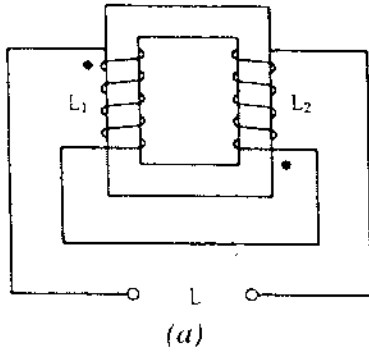
Hình 10.1. Đấu nối tiếp cuộn cảm

$$\frac{1}{L} = \frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2} + \dots + \frac{1}{L_n}$$



Hình 10.2. Đấu song song cuộn cảm

Chú ý: Mối quan hệ trên chỉ đúng khi các cuộn cảm không phải là các cặp cuộn dây. Trong trường hợp chúng tạo thành từng cặp cuộn dây quấn trên cùng một lõi thép (như hình 10.3) thì điện cảm tổng của cuộn dây đấu nối tiếp tăng gấp 4 lần vì số vòng dây tăng gấp đôi.



Hình 10.3. Điện cảm của hai cuộn dây

a) Hai cuộn dây quấn trên cùng một lõi thép; b) Sơ đồ nguyên lý

3. Vật tư - thiết bị dùng cho bài thí nghiệm

- Bàn thí nghiệm.
- Bảng thí nghiệm N^o - 09: ĐIỆN CẢM VÀ MẠCH R-L
- Đồng hồ LCD hiện số.
- Dây nối.

4. Quy trình thực hiện

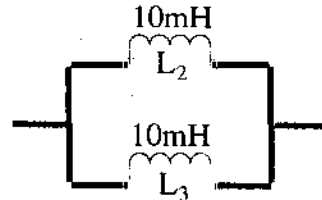
1. Xem lại hình 9.4. Đo điện cảm và tính Q của L₂ và L₃ bằng đồng hồ LCD hiện số. Điền các giá trị của L₂ và L₃ vào bảng dưới đây.

2. Nối L₂ và L₃ nối tiếp. Đo lại các thông số. Điền vào cột “L₂, L₃ nối tiếp”.

	L ₂	L ₃	L ₂ , L ₃ nối tiếp	L ₂ , L ₃ song song
Điện cảm				
Q				

3. Nối L₂ và L₃ song song. Đo lại các thông số. Điền vào cột “L₂, L₃ song song”.

Tính điện cảm tổng:
$$L = \frac{L_2 \cdot L_3}{L_2 + L_3}$$



4. So sánh giá trị đo được và giá trị tính toán

5. Tóm tắt

- Điện kháng tổng của cuộn cảm đấu song song và nối tiếp được tính toán giống như điện trở tổng của điện trở đấu song song và nối tiếp. Tuy nhiên, khi các cuộn cảm là các cặp cuộn dây thì điện kháng tổng sẽ tăng bình phương với số vòng.

- Q là thông số chất lượng của cuộn cảm. Nó là tỷ số giữa mức độ dự trữ năng lượng và mức độ tiêu hao năng lượng. Khi các cuộn cảm giống nhau được mắc nối tiếp thì Q không thay đổi.

Bài tập thực hành

1. Có 3 cuộn cảm có $L_1 = 0,005 \text{ mH}$; $L_2 = 0,0076 \text{ mH}$; $L_3 = 0,0034 \text{ mH}$.

- Tính điện cảm tổng khi 3 cuộn cảm này đấu nối tiếp.

- Tính điện cảm tổng khi 3 cuộn cảm này đấu song song.

2. Nêu mối quan hệ giữa điện áp và dòng điện trong mạch R-L đấu nối tiếp. Vẽ đồ thị véc tơ thể hiện mối quan hệ đó.

Bài 11

ĐIỆN DUNG VÀ MẠCH R-C

1. Mục tiêu

- Nắm được các thông số của tụ điện.
- Hiểu và vẽ được mối quan hệ về các thành phần điện áp trong mạch R-C nối tiếp.

2. Ôn tập các kiến thức cơ bản

Tụ điện có tính chất tương tự như cuộn cảm. Nó tác động đến các thông số của mạch xoay chiều, nhưng với cách ngược lại. Dung kháng của tụ điện được xác định như điện kháng của cuộn cảm và được xác định bằng công thức sau:

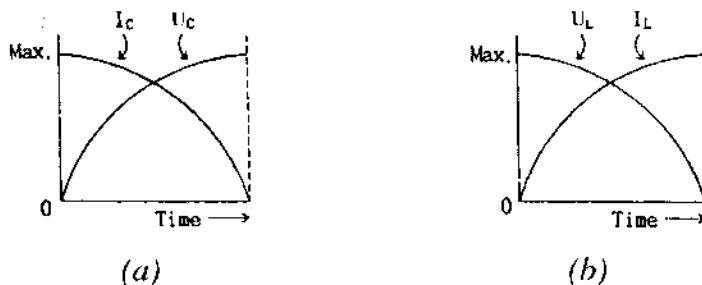
$$X_C = \frac{1}{2\pi \cdot f \cdot C} = \frac{1}{\omega \cdot C} (\Omega)$$

Trong đó:

C: Điện dung (Farads - F)

f: Tần số (Hz)

Trong mạch có tụ điện, dòng điện vượt pha trước điện áp 90° . Khi điện dung của tụ điện thay đổi, mối quan hệ giữa điện áp rơi trên tụ điện và dòng điện nạp vào tụ điện được biểu thị theo đường cong ở hình 11.1a. Nó tương tự như mối quan hệ trong cuộn cảm được vẽ ở hình 11.1b.

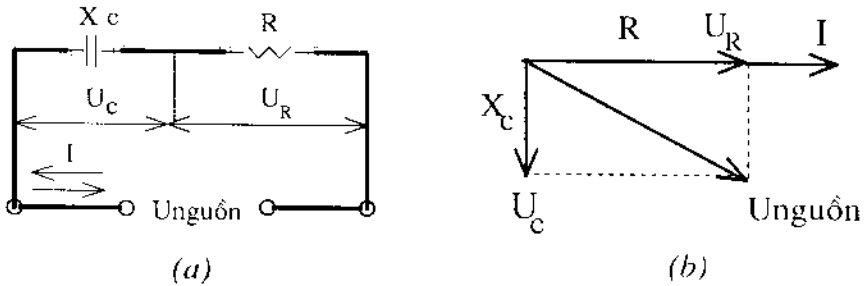


Hình 11.1. Đường đặc tính của điện áp và dòng điện trong C và L

a) Đặc tính U và I trong tụ điện; b) Đặc tính U và I trong cuộn cảm

Điều đáng chú ý trong hình 11.1 là mối quan hệ về điện áp và dòng điện trong C và L là đối nhau. Đây là sự khác nhau cơ bản giữa C và L.

Trong mạch R-C mắc nối tiếp, mối quan hệ về pha giữa R, X_C , và tổng trở Z được thể hiện ở hình 11.2.



Hình 11.2. Đồ thị véc tơ của mạch R-C nối tiếp

a) Mạch điện; b) Đồ thị véc tơ

Ta có: $Z = \sqrt{R^2 + X_C^2}$ hay $Z = \frac{U}{I}$

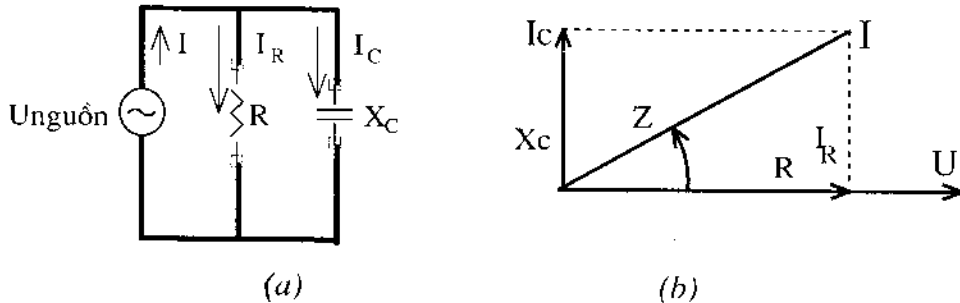
$$\phi = \text{tg}^{-1} \frac{X_C}{R}$$

Điện áp $U_{\text{nguồn}}$ là véc tơ tổng của U_C và U_R :

$$U^2 = U_R^2 + U_C^2$$

Vì thế $U = \sqrt{U_R^2 + U_C^2}$

Sự tổn hao bên trong tụ điện được coi như có điện trở R đấu song song với X_C , và mối quan hệ giữa hai dòng điện, I_R và I_C được thể hiện trong hình 11.3. (trong tụ điện, R có giá trị rất lớn).



Hình 11.3. Sơ đồ mạch điện tổn hao và đồ thị véc tơ của tụ điện

a) Mạch điện tương đương; b) Đồ thị véc tơ

Mối quan hệ sau đây do hai dòng điện lệch pha nhau tạo nên:

$$I^2 = I_R^2 + I_C^2 \Rightarrow I = \sqrt{I_R^2 + I_C^2}$$

Tổng trở Z của mạch R - C đấu song song được tính:

$$\frac{1}{Z} = \frac{1}{R^2} + \frac{1}{X_C^2} \Rightarrow Z = \frac{R \cdot X_C}{\sqrt{R^2 + X_C^2}}$$

Một thông số khác đáng chú ý trong mạch R-C hay R-L là hệ số công suất $\cos\phi$. Hệ số này là tỷ số giữa công suất tác dụng P và công suất biểu kiến S (VA). Trong quan hệ của R và Z thì giá trị này được tính bằng tỷ số giữa R và Z:

$$\text{Hệ số công suất} = \cos\phi = R / Z = P / S$$

Khi hệ số công suất nhỏ hơn 1, công suất biểu kiến sẽ lớn hơn công suất tác dụng. Vì thế công suất tác dụng sẽ tiêu tán dưới dạng nhiệt còn lượng công suất còn lại là quay trở về nguồn.

Cấu tạo của tụ điện được vẽ trong hình 11.4 với công thức tính toán điện dung C. Hai mặt phẳng là hai điện cực. Điện dung giữa hai bản cực của tụ điện được thay đổi bởi khoảng cách không khí giữa hai bản cực và vật liệu làm chất điện môi. Chất điện môi làm tăng điện dung C và nó cũng làm tổn hao một lượng nhỏ tùy thuộc vào điện áp và tần số của tín hiệu. Tổn hao được xác định như một thông số "chất lượng D" của tụ điện với công thức:

$$D = R / X_C$$

Ở đây, D trong tụ điện C giống như Q trong cuộn điện cảm L.

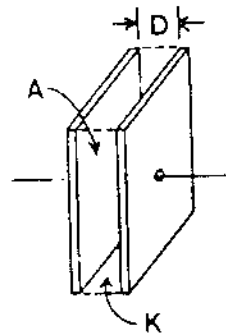
$$C = \frac{0,57 \cdot A \cdot K}{d} \text{ (pF)}$$

Trong đó:

A: Diện tích điện cực (cm^2)

d: Khoảng cách giữa hai bản cực (cm)

K: Hằng số điện môi



Hình 11.4. Cấu tạo của tụ điện và công thức tính điện dung

Bảng 11.1. Hằng số điện môi của một số loại vật liệu

Vật liệu	Hằng số điện môi "K"
Không khí	1
Giấy	3,5
Mica	6
Thuỷ tinh	6 - 10

3. Vật tư - thiết bị dùng cho bài thí nghiệm

- Bàn thí nghiệm.
- Bảng thí nghiệm N⁰-11: ĐIỆN DUNG VÀ MẠCH R-C.
- Máy phát chức năng FM.
- Đồng hồ vạn năng hiện số.
- Đồng hồ LCD hiện số.
- Máy hiện sóng hai tia - 20 MHz.
- Dây nối.

4. Quy trình thực hiện

1. Lắp bảng thí nghiệm N⁰ - 11 lên bàn thực tập.

* Bài tập về dung kháng của tụ điện

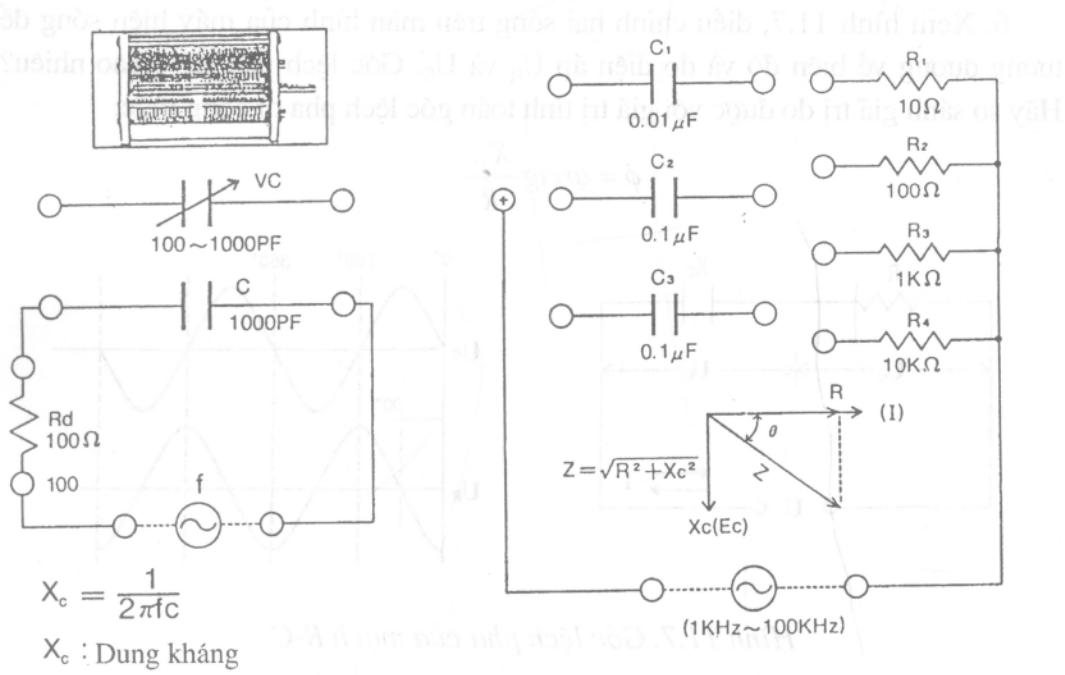
2. Đặt đầu ra của máy phát chức năng ở chế độ phát ra sóng hình sin, 100kHz - 20V_{p-p} và nối đến cọc "f" ở bên trái của bảng (hình 11.5). Nối que đo CH-1 và CH-2 như hình 11.6 và quan sát dạng sóng.

3. Đo điện áp giữa *a* và *b* với đất (GND) bằng máy hiện sóng. Tính U_C. Có nhận xét gì về kết quả vừa đo?

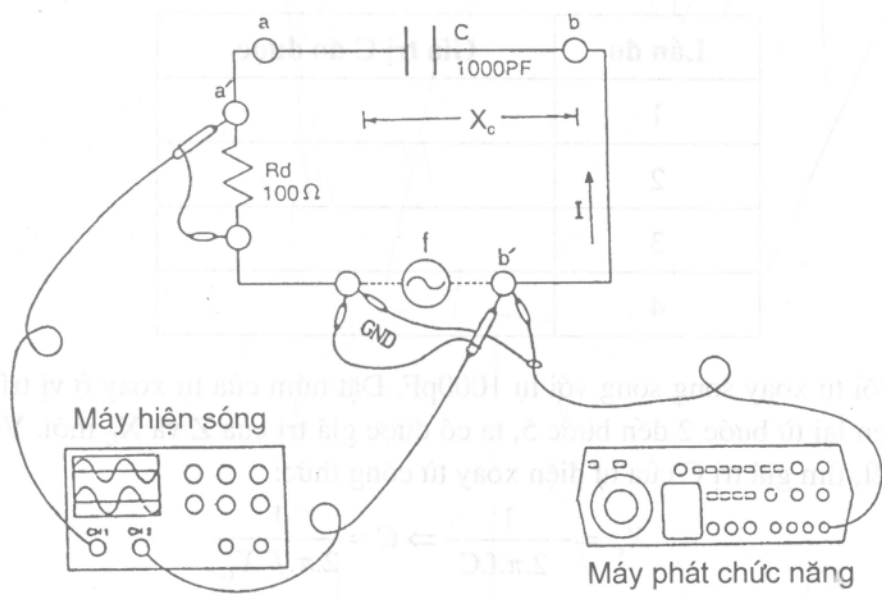
4. Giá trị của điện trở R_d là 100Ω. Tính dòng điện I thông qua điện áp rơi trên R_d và điền vào bảng sau:

R _d	U _d	I

5. Tính tổng trở Z của mạch điện thông qua giá trị dòng điện và điện áp đo được ở trên. Từ đó tính giá trị X_C của tụ điện.



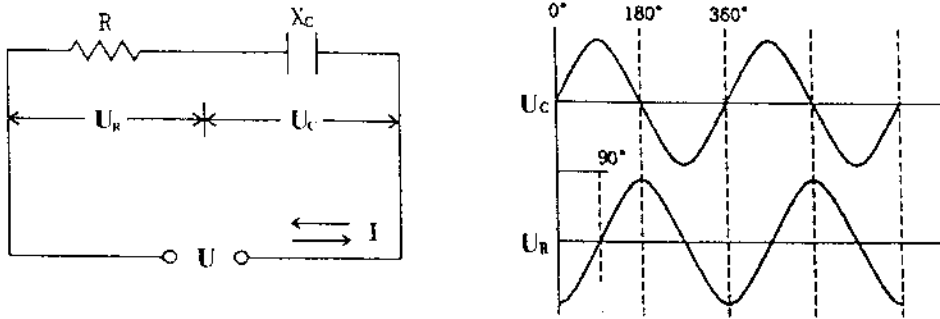
Hình 11.5. Bảng N⁰-11: Thí nghiệm về tụ điện C và dung kháng



Hình 11.6. Sơ đồ nối dây của máy hiện sóng và máy phát chức năng

6. Xem hình 11.7, điều chỉnh hai sóng trên màn hình của máy hiện sóng để tương đương về biên độ và đo điện áp U_R và U_C . Góc lệch pha sẽ là bao nhiêu? Hãy so sánh giá trị đo được với giá trị tính toán góc lệch pha từ công thức:

$$\phi = \arctg \frac{X_C}{R}$$



Hình 11.7. Góc lệch pha của mạch R-C

7. Bỏ máy phát chức năng. Sử dụng đồng hồ LCR, đo điện dung giữa hai điểm "a" và "b". Thay đổi điện dung bằng núm của tụ xoay ở bên trái của bảng; đo các giá trị thay đổi và điền vào bảng sau:

Lần đo	Giá trị C đo được
1	
2	
3	
4	

8. Nối tụ xoay song song với tụ 1000pF. Đặt núm của tụ xoay ở vị trí giữa. Thực hiện lại từ bước 2 đến bước 5, ta có được giá trị của Z và X_C mới. Với tần số đã biết, tìm giá trị C của tụ điện xoay từ công thức:

$$X_C = \frac{1}{2\pi \cdot f \cdot C} \Rightarrow C = \frac{1}{2\pi \cdot f \cdot X_C}$$

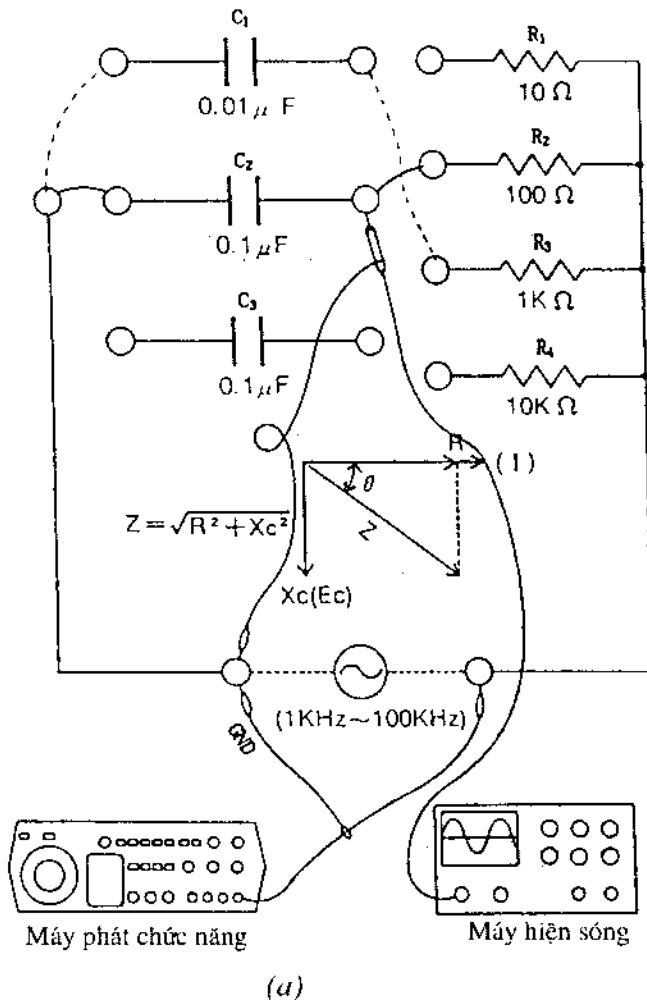
Vì giá trị tính toán của tụ C bao gồm 1000pF và tụ xoay V_C nối song song nên điện dung của tụ xoay C_V được tính:

$$C_V = C - 1000\text{pF}$$

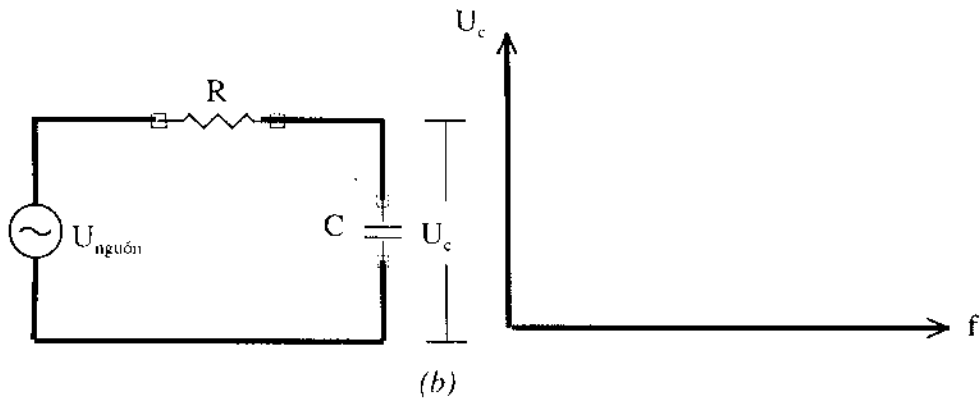
* Đặc tính tần số trong mạch R-C

9. Xem hình 11.8a, nối nối tiếp tụ $0,1\mu\text{F}$ với 100Ω . Thay đổi tần số của máy phát chức năng theo các giá trị sau đây và đo U_C trong mỗi trường hợp. Sau đó vẽ đặc tính theo f và U_C vào hệ trục tọa độ ở hình 11.8b. Trong trường hợp nếu đầu ra của máy phát chức năng bị giảm đi vì công suất phản kháng thì hãy tăng trị số của máy phát chức năng lên.

Các giá trị của tần số: 1, 2, 3, 4, 5, 7, 10, 20, 30, 40, 50, 70, 100 kHz



Hình 11.8a. Sơ đồ đấu dây để xây dựng đặc tính tần số trong mạch R-C



Hình 11.8b. Mạch điện tương đương và hệ trục tọa độ

10. Như chỉ dẫn ở đường nét đứt hình 11.8a, nối nối tiếp tụ $0,01\mu\text{F}$ với điện trở $1\text{k}\Omega$ và làm lại bước 9. Vẽ đặc tính phụ thuộc tần số, điện áp rơi trên tụ $0,01\mu\text{F}$ (U_c). Có điểm gì khác nhau trên 2 đồ thị?

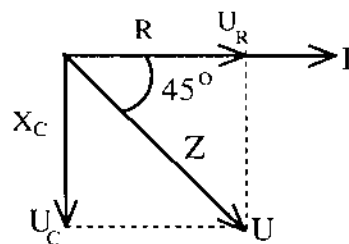
Kết luận: Để thí nghiệm được ở dãy tần số từ 1kHz đến 100kHz , thì X_C của tụ $0,1\mu\text{F}$ là từ $16\text{k}\Omega$ đến $1,6\text{k}\Omega$ và X_C của tụ $0,01\mu\text{F}$ là từ 160Ω đến $16\text{k}\Omega$. Như vậy công suất phản kháng đầu ra sẽ tăng.

11. Trong bước 10, tần số sẽ là bao nhiêu khi $X_C = R$. Nhận xét đặc tính tần số.

Kết luận: Đầu ra của mạch R-C sẽ giảm khi tần số vượt quá giá trị quy định. Đây là tính chất của bộ lọc. Đầu ra của bộ lọc thông thấp sẽ giảm khi tần số tăng. Tần số cộng hưởng f_{co} , là tần số mà đầu ra của bộ lọc đạt giá trị $0,707$ của giá trị đầu vào. Bộ lọc thông thấp có thể được tính toán bằng phép tích phân. Tham khảo hình 11.9a và 11.9b cho đặc tính của bộ lọc thông thấp (LPF).

Nếu $U_R = U_C$ thì $\phi = 45^\circ$
 Vậy $U_C = U \cos\phi = U \cos 45^\circ$

$$U_c = U \cdot \frac{1}{\sqrt{2}} = 0,707 \cdot U$$

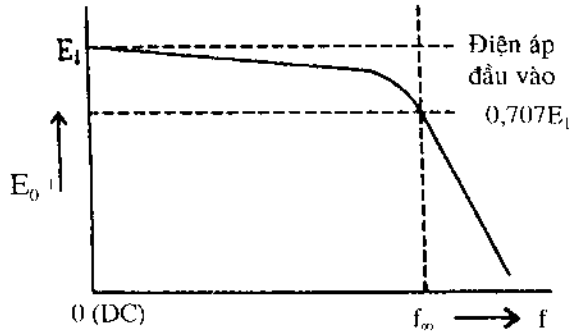


Hình 11.9a. Quan hệ về pha của LPF

Tần số cộng hưởng (f_{CO}) là khi $U_R = U_C$ hay $R = X_C$

Ta có:

$$R = \frac{1}{2\pi \cdot f \cdot C} \Rightarrow f = \frac{1}{2\pi \cdot C \cdot R} = f_{CO}$$



Hình 11.9b. Đặc tính tần số của LPF

12. Sử dụng các tụ $0,1\mu F$ và điện trở 100Ω trên bảng, tìm góc lệch pha giữa điện áp và dòng điện khi tần số là $1kHz$ và $10kHz$. Xác định hệ số công suất.

5. Tóm tắt

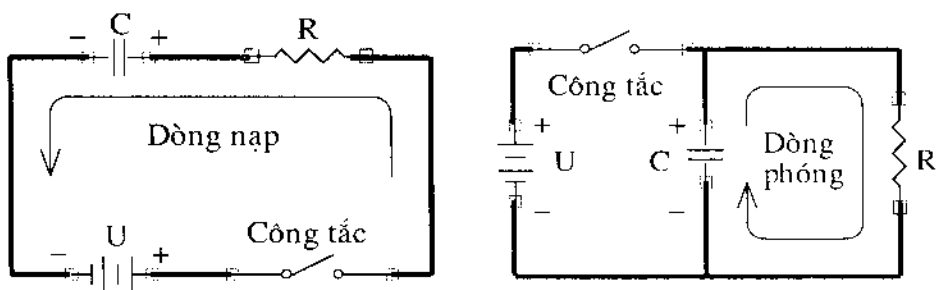
- Trong cuộn cảm, điện áp vượt trước dòng điện 90° . Trong tụ điện, dòng điện vượt trước điện áp 90° . Vì vậy mối quan hệ về pha giữa mạch L và C là 180° . Đặc tính tần số trong L và C là ngược nhau và nó được thể hiện ở hai công thức sau:

$$X_L = 2\pi \cdot f \cdot L \quad \text{và} \quad X_C = \frac{1}{2\pi \cdot f \cdot C}$$

- Vật liệu điện môi được sử dụng trong tụ điện là loại vật liệu ít tổn hao. Mức độ tổn hao của vật liệu làm điện môi được giải thích như hệ số tổn hao D. Nó phụ thuộc vào tần số. Tụ điện được phân loại theo tần số cao và tần số thấp. Mỗi tụ điện đều có điện áp giới hạn đánh thủng.

- Độ nhạy thời gian của mạch R-C là rất nhanh được thể hiện trong hằng số thời gian (T_C), thông số được xác định bởi R và C. Đơn vị của T_C là giây. Đường nạp điện và phóng điện của mạch R-C được chỉ ra trong hình 11.10. Hằng số

thời gian (T_c) đặc trưng cho thời gian cần thiết để mạch R-C phóng hay nạp 63% giá trị ban đầu.



Hình 11.10. Đường phóng và nạp điện của mạch R-C

Bài tập thực hành

1. Trong mạch R-C mắc nối tiếp, khi tần số thay đổi thì điện áp U_c sẽ thay đổi như thế nào? Hãy chứng minh.
2. So sánh mạch R-L mắc nối tiếp với mạch R-C mắc nối tiếp.

Bài 12

TỤ ĐIỆN ĐẤU NỐI TIẾP VÀ SONG SONG

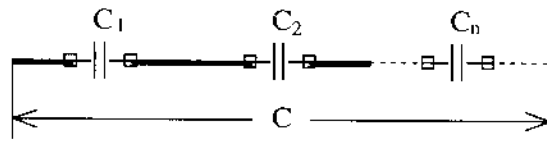
1. Mục đích

Đo điện dung của tụ điện và tính toán điện dung tổng của tụ điện đấu song song và nối tiếp.

2. Ôn tập các kiến thức cơ bản

Khi tụ điện nối nối tiếp như hình 12.1 thì điện dung tổng là:

$$\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \dots + \frac{1}{C_n}$$

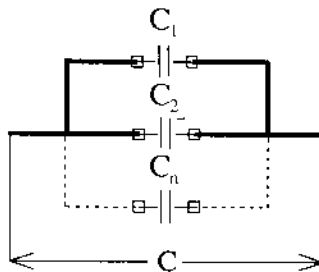


Hình 12.1. Tụ điện đấu nối tiếp

Trong trường hợp này, điện dung tổng sẽ giảm. Vì dung kháng tỷ lệ nghịch với điện dung nên điện kháng tổng sẽ tăng khi có các tụ điện đấu nối tiếp.

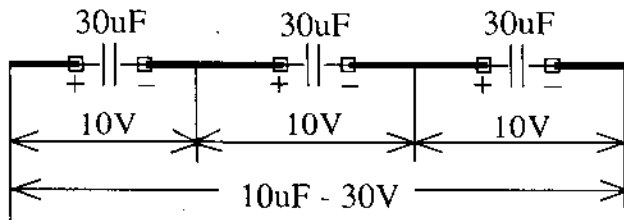
Khi tụ điện đấu song song, điện dung tổng là:

$$C = C_1 + C_2 + \dots + C_n$$



Hình 12.2. Tụ điện đấu song song

Trong phần bài tập trước, ta biết tụ điện có điện áp làm việc giới hạn. Khi có thêm tụ điện đấu nối tiếp, điện áp làm việc sẽ tăng như hình 12.3.



Hình 12.3. Điện áp làm việc của tụ điện đấu nối tiếp

3. Vật tư - thiết bị dùng cho bài thí nghiệm

- Bàn thí nghiệm
- Bảng thí nghiệm N⁰ - 11: ĐIỆN DUNG VÀ MẠCH R - C
- Đồng hồ LCR hiện số.
- Dây nối.

4. Quy trình thực hiện

1. Sử dụng đồng hồ LCR đo điện dung và tính giá trị D của hai tụ điện $0,1\mu\text{F}$ (C_2, C_3) trong hình 11.5 và điền vào bảng dưới đây:

	C_2	C_3	C_2, C_3 đấu nối tiếp	C_2, C_3 đấu song song
Điện dung				
$D = R / X_C$				

2. Nối 2 tụ điện C_2 và C_3 nối tiếp, đo điện dung tổng và tính giá trị D . Điền vào bảng trên.

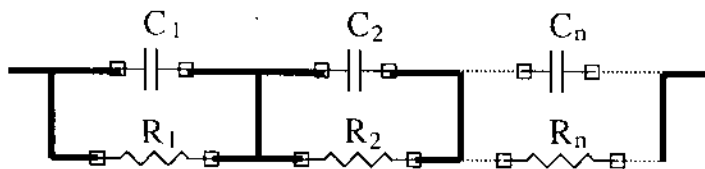
3. Nối 2 tụ điện C_2 và C_3 song song, đo điện dung tổng và tính giá trị D . Điền vào bảng trên.

4. So sánh kết quả tính toán và kết quả đo được. Xác định điện áp làm việc tổng trong mỗi trường hợp khi điện áp làm việc riêng của từng tụ là 50V.

5. Tóm tắt

Điện áp làm việc của tụ điện nhỏ hơn 1000V. Khi muốn tụ điện chịu điện áp cao hơn, có thể đấu một vài tụ điện có đặc tính giống hệt nhau như hình

dưới đây. Các điện trở được tách ra để giữ cân bằng. Ở trường hợp này, điện dung tổng sẽ giảm đi $1/n$ lần, trong khi đó điện áp tổng tăng n lần.



Hình 12.4. Đấu một vài tụ điện có đặc tính như nhau

Bài tập thực hành

1. Từ công thức tính điện dung tổng của các tụ điện đấu song song, hãy viết công thức tính điện dung tổng của hai tụ điện đấu nối tiếp. Nếu n tụ điện có trị số giống nhau được đấu song song và nối tiếp thì công thức tổng quát viết như thế nào?
2. Nêu ý nghĩa của hệ số công suất $\cos\varphi$?

Bài 13

MẠCH L - C VÀ HIỆN TƯỢNG CỘNG HƯỞNG

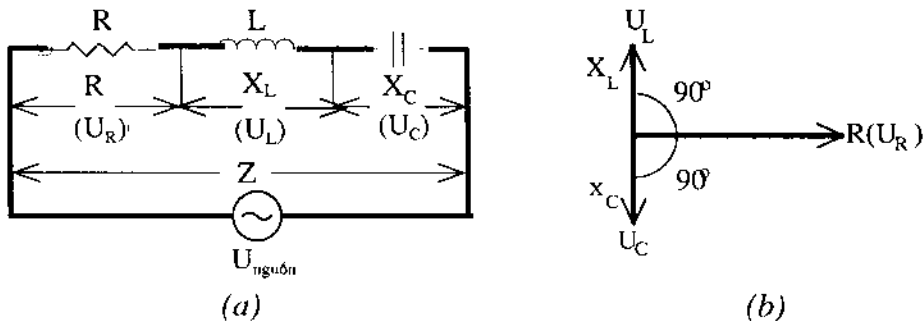
1. Mục tiêu

Nắm được các tính chất cơ bản của hiện tượng cộng hưởng.

2. Ôn tập các kiến thức cơ bản

- Tính chất của tụ điện và cuộn cảm đã được luyện tập từ các bài trước.

- Khi cuộn cảm, tụ điện và điện trở được đấu nối tiếp như hình 13.1a thì mối quan hệ về góc lệch pha giữa X_L và X_C được thể hiện ở hình 13.1b.



Hình 13.1. Mạch RLC đấu nối tiếp
a) Sơ đồ nguyên lý; b) Đồ thị véc tơ

Tổng trở Z của mạch trên là:

$$Z^2 = R^2 + (X_L - X_C)^2 \Rightarrow Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$$

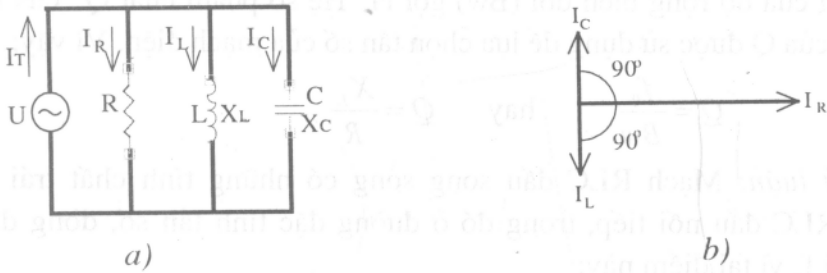
Trong công thức trên, X_L lớn hơn X_C nên có $(X_L - X_C)$. Trong mạch L - C, L hoặc C sẽ có giá trị âm. Nguyên nhân của giá trị âm là góc lệch pha giữa L và C luôn luôn là 180° . Ví dụ hình 13.1:

$$\text{Nếu } R = 30\Omega, X_L = 100\Omega \text{ và } X_C = 90\Omega$$

$$\Rightarrow Z = \sqrt{30^2 + (100 - 90)^2} = 31,62(\Omega)$$

Trường hợp $X_L = X_C$, thì $Z = 30\Omega = R$; nghĩa là X_L và X_C đã triệt tiêu nhau.

Khi R, L, C đấu song song, sơ đồ mạch điện và đồ thị véc tơ được thể hiện trong hình 13.2.



Hình 13.2. Mạch RLC đấu song song

a) Sơ đồ nguyên lý; b) Đồ thị véc tơ

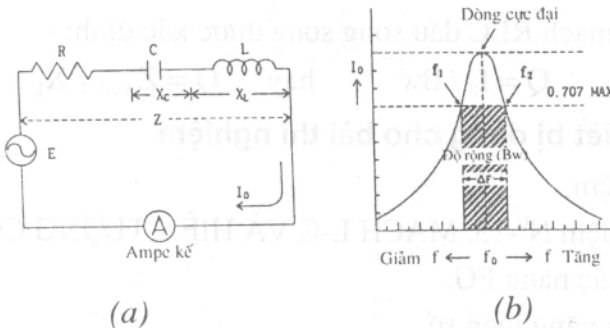
Tổng trở của mạch là:

$$Z = \frac{U}{I_T} \quad \text{với} \quad I_T = \sqrt{I_R^2 + (I_L - I_C)^2}$$

Khi $I_L = I_C$, dòng điện tổng $I_T = I_R$

Chú ý: Điện trở trong mạch có thể là điện trở trong hay thành phần tổn hao của L và C. Trong trường hợp điện trở là thành phần tổn hao của L và C, thì giá trị của R là rất lớn. Điều đó có nghĩa là khi $I_L = I_C$ (vì $X_L = X_C$), dòng cung cấp từ nguồn sẽ rất nhỏ. Mạch này gọi là mạch cộng hưởng có L, C đấu song song và tần số tạo nên hiện tượng này được gọi là tần số cộng hưởng.

Tóm lại: Tổng trở của mạch RLC đấu nối tiếp là rất nhỏ khi $X_L = X_C$. Tổng trở của mạch RLC đấu song song là rất lớn khi $X_L = X_C$. Mạch RLC đấu nối tiếp và đặc tính tần số được thể hiện trong hình 13.3.



Hình 13.3. Mạch RLC đấu nối tiếp

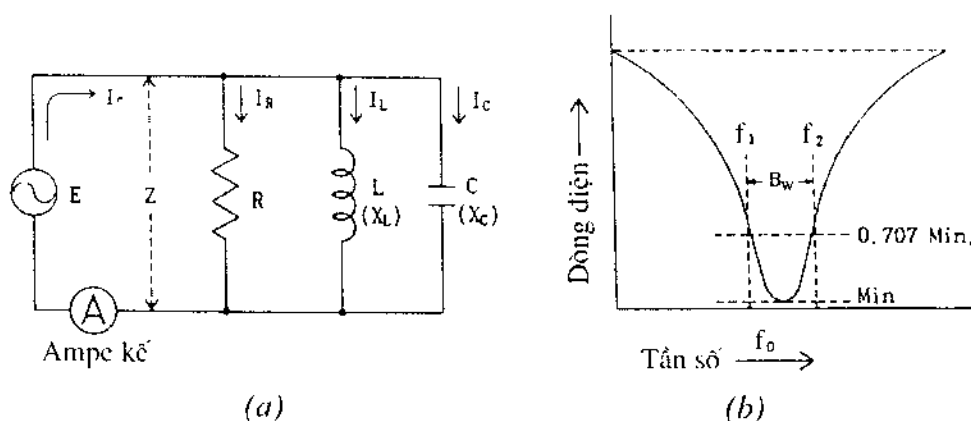
a) Sơ đồ nguyên lý; b) Đặc tính tần số

Trong hình 13.3b, một điều rất rõ ràng là giá trị của dòng điện là lớn nhất tại tần số cộng hưởng f_0 khi X_L và X_C triệt tiêu nhau. Vì vậy, nếu tần số tăng hay giảm xung quanh f_0 , thì dòng điện trong mạch biến đổi rất lớn. Tỷ số giữa f_0 và độ rộng của độ rộng biến đổi (Bw) gọi là “Hệ số phẩm chất Q” của mạch điện. Giá trị của Q được sử dụng để lựa chọn tần số của mạch điện. Vì vậy:

$$Q = \frac{f_0}{Bw} \quad \text{hay} \quad Q = \frac{X_L}{R}$$

Kết luận: Mạch RLC đấu song song có những tính chất trái ngược với mạch RLC đấu nối tiếp, trong đó ở đường đặc tính tần số, dòng điện sẽ nhỏ nhất tại f_0 vì tại điểm này:

$$I_L - I_C = 0 \quad \text{và} \quad I_0 = \sqrt{I_R^2 + (I_L - I_C)^2} = I_R$$



Hình 13.4. Mạch RLC đấu song song

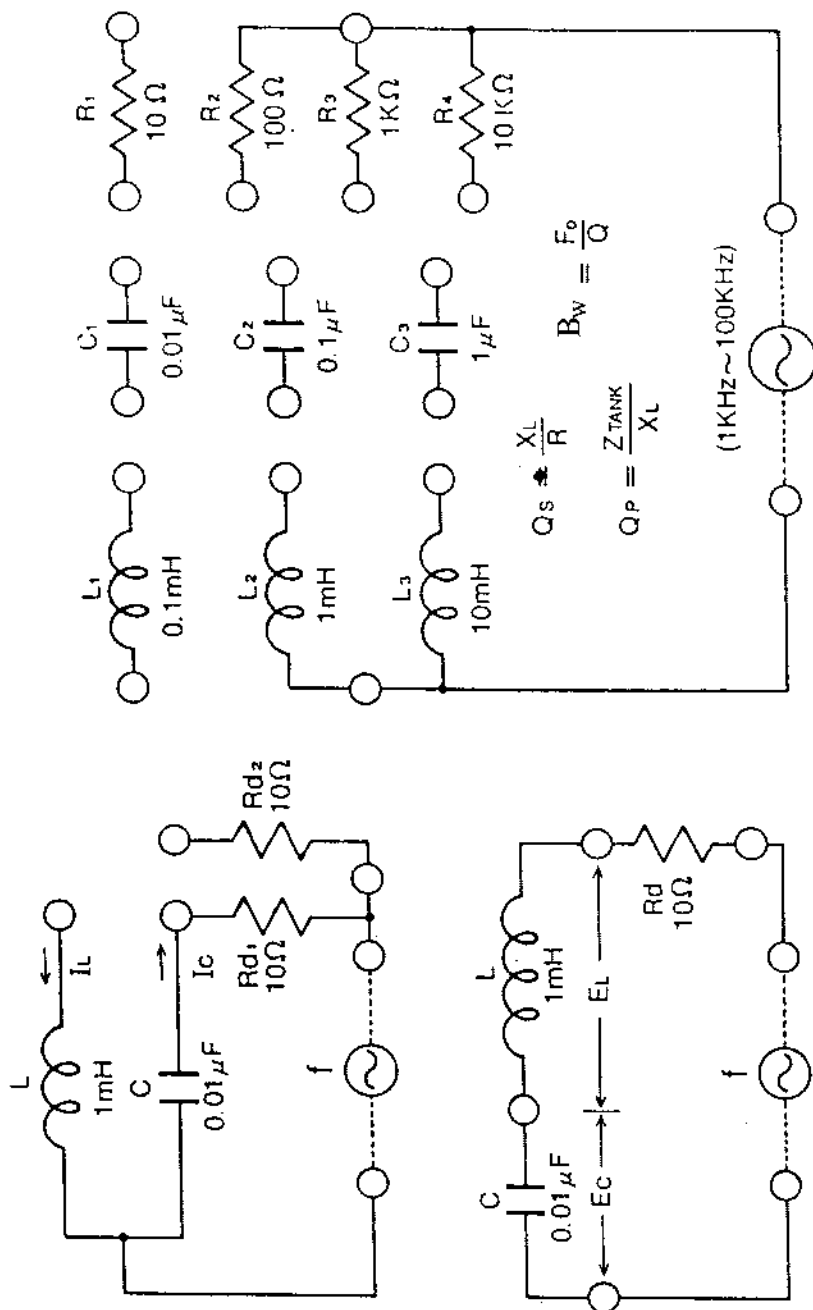
a) Sơ đồ nguyên lý; b) Đặc tính tần số

Giá trị Q của mạch RLC đấu song song được xác định:

$$Q = f_0 / Bw \quad \text{hay} \quad Q = Z_{\text{tần}} / X_L$$

3. Vật tư - thiết bị dùng cho bài thí nghiệm

- Bàn thí nghiệm.
- Bảng thí nghiệm N⁰-13: MẠCH L-C VÀ HIỆN TƯỢNG CỘNG HƯỞNG
- Máy phát chức năng FG.
- Đồng hồ vạn năng hiện số.
- Máy hiện sóng 2 tia.
- Dây nối.



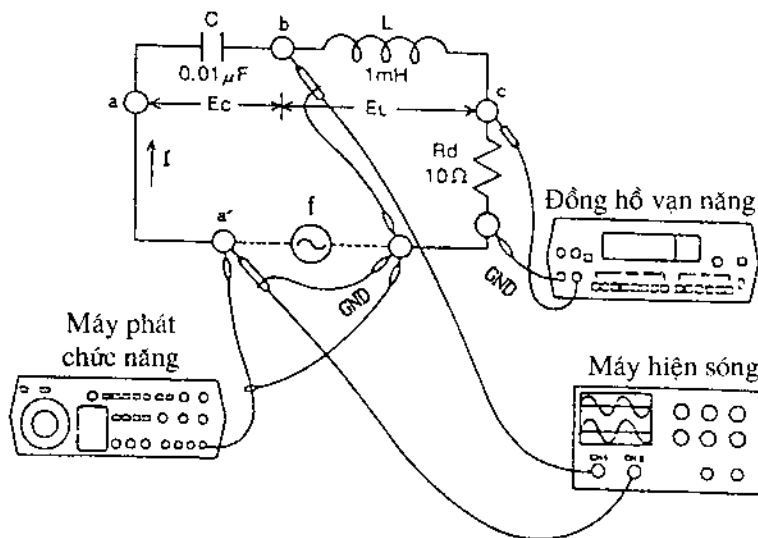
Hình 13.5. Bảng thí nghiệm N^o- 13: Mạch L-C và hiện tượng cộng hưởng

4. Quy trình thực hiện

1. Lắp bảng thí nghiệm N⁰- 13 lên bàn thực tập.

* *Thí nghiệm về mạch RLC đấu nối tiếp*

2. Xem hình 13.5 và 13.6, nối đầu ra của máy phát chức năng đến cọc đầu dây có ký hiệu "f" ở bên dưới góc trái của bảng. Đặt chế độ của máy phát chức năng ở chế độ hình sin 20kHz và 20V_{p-p}. Sau đó nối CH-1 và CH-2 của máy hiện sóng đến bảng thí nghiệm như hình vẽ.



Hình 13.6. Sơ đồ nối dây của thí nghiệm mạch RLC đấu nối tiếp

3. Điều chỉnh máy hiện sóng để cho hai tia của tín hiệu 20kHz xuất hiện trên màn hình. Sau đó điều chỉnh các kênh đầu vào ở vị trí kiểm tra và máy hiện sóng được điều chỉnh để đo góc lệch pha của hai đầu vào.

Chú ý: Điện áp xuất hiện trên màn hình là giá trị đỉnh - đỉnh, trong khi chỉ số của Vôn kế là giá trị hiệu dụng RMS và ta có công thức:

$$U_{RMS} = \frac{U_{p-p}}{2\sqrt{2}}$$

4. Đo điện áp rơi trên R, C, L và tính dòng điện I trong mạch điện. Sau đó đo điện áp giữa hai điểm a-c (U_{a-c}). Tính tổng trở giữa a-c và điền số liệu vào bảng sau:

U_{Rd}	U_C	U_L	U_{a-c}	Tính I	Tính Z_{a-c}

Chú ý: Tổng trở giữa a-c = Z_{a-c} = Điện áp trên a-c (U_{a-c}) / I

Nếu dòng điện đo bằng giá trị hiệu dụng thì điện áp cũng phải đo bằng giá trị hiệu dụng.

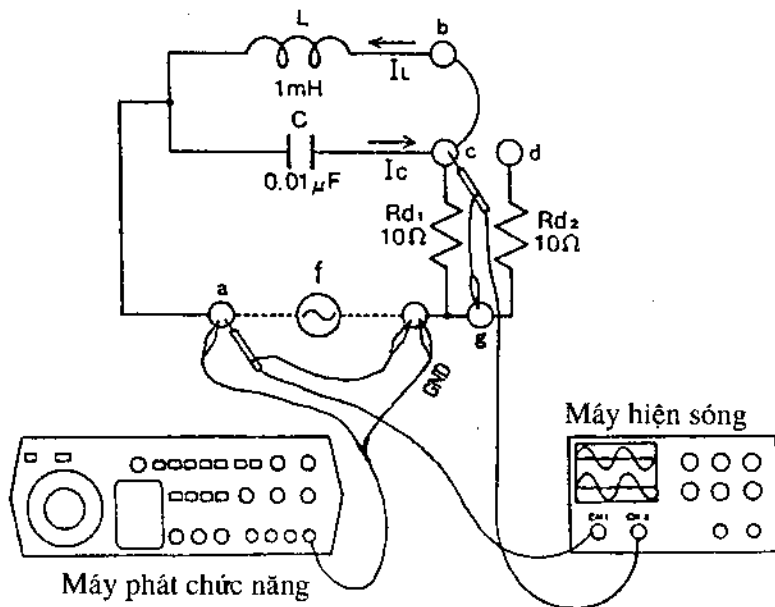
5. So sánh điện áp U_{a-c} đo được ở bước 4 với giá trị tính toán:

$$U_{a-c} = U_L - U_C$$

6. Thay đổi tần số từ 10kHz đến 100kHz, tính dòng điện chạy trong mạch thông qua điện áp rơi trên R_d . Sau đó dựng đồ thị dòng điện. Trong trường hợp điện áp đầu ra của máy phát giảm vì trở kháng của máy phát, hãy tăng điện áp để bù vào lượng tổn thất.

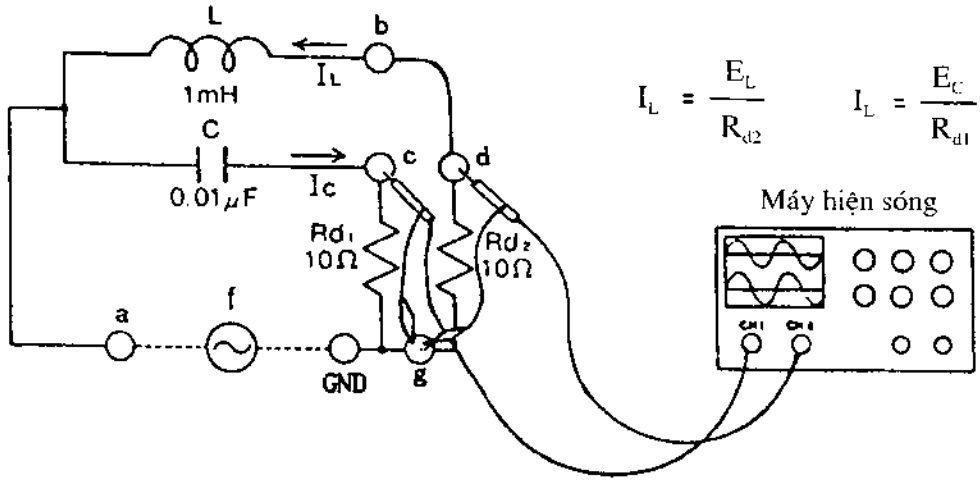
** Thí nghiệm về mạch cộng hưởng song song*

7. Nối máy phát chức năng vào mạch theo hình 13.7. Đặt đầu ra của máy phát chức năng ở chế độ hình sin, 20kHz và 20Vp-p. Đo điện áp rơi trên R_d , xác định dòng điện trong mạch.



Hình 13.7. Sơ đồ nối dây cho bài thí nghiệm mạch cộng hưởng song song (1)

8. Thay đổi mạch điện như hình 13.8. Không thay đổi tần số và cường độ của tín hiệu, đo điện áp rơi trên R_{d1} và R_{d2} và xác định I_C , I_L . So sánh giá trị $I_L - I_C$ với dòng điện có được trong bước 7. Nếu hai giá trị giống nhau, hãy giải thích tại sao dòng điện lại không bằng $I_L + I_C$. Hãy hiểu rằng các giá trị sai lệch của R , L , C là do sai số trong phép đo.



Hình 13.8. Sơ đồ nối dây cho bài thí nghiệm mạch cộng hưởng song song (2)

9. Quay lại hình 13.7, làm lại bước 6.

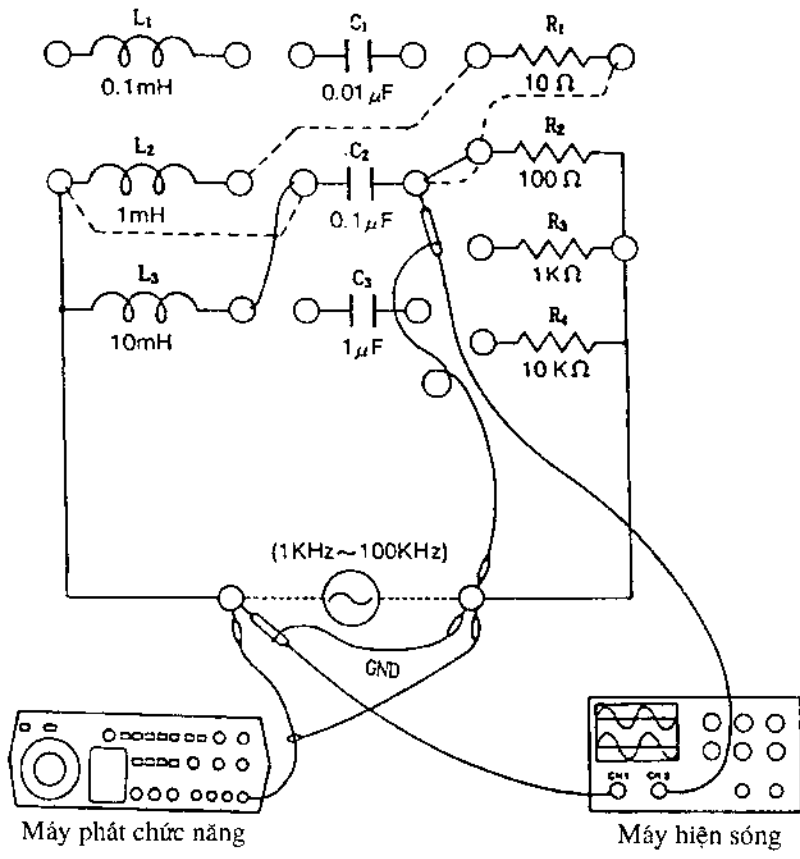
* Đặc tính trở kháng và tần số của mạch LCR

10. Nối dây theo hình 13.9. Thay đổi tần số của máy phát chức năng và tìm tần số cộng hưởng f_0 . Đo điện áp rơi trên L và C . Tính trở kháng cộng hưởng Z và Q của mạch vòng. Phải đảm bảo rằng đầu ra của máy phát có khả năng điều chỉnh để đầu ra là hằng số. Tần số cộng hưởng được tính từ mối quan hệ sau:

$$2\pi \cdot f \cdot L = \frac{1}{2\pi \cdot f \cdot C}$$

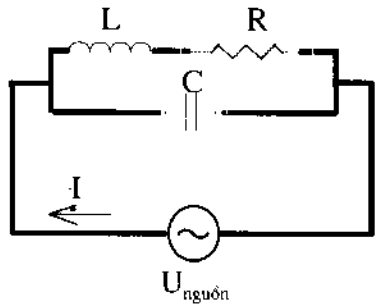
Vì vậy:

$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$



Hình 13.9. Sơ đồ nối dây cho bài thí nghiệm mạch LCR

11. Nối theo đường nét đứt của hình 13.9. Mạch điện tương đương được vẽ ở hình 13.10. Tìm tần số cộng hưởng f_0 và trở kháng của mạch đầu song song. Tìm Q của mạch cộng hưởng với R là điện trở của cuộn dây.



Hình 13.10. Mạch tương đương của bước 11

Dòng điện trong mạch khi biết điện áp đỉnh - đỉnh (U_{p-p}) trên điện trở 100Ω là:

$$I = \frac{1}{2\sqrt{2}} \cdot \frac{U_{p-p}}{100\Omega} \quad \Rightarrow \quad Z = \frac{1}{2\sqrt{2}} \cdot \frac{U}{I}$$

Và
$$Q = \frac{Z}{X_L}$$

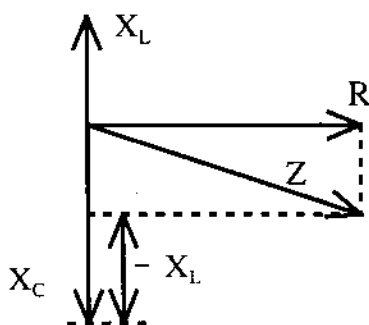
12. Với cách đấu dây tương tự như ở trên, xác định dòng điện I trong mạch khi tần số tăng từ 5kHz đến 50kHz với mỗi nấc tăng là 2kHz . Xây dựng đặc tính của tần số phụ thuộc vào I . Lập lại quy trình với điện trở $10\text{k}\Omega$ và đấu thêm mỗi lần $1\text{k}\Omega$ song song vào mạch điện. Trường hợp nào Q lớn hơn? Vì sao?

5. Tóm tắt

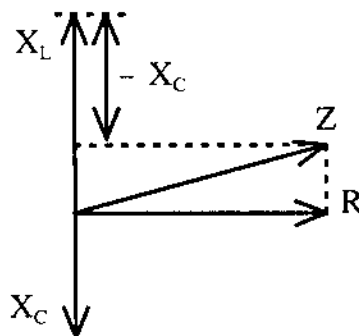
- Trở kháng của mạch LC đấu nối tiếp là nhỏ nhất khi trong mạch có cộng hưởng. Trái lại, trở kháng của mạch LC đấu song song là lớn nhất khi trong mạch có cộng hưởng. Trong cả hai trường hợp, khi có cộng hưởng thì $X_L = X_C$. Tần số cộng hưởng được tính bằng công thức:

$$f = \frac{1}{2\pi \cdot \sqrt{LC}}$$

- Khi tần số thấp hơn tần số cộng hưởng (f) trong mạch cộng hưởng LC, thì X_C sẽ lớn hơn X_L và trạng thái của mạch có tính dung. Khi tần số cao hơn f , thì X_L sẽ lớn hơn X_C và trạng thái của mạch có tính cảm.



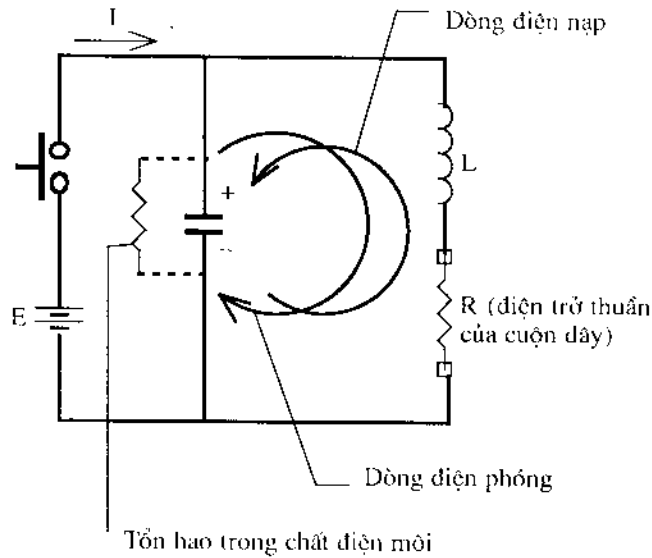
Mạch có tính dung



Mạch có tính cảm

- Trong mạch cộng hưởng LC đấu song song, năng lượng trao đổi trong mạch vòng dao động giữa L và C . Khi trao đổi, một lượng năng lượng nhỏ bị

tiêu hao trên điện trở thuần của cuộn dây và trên chất điện môi của tụ điện C trong mạch vòng. Điều này được minh họa rõ trong hình sau:



Hình 13.11. Tổn hao trong mạch cộng hưởng L-C đấu song song

Bài tập thực hành

1. So sánh mạch L-C đấu nối tiếp và L-C đấu song song về sơ đồ nguyên lý, trở kháng, tần số cộng hưởng. Vẽ đồ thị.
2. Điều kiện để mạch có hiện tượng cộng hưởng nối tiếp và song song.

Bài 14

MẠCH CẦU CÂN BẰNG

1. Mục tiêu

- Hiểu được tính chất cân bằng của mạch cầu.
- Biết sử dụng cầu cân bằng để đo điện trở.

2. Ôn tập các kiến thức cơ bản

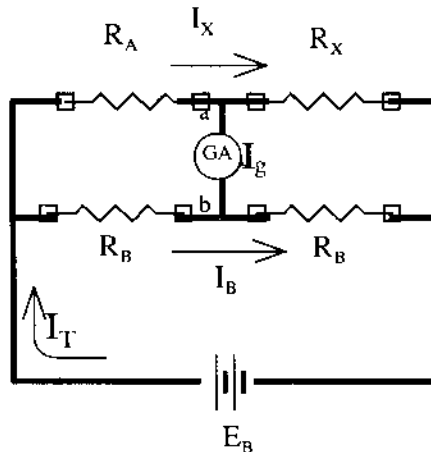
Cầu điện trở cân bằng khi có điều kiện sau đây (không quan tâm đến nguồn E_B).

$$1. \frac{R_S}{R_H} = \frac{R_X}{R_A}$$

$$2. I_X \cdot R_A = I_S \cdot R_B \quad \text{hay} \quad I_X \cdot R_X = I_S \cdot R_S$$

3. $I_g = 0$. Vì thế nếu nối tắt "a" với "b" sẽ không ảnh hưởng đến I_T .

4. Hiệu điện thế giữa hai điểm "a" và "b" (U_{AB}) = 0 mặc dù độ lớn của I_X và I_S có thay đổi.



Hình 14.1. Cầu điện trở cân bằng

Để có cầu cân bằng với một điện trở chưa biết R_X , giá trị của R_X phải được tính toán từ mối quan hệ sau:

$$\frac{R_S}{R_B} = \frac{R_X}{R_A} \quad \cdot \text{ Vì vậy} \quad R_X = \frac{R_S \cdot R_A}{R_B}$$

Cầu cân bằng có thể trở thành mất cân bằng khi giá trị điện trở thay đổi, ví dụ như điện trở bị đốt nóng hay một lý do nào khác.

Trong trường hợp điện trở R_X tăng, quan hệ $I_X \cdot R_X = I_S \cdot R_S$ sẽ biến đổi thành $I_X \cdot R_X > I_S \cdot R_S$ và điện thế tại điểm "a" sẽ cao hơn "b". Kết quả là sẽ có dòng điện chạy từ "a" đến "b". Tương tự như vậy, nếu R_X giảm, dòng điện sẽ đi theo chiều ngược lại.

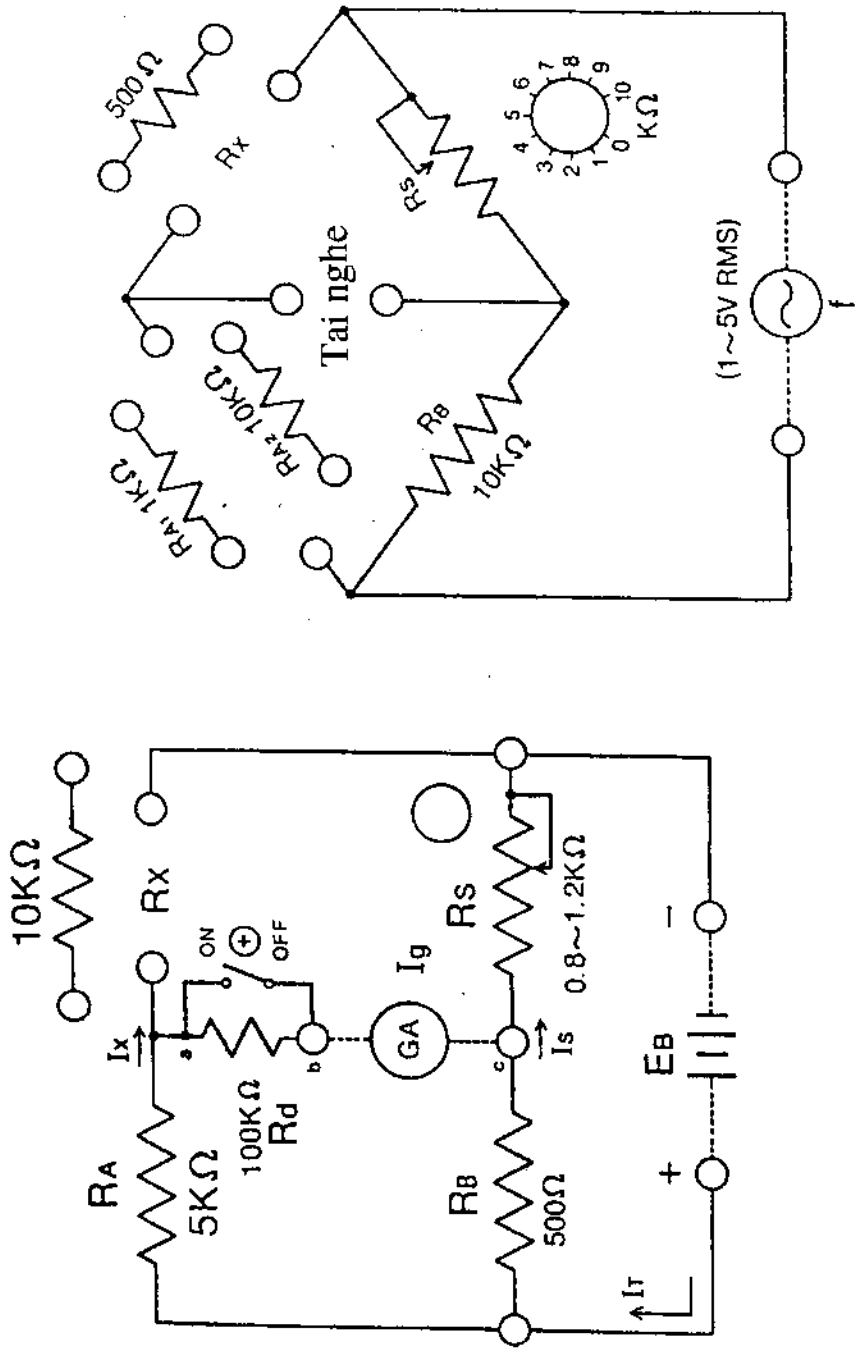
Trạng thái mất cân bằng này của cầu được sử dụng trong mạch cảm biến.

3. Vật tư - thiết bị dùng cho bài thí nghiệm

- Bàn thí nghiệm.
- Bảng thí nghiệm N⁰ - 14: MẠCH CẦU CÂN BẰNG
- Nguồn một chiều.
- Đồng hồ đo chính xác (Galvanometer - GA) - là một loại đồng hồ vạn năng hiện số có thang đo tới 50 μ A.
- Máy phát chức năng.
- Đồng hồ vạn năng hiện số.
- Tai nghe.
- Dây nối.

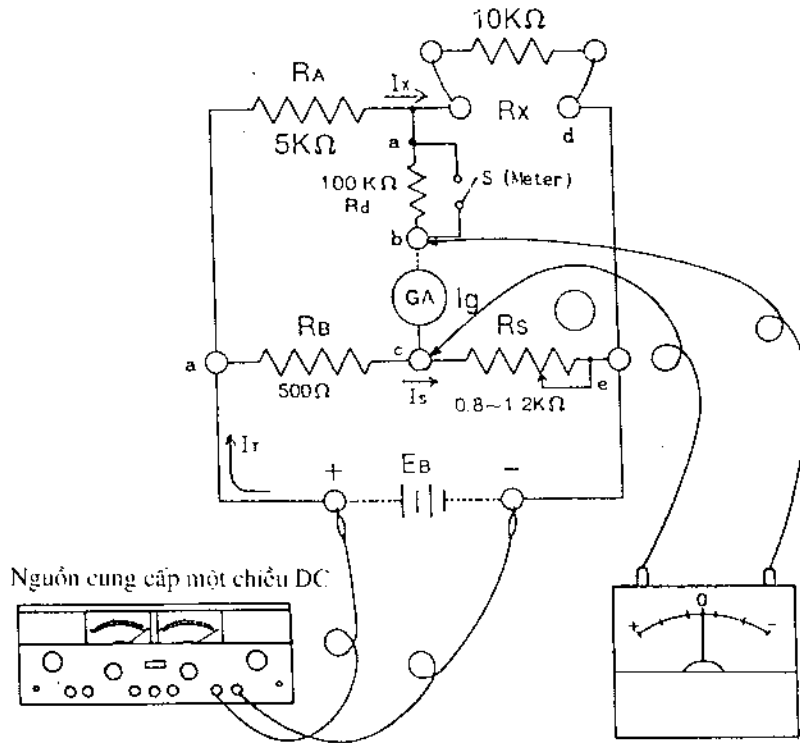
4. Quy trình thực hiện

1. Lắp bảng N⁰ - 14 lên bàn thí nghiệm.
2. Điều chỉnh nguồn cung cấp một chiều 10V. Xem hình 14.2. và hình 14.3. Nối nguồn cung cấp đến cọc đầu dây E_B ở phía bên trái của bảng. Đưa điện trở 10k Ω vào mạch như một điện trở chưa biết R_X .



Hình 14.2. Bảng N^o - 14: Thí nghiệm mạch cầu cân bằng

3. Đấu Galvanometer (GA) vào mạch. Điều chỉnh R_S đến giá trị khi GA chỉ bằng không ($I_g = 0$) \Rightarrow Cầu đã ở trạng thái cân bằng.



Hình 14.3. Sơ đồ nối dây cho bài thí nghiệm mạch cầu cân bằng

4. Khi cầu cân bằng, đo điện áp rơi trên điện trở R_A , R_B , R_X và R_S . Nhận xét kết quả đo được.

Ghi nhớ: Từ trạng thái cân bằng của cầu, ta có:

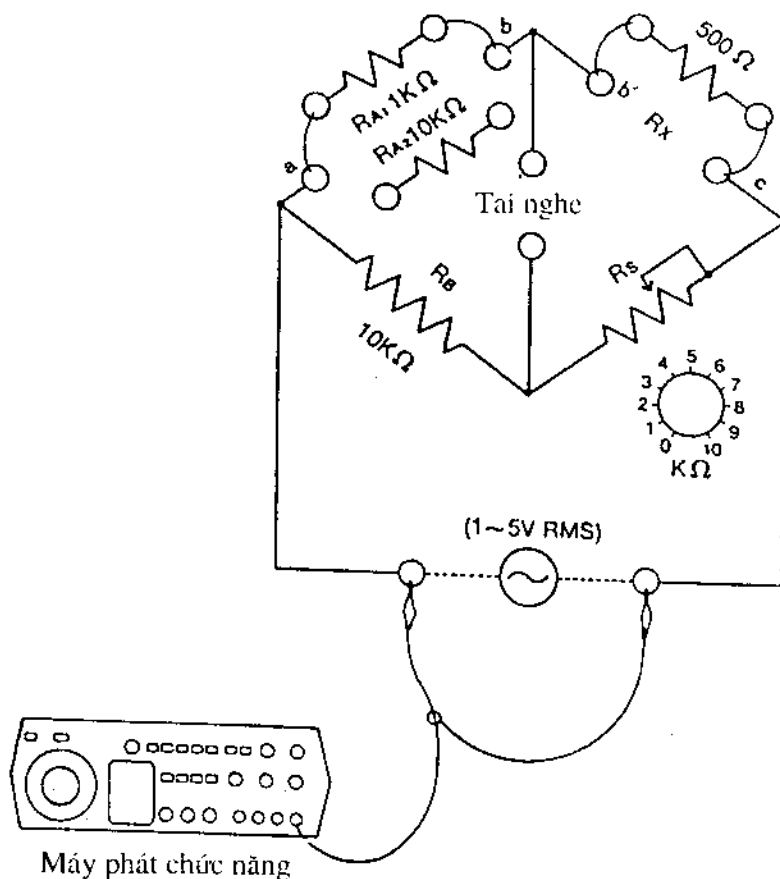
$$\begin{aligned}
 U_{RB} - U_{RA} &= 0 & U_{b-c} &= 0 \text{ và } I_g = 0 \\
 U_{RA} &= I_X R_A & \text{và} & & U_{RB} &= I_S R_B \\
 I_X &= \frac{U_B}{R_A + R_X} & \text{và} & & I_S &= \frac{U_B}{R_B + R_S}
 \end{aligned}$$

5. Điều chỉnh R_S theo chiều ngược chiều kim đồng hồ, đo U_{b-c} bằng đồng hồ vạn năng. Nhận xét và giải thích kết quả đo được.

6. Đấu $R_X = 10k\Omega$ vào mạch, điều chỉnh R_S để cầu cân bằng trở lại và cắm vào hai đầu của R_X ; quan sát số chỉ của Galvanometer. Có nhận xét gì về hiện tượng xảy ra và hãy giải thích tại sao?

7. Đặt máy phát chức năng ở chế độ sóng hình sin 1000Hz, 5VRMS và nối đầu ra của máy phát theo hình 14.4. Nối R_{A1} ($1k\Omega$) và R_X (500Ω) vào như sơ đồ.

8. Nối tai nghe với cọc đầu tai nghe (earphone) trên bảng thí nghiệm. Điều chỉnh R_S đến khi không nghe thấy tiếng ồn. Hãy giải thích hiện tượng? Kiểm tra lại bằng tính toán.



Hình 14.4. Sử dụng tín hiệu âm thanh để kiểm tra sự cân bằng của cầu

9. Nếu nối điện trở R_X có giá trị nằm trong dãy từ 200Ω đến $10k\Omega$ vào cọc đầu, thì giá trị của R_A phải thay đổi như thế nào để cầu cân bằng? Lấy 3 giá trị của R_X để tính toán.

Chú ý: Mục đích việc thay đổi R_A là để đưa cầu về trạng thái cân bằng. Nếu phạm vi các trị số của R_A có thể thay đổi được trong một dải rộng, thì giới hạn có thể đo được của điện trở chưa biết cũng được mở rộng.

5. Tóm tắt

- Trong sơ đồ, mỗi một thay đổi của một phần tử của cầu sẽ làm cho cầu mất trạng thái cân bằng.

- Cầu được sử dụng trong bài tập cầu Wheatstone. Cầu có thể sử dụng với nguồn một chiều cũng như xoay chiều. Khi cầu cân bằng, không có một tín hiệu nào xuất hiện tại các cọc đầu dây.

- Trạng thái cân bằng của cầu không phụ thuộc vào độ lớn của điện áp nguồn. Tuy nhiên, khi cầu làm việc với điện trở lớn hay tín hiệu cảm ứng cực nhỏ thì cần thiết phải có điện áp nguồn lớn hơn hay Galvanometer có độ nhạy cao hơn.

Bài tập thực hành

1. Hãy nêu điều kiện cân bằng của cầu điện trở.
2. Sử dụng cầu điện trở của bài thí nghiệm để đo giá trị của các điện trở sau:

Số điện trở	Giá trị ghi trên điện trở	Giá trị đo được
R_1		
R_2		
R_3		
R_4		
R_5		

3. Giải thích tại sao khi sử dụng cầu đo điện trở để đo các điện trở lớn lại yêu cầu nguồn E_B lớn hoặc GA có độ nhạy cao?

Bài 15

CHỈNH LƯU MỘT PHA

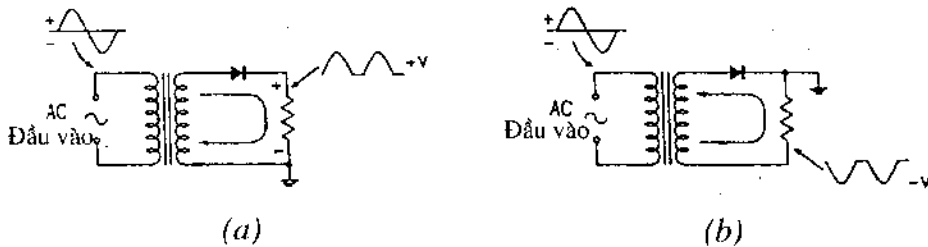
1. Mục đích

- Giải thích được nguyên lý làm việc của các bộ chỉnh lưu một pha.
- Vẽ được các dạng đồ thị của dòng điện một chiều sau chỉnh lưu.

2. Ôn tập các kiến thức cơ bản

Như ta đã biết, dòng điện xoay chiều có thể thay đổi dễ dàng nên hầu hết người ta đều sử dụng các máy phát điện xoay chiều. Tuy nhiên, trong kỹ thuật điện tử, hầu hết các mạch điện lại đều sử dụng dòng điện một chiều. Vì vậy, cần thiết phải biến đổi (chỉnh lưu) dòng điện xoay chiều thành dòng điện một chiều.

Dạng đơn giản nhất của chỉnh lưu là sử dụng Diode một pha như hình vẽ 15.1.

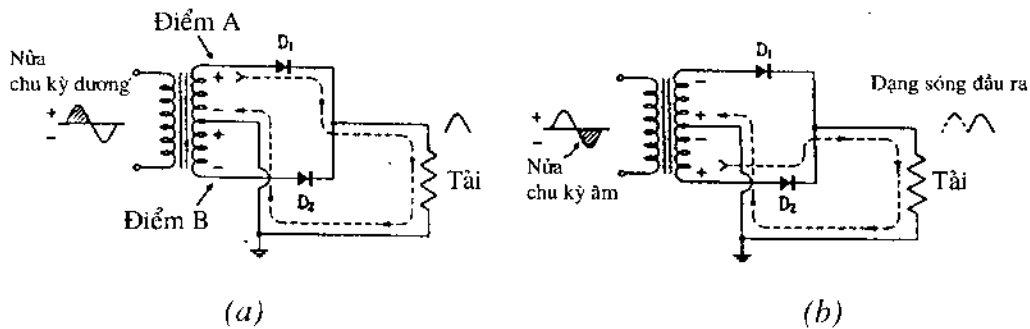


Hình 15.1. Sơ đồ chỉnh lưu nửa chu kỳ

a) Nửa dương của chu kỳ; b) Nửa âm của chu kỳ

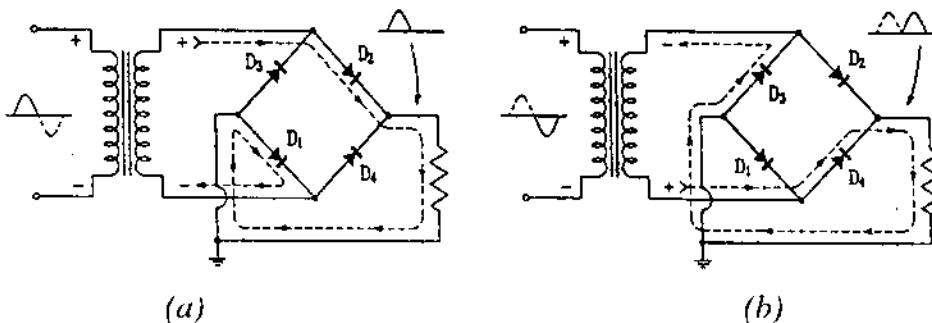
Tính chất cơ bản của Diode là chỉ cho dòng điện đi theo một chiều. Vì vậy, như hình 15.1a, chỉ có nửa chu kỳ dương của điện áp đầu vào xuất hiện trên tải. Ở hình 15.1b, không có tín hiệu đầu ra xuất hiện trên tải vì nửa chu kỳ âm của tín hiệu đầu vào bị loại bỏ do Diode đã khoá.

Hình 15.2. là sơ đồ chỉnh lưu cả chu kỳ. Sơ đồ này chỉnh lưu cả hai nửa sóng của tín hiệu đầu vào với việc sử dụng một máy biến áp có điểm giữa ở cuộn dây thứ cấp.



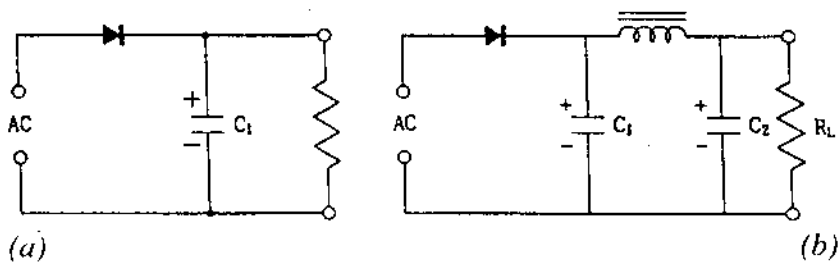
Hình 15.2. Chỉnh lưu cả chu kỳ sử dụng MBA có điểm giữa
 a) Nửa dương của chu kỳ; b) Nửa âm của chu kỳ

Một dạng khác của chỉnh lưu cả chu kỳ được thể hiện ở hình 15.3. Đây là mạch chỉnh lưu cầu hai nửa chu kỳ. Sơ đồ này hiệu quả hơn vì sử dụng toàn bộ cuộn dây thứ cấp của máy biến áp trong suốt thời gian làm việc.

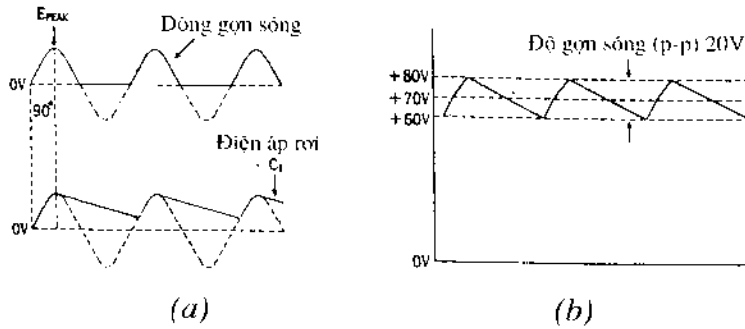


Hình 15.3. Chỉnh lưu cầu một pha
 a) Nửa dương của chu kỳ; b) Nửa âm của chu kỳ

Dạng điện áp đầu ra sau khi chỉnh lưu là dạng sóng nên phải lọc. Bộ lọc phổ biến được sử dụng trong mạch chỉnh lưu được thể hiện ở hình 15.4 và dạng sóng đầu ra ở hình 15.5.



Hình 15.4. Sơ đồ của bộ lọc trong mạch chỉnh lưu
 a) Bộ lọc dùng tụ điện; b) Bộ lọc hình Pi (π)



Hình 15.5. Sơ đồ của dạng sóng đầu ra
 a. Khi dùng bộ lọc là tụ điện; b. Khi dùng bộ lọc hình P_i (π)

Trong hình 15.4a, giá trị nhỏ nhất của tụ điện được xác định bởi công thức sau:

$$C_{\min} = \frac{1}{2\pi \cdot K \cdot R_L \cdot f}$$

Trong đó:

$$K = \frac{\text{Giá trị hiệu dụng của điện áp gọn sóng } U_{\text{RMS}}}{\text{Giá trị trung bình của điện áp đầu vào bộ chỉnh lưu}}$$

R_L : điện trở tải.

f : tần số.

$$\text{Giá trị trung bình của điện áp} = U_{p-p} \cdot \frac{2}{\pi}; \quad U_{p-p} = U_{\text{RMS}} \cdot \sqrt{2}$$

3. Vật tư - thiết bị dùng cho bài thí nghiệm

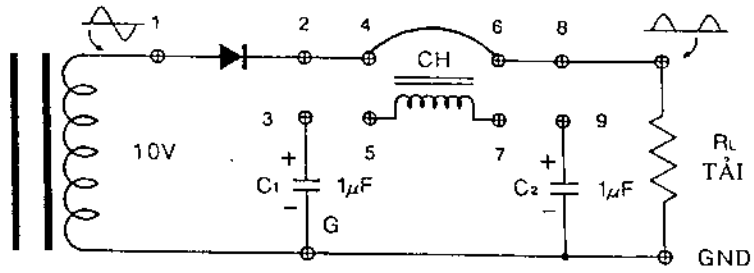
- Bàn thí nghiệm
- Bảng thí nghiệm N⁰-15: CHỈNH LƯU MỘT PHA
- Máy hiện sóng hai tia
- Đồng hồ vạn năng hiện số
- Dây nối.

4. Quy trình thực hiện

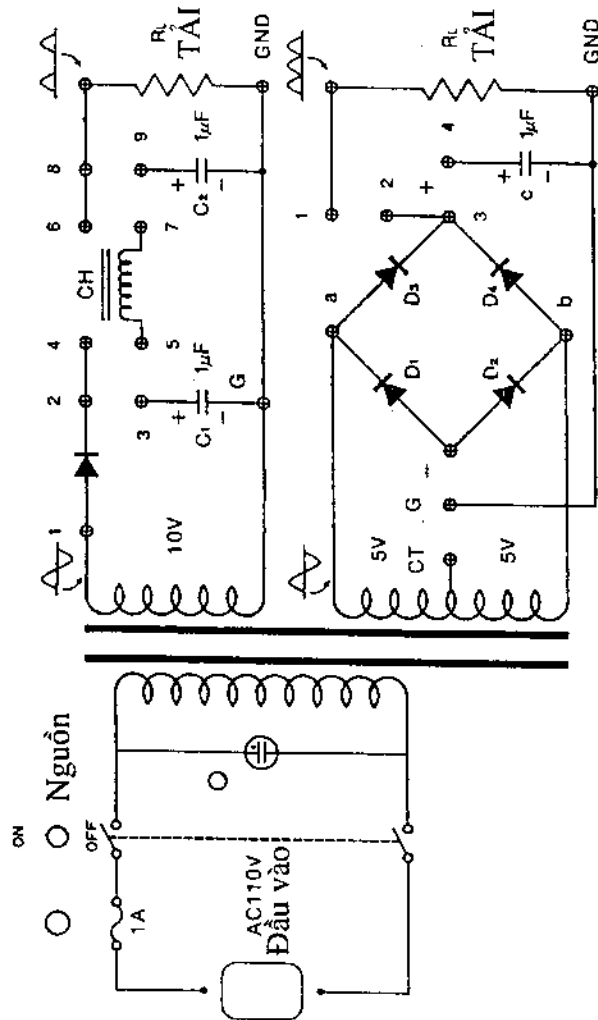
1. Lắp bảng N⁰-15 lên bàn thí nghiệm (hình 15.7); đưa công tắc nguồn phía bên trái bảng về vị trí OFF và đấu điện áp xoay chiều 110V vào bảng.

* Thí nghiệm về chỉnh lưu một pha hai nửa chu kỳ

2. Nối đầu ra cuộn thứ cấp của máy biến áp như hình 15.6. (không sử dụng mạch lọc).



Hình 15.6. Sơ đồ nối dây bước 2

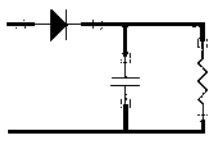
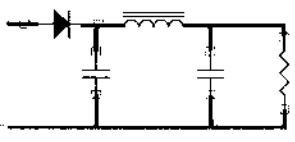


Hình 15.7. Bảng N^o - 15: Thí nghiệm về chỉnh lưu một pha

3. Đặt thang đo CH-1 của máy hiện sóng ở vạch AC (5V/ cm); đưa que đo CH-1 vào hai đầu giữa 1 và G và quan sát dạng sóng (đầu vào bộ chỉnh lưu). Điều chỉnh núm xoay đầu vào CH-2 ở thang đo một chiều (DC) và đặt hai đầu que đo vào tải R_L .

Chú ý: Cực nối đất của cả hai que đo phải được đặt đúng theo sơ đồ.

4. Bật công tắc nguồn sang vị trí ON; quan sát dạng sóng và vẽ vào cột "Không lọc" ở bảng sau.

	Không lọc		
Dạng sóng đầu vào		Điện áp U_{p-p}	Điện áp U_{p-p}
Dạng sóng đầu ra (trên R_L)			

5. Quan sát dạng sóng đầu ra với mỗi sơ đồ của bộ lọc trên máy hiện sóng. Vẽ dạng sóng đầu ra vào bảng trên. Ghi lại giá trị điện áp gợn sóng trong mỗi trường hợp. Có nhận xét gì về dạng sóng vẽ được?

6. Tính và so sánh thông số độ gợn sóng của hai trường hợp sử dụng mạch lọc, từ việc đo điện áp đỉnh-đỉnh (U_{p-p}) ở bước 5. Độ gợn sóng được tính như sau:

$$\text{Độ gợn sóng } K = \frac{\text{Giá trị hiệu dụng của điện áp gợn sóng } U_{RMS}}{\text{Giá trị TB của điện áp đầu vào bộ chỉnh lưu}} \times 100\%$$

Trong đó:

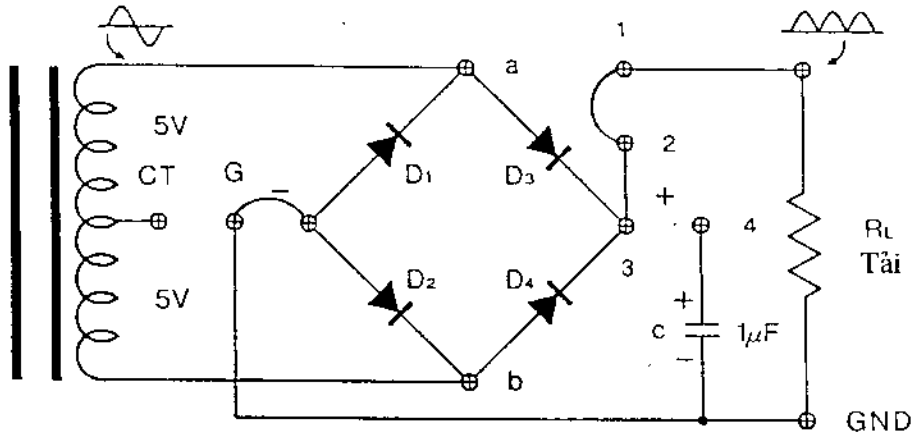
$$\text{Giá trị hiệu dụng của điện áp gợn sóng: } U_{RMS} = \frac{U_{p-p}}{2\sqrt{2}}$$

$$\text{Giá trị trung bình của điện áp đầu vào bộ chỉnh lưu} = \frac{U_2 \cdot 2 \cdot \sqrt{2}}{\pi}$$

* *Thí nghiệm về chỉnh lưu một pha cả chu kỳ*

7. Tắt công tắc nguồn về vị trí OFF. Đấu lại cuộn dây của máy biến áp như hình 15.8.

Chú ý: Đây là sơ đồ chỉnh lưu cầu (chưa sử dụng tụ lọc ở bước này).



Hình 15.8. Sơ đồ nối dây thí nghiệm chỉnh lưu cầu

8. Đặt thang đo của CH-1 ở vạch AC (5V/cm) và nối CH-1 với "a" và "b" để đo tín hiệu AC đầu vào bộ chỉnh lưu.

Chú ý: Không nối que đo CH-2 vào hai đầu R_L vì que đo CH-1 đã có dây nối đất nối với cọc "b".

9. Bật công tắc nguồn lên vị trí ON. Đo dạng sóng đầu vào bộ chỉnh lưu và vẽ vào bảng sau.

Dạng sóng đầu vào (AC)	Dạng sóng trên R_L (không có tụ C)	Dạng sóng trên R_L (có tụ C)
		$U_{p-p} =$

10. Sử dụng que đo CH-1 để đo dạng sóng của điện áp trên R_L và vẽ vào bảng trên.

11. Nối tụ lọc C vào sơ đồ (nối đầu 3 và 4). Vẽ vào bảng dạng sóng đầu ra trên R_L . Ghi lại giá trị điện áp gợn sóng đỉnh - đỉnh (U_{p-p}).

12. Tính độ gợn sóng ở bước 11. So sánh với độ gợn sóng ở bước 6 (chỉnh lưu nửa chu kỳ có tụ lọc và chỉnh lưu cả chu kỳ có tụ lọc). Giải thích tại sao trường hợp chỉnh lưu cả chu kỳ có độ gợn sóng tốt hơn.

5. Tóm tắt

- Điện áp gợn sóng U_{p-p} tỷ lệ nghịch với giá trị của tụ lọc. Tuy nhiên nếu tụ quá lớn có thể gây ra dòng phóng lớn khi đóng điện.

- Giá trị của tụ C có thể giảm một cách đáng kể khi bộ lọc có cuộn cảm đầu nối tiếp ở đầu vào. Hầu hết các bộ nguồn một chiều được chỉnh lưu từ xoay chiều nếu không có điều chỉnh điện áp đều sử dụng phương pháp dùng cuộn cảm làm bộ lọc.

- Giá trị nhỏ nhất của tụ C trong bộ lọc tỷ lệ nghịch với tần số. Trong chỉnh lưu cả chu kỳ, đối với lưới có tần số 60Hz thì tần số gợn sóng là 120Hz. Vì vậy, tụ lọc C chỉ cần trong chỉnh lưu nửa chu kỳ.

Bài tập thực hành

1. Nêu điều kiện để Diode mở và vẽ đường đặc tính Vôn - Ampe của Diode.
2. So sánh ưu - nhược điểm của chỉnh lưu cả chu kỳ khi sử dụng mạch 2 Diode và mạch cầu.

Bài 16

SỨC ĐIỆN ĐỘNG CẢM ỨNG

1. Mục đích

- Nắm được điều kiện tạo ra sức điện động cảm ứng.
- Giải thích được nguyên lý làm việc của máy phát điện xoay chiều (một ứng dụng của sức điện động cảm ứng).

2. Ôn tập các kiến thức cơ bản

2.1. Sức điện động cảm ứng

Cuộn dây trong máy biến áp chuyển đổi năng lượng điện từ cuộn dây này sang cuộn dây khác thông qua từ thông móc vòng. Trong máy biến áp hai cuộn dây, cuộn dây sơ cấp và thứ cấp được cách ly với nhau. Nhờ có từ thông móc vòng trong lõi thép và việc xuất hiện sức điện động cảm ứng nên khi cuộn dây sơ cấp có dòng điện xoay chiều thì cuộn dây thứ cấp cũng có dòng xoay chiều. Độ hồ cảm chung giữa cuộn sơ cấp và thứ cấp được xác định:

$$M = K \cdot \sqrt{L_1 \cdot L_2} \text{ (Henry)} \quad \text{hoặc} \quad M = \frac{N_2 \cdot \phi}{i_1} \text{ (Henry)}$$

Trong đó:

L_1 và L_2 : Hệ số tự cảm của cuộn dây sơ cấp và thứ cấp.

K : Hệ số liên hệ.

i_1 : Dòng điện sơ cấp.

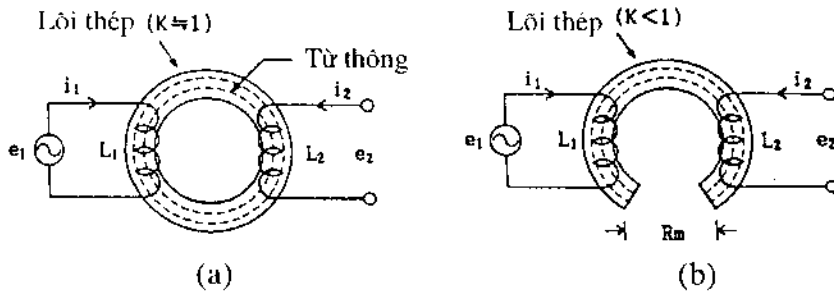
N_2 : Số vòng cuộn thứ cấp.

ϕ : Từ thông móc vòng.

Khi không có từ thông tổn hao giữa cuộn dây sơ cấp và cuộn thứ cấp thì hệ số $K = 1$. Tuy nhiên, trong máy biến áp, rất khó có thể loại trừ từ thông tổn hao. Việc thiết kế máy biến áp tốt sẽ đạt hiệu quả $K \approx 1$ nếu thực hiện được các yêu cầu sau đây:

1. Hai cuộn dây phải đặt gần nhau đến mức có thể. Các vòng dây của một cuộn dây phải được quấn đồng tâm.

2. Lõi thép không có khe hở không khí sẽ làm cho từ thông móc vòng liên tục như hình 16.1.



Hình 16.1. Từ thông móc vòng trong lõi thép

a) Lõi thép có từ trở thấp; b) Lõi thép có từ trở cao vì có khe hở không khí (R_m)

Điện áp cảm ứng được sinh ra trong cuộn dây thứ cấp là:

$$e_2 = -M \frac{di_1}{dt} (V)$$

Điện áp e_2 tỷ lệ thuận với M và dòng điện i trong cuộn thứ cấp và tỷ lệ nghịch với thời gian.

2.2. Sự tạo ra sức điện động cảm ứng trong trường điện từ

Theo như lý thuyết đã học, sức điện động cảm ứng đòi hỏi sự biến đổi của tín hiệu đầu vào. Trong phần này, ta nghiên cứu sự tạo ra sức điện động cảm ứng trong từ trường một chiều (hay từ trường của nam châm vĩnh cửu).

Nguyên tắc cơ bản của sự tạo ra sức điện động cảm ứng trong từ trường một chiều là cho khung dây chuyển động ở hình 16.2.

Khung dây quay được gọi là phần ứng, khi quay sẽ cắt từ trường đều và tạo ra sức điện động cảm ứng. Độ lớn của sức điện động cảm ứng được xác định:

$$e = N \cdot \frac{d\phi}{dt} = N \cdot \omega \cdot \phi_m \cdot \cos \omega t (V)$$

Trong đó:

N : Số vòng dây của khung dây

Φ_m : Từ thông cực đại khi cuộn dây cắt qua từ trường.

ω : Vận tốc góc = $2\pi f$



Hình 16.2. Sự tạo ra sức điện động cảm ứng trong từ trường tĩnh
(từ trường của nam châm vĩnh cửu)

Như vậy, khi khung dây (phần ứng) quay đi một góc 90° thì sức điện động cảm ứng sẽ đạt giá trị lớn nhất. Khi phần ứng quay với tốc độ biến thiên của tần số f thì giá trị hiệu dụng của sức điện động cảm ứng được tính:

$$E = \frac{E_m}{\sqrt{2}} = \frac{2\pi}{\sqrt{2}} f \cdot N \cdot \phi_m = 4,44 \cdot f \cdot N \cdot \phi_m \text{ (V)}$$

Trong đó: E_m là giá trị cực đại của sức điện động cảm ứng.

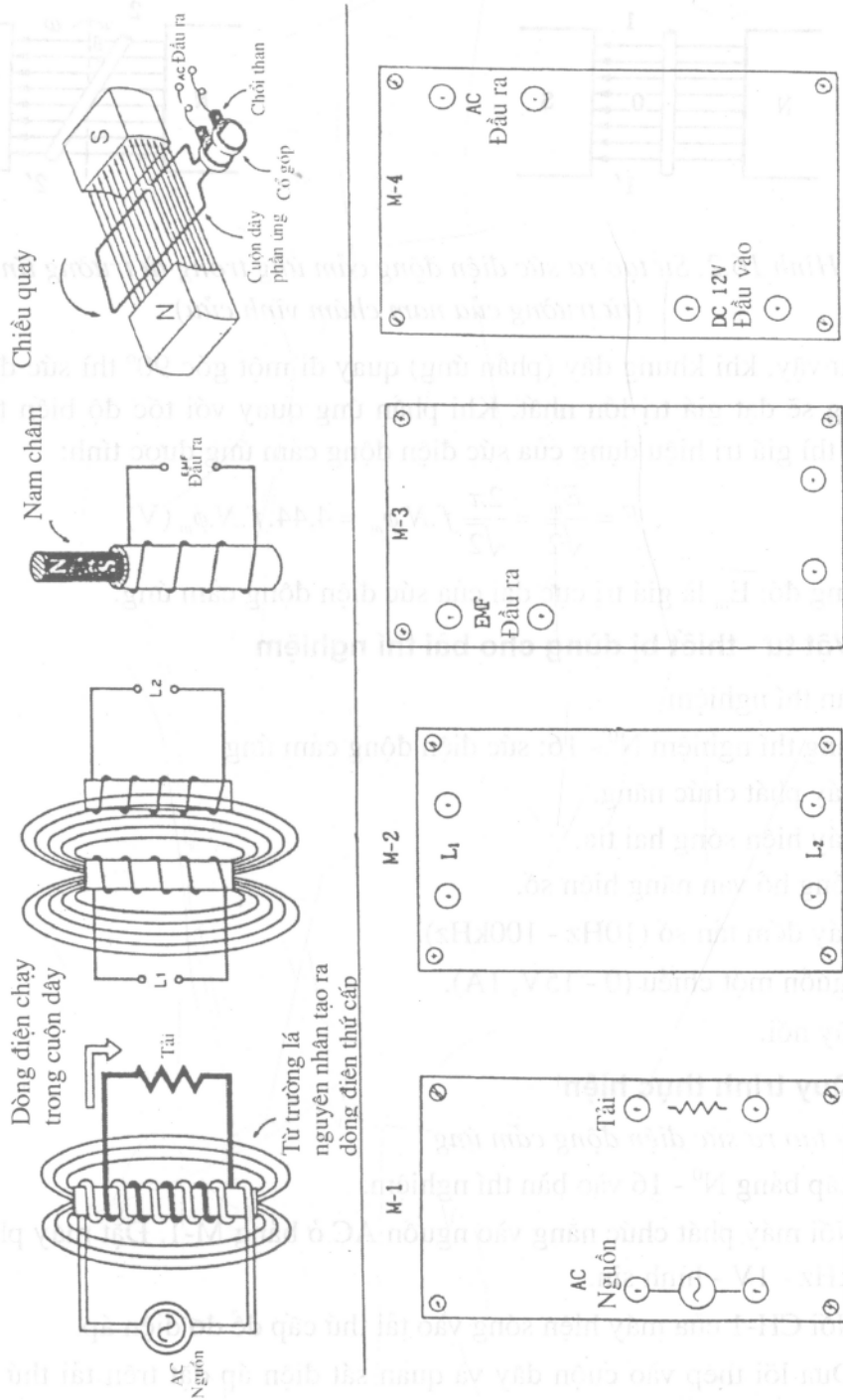
3. Vật tư - thiết bị dùng cho bài thí nghiệm

- Bàn thí nghiệm
- Bảng thí nghiệm N⁰ - 16: sức điện động cảm ứng
- Máy phát chức năng.
- Máy hiện sóng hai tia.
- Đồng hồ vạn năng hiện số.
- Máy đếm tần số (10Hz - 100kHz).
- Nguồn một chiều (0 - 15V, 1A).
- Dây nối.

4. Quy trình thực hiện

* Sự tạo ra sức điện động cảm ứng

1. Lắp bảng N⁰ - 16 vào bàn thí nghiệm.
 2. Nối máy phát chức năng vào nguồn AC ở bảng M-1. Đặt máy phát ở chế độ 100kHz - 1V - hình sin.
 3. Nối CH-1 của máy hiện sóng vào tải thứ cấp để đo điện áp.
 4. Đưa lõi thép vào cuộn dây và quan sát điện áp đặt trên tải thứ cấp trên màn hình của máy hiện sóng. Quan sát điện áp tăng, làm lại một lần nữa.
- Hãy rút ra kết luận từ thí nghiệm này.



Hình 16.3. Bảng N⁰-16: Thí nghiệm về sức điện động cảm ứng

Chú ý: Từ công thức tính sức điện động cảm ứng $e_2 = -K\sqrt{L_1 \cdot L_2} \cdot \frac{di_1}{dt}$

Ta thấy: nếu đưa lõi thép vào sâu trong cuộn dây có nghĩa là tăng hệ số K. Như vậy, e_2 sẽ tăng. Điều này chứng tỏ rằng e_2 phụ thuộc vào vị trí của lõi thép của cuộn dây.

5. Cấp tín hiệu hình sin - 3V - 1MHz cho cuộn dây L_1 của bảng M-2.

6. Nối que đo CH-1 của máy hiện sóng đến L_2 và điều chỉnh thang đo của máy hiện sóng để có thể quan sát được tín hiệu 3V - 1MHz.

7. Tách cuộn dây L_2 ra khỏi cuộn dây L_1 . Sau đó dần dần dịch chuyển cuộn dây L_2 về phía cuộn dây L_1 và quan sát điện áp cảm ứng trên cuộn L_2 trên màn hình của máy hiện sóng. Làm lại một lần nữa. Giải thích tại sao điện áp cảm ứng trên cuộn dây L_2 lại tăng nếu cuộn L_1 tiến đến gần cuộn L_2 .

Hãy rút ra kết luận từ thí nghiệm này.

** Sự tạo ra sức điện động cảm ứng trong từ trường của nam châm vĩnh cửu:*

8. Đặt thang đo CH-1 của máy hiện sóng ở 20mV một chiều, đặt thang đo thời gian ở 0,2s/div. Nối CH-1 đến cực đầu EMF OUTPUT trên M-3.

9. Ấn vào nút PUSH trên bảng M-3 (mục đích để cho nam châm chuyển động vào trong lòng cuộn dây) và quan sát hiện tượng trên màn hình máy hiện sóng. Tín hiệu xuất hiện trên màn hình là thể hiện thông số gì? Vì sao lại có thông số này?

10. Di chuyển nam châm vĩnh cửu nhanh hoặc chậm hơn và quan sát trên máy hiện sóng. Có nhận xét gì khi thay đổi tốc độ di chuyển của nam châm? Tại sao?

Hãy rút ra kết luận từ thí nghiệm này.

Chú ý: Tín hiệu xuất hiện trên máy hiện sóng chỉ thay đổi khi nam châm di chuyển. Vì vậy, khi nam châm di chuyển chậm đòi hỏi phải quan sát cẩn thận.

11. Xoay núm điều chỉnh nguồn cung cấp một chiều ngược chiều kim đồng hồ để điện áp đầu ra 0V. Nối nguồn cung cấp đến cực đầu dây DC 12V ở bảng M-4 (công tắc của nguồn phải để ở vị trí OFF). Nguồn này chính là nguồn cung cấp cho động cơ một chiều có Rôto là loại Rôto dây quấn.

12. Nối đồng hồ vạn năng hiện số vào cực đầu dây AC OUTPUT của M-4 và đặt đồng hồ ở thang đo 20V xoay chiều.

13. Nối máy đo tần số vào cực đầu dây AC OUTPUT. Đặt máy đo ở thang đo 60Hz.

14. Đóng công tắc nguồn cung cấp lên vị trí ON. *Tăng điện áp thật chậm.* Quan sát tần số và điện áp đầu ra của máy phát và điền vào bảng sau:

Tần số	20Hz	30Hz	40Hz	50Hz	60Hz
Điện áp					

15. Nối máy hiện sóng đến cực đầu dây của AC OUTPUT và quan sát dạng sóng đầu ra. Vẽ và giải thích dạng sóng thu được.

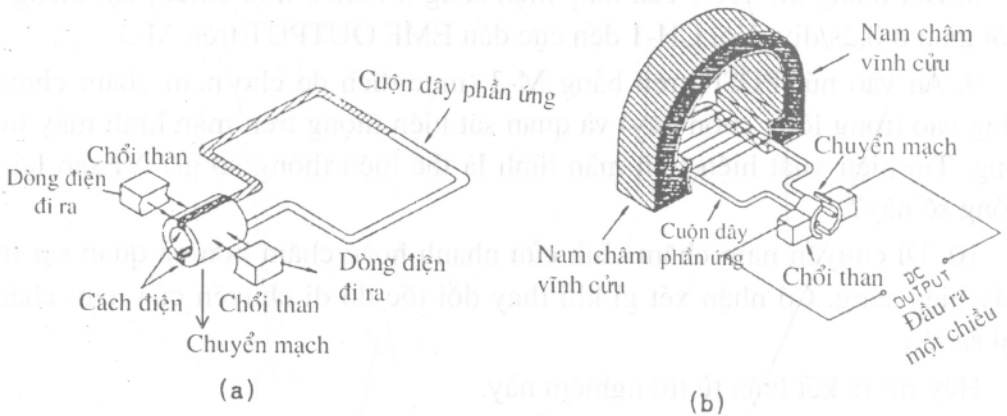
Hãy rút ra kết luận từ thí nghiệm này.

16. Điện áp đầu ra tỷ lệ với tần số của máy phát xoay chiều.

Hãy chứng minh phương trình sau:

$$e = N \cdot \omega \cdot \phi_{\max} \cdot \cos \omega t \quad \text{Trong đó } \omega = 2\pi f$$

17. Cấu tạo cơ bản của máy phát điện một chiều được thể hiện trong hình 16.4. So sánh sự khác nhau cơ bản giữa máy phát điện xoay chiều với máy phát điện một chiều.



Hình 16.4. Cấu tạo cơ bản của máy phát điện một chiều

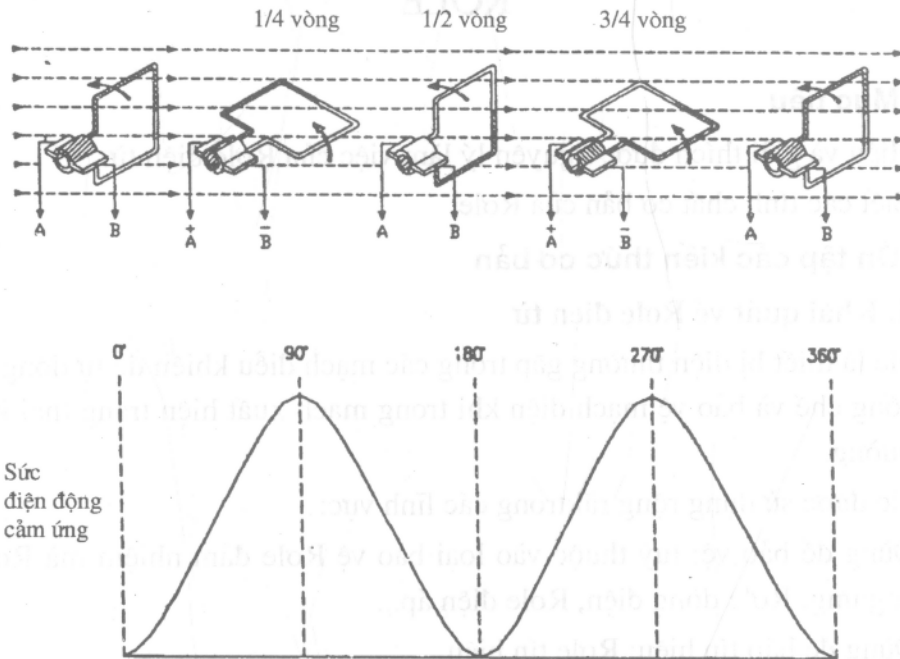
5. Tóm tắt

- Điện áp cảm ứng giữa hai cuộn dây tỷ lệ thuận với góc lệch giữa hai cuộn dây và tỷ lệ nghịch với từ trở R_m của lõi thép. R_m có thể có giá trị nhỏ nhất khi có được một lõi thép dẫn từ tốt đặt trong từ trường.

- Trong máy biến áp, sức điện động cảm ứng trên cuộn thứ cấp tỷ lệ thuận với cường độ dòng điện chạy trong cuộn sơ cấp (i_1) và tỷ lệ nghịch với thời gian biến thiên một chu kỳ của dòng điện. Chiều dòng điện ở cuộn thứ cấp ngược với chiều dòng điện ở cuộn sơ cấp.

Điện áp đầu ra của máy phát điện xoay chiều tỷ lệ với số vòng dây của phần ứng, độ mạnh của từ trường, số từ thông bị phân ứng cắt qua và tốc độ góc. Điện áp đầu ra còn thay đổi phụ thuộc vào vị trí tức thời của phần ứng. Vì thế, điện áp đầu ra của máy phát biến thiên theo sóng hình sin.

Máy phát điện một chiều làm việc giống nguyên tắc của máy phát điện xoay chiều. Tuy nhiên, máy phát điện một chiều có bộ chuyển đổi (cổ góp) được cấu tạo bằng hai nửa vành khuyên nên có thể biến đổi điện áp xoay chiều đầu ra thành điện áp một chiều hình 16.5.



Hình 16.5. Vị trí của khung dây phần ứng tại từng thời điểm trong máy phát điện một chiều

Bài tập thực hành

1. MBA có thể làm việc được ở lưới điện một chiều không? Vì sao? Nếu cứ duy trì điện áp một chiều ở cuộn dây sơ cấp thì sẽ có hiện tượng gì? Hãy giải thích?
2. Hãy nêu và giải thích sự khác nhau giữa máy phát điện một chiều và máy phát điện xoay chiều.

Bài 17

ROLE

1. Mục tiêu

- Hiểu và giải thích được nguyên lý làm việc của Role điện từ.
- Biết các tính chất cơ bản của Role.

2. Ôn tập các kiến thức cơ bản

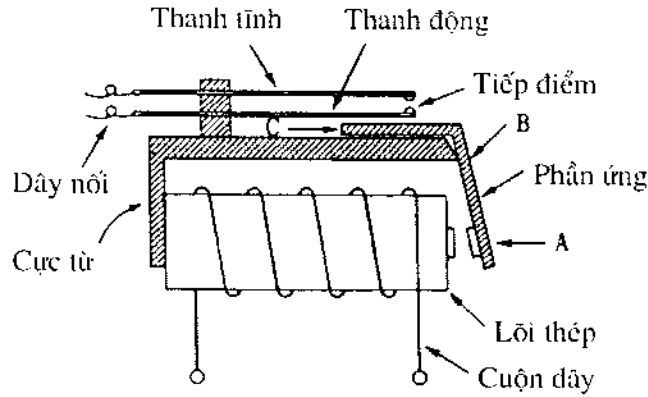
2.1. Khái quát về Role điện từ

Role là thiết bị điện thường gặp trong các mạch điều khiển để tự động đóng cắt, khống chế và bảo vệ mạch điện khi trong mạch xuất hiện trạng thái không bình thường.

Role được sử dụng rộng rãi trong các lĩnh vực:

- Dùng để bảo vệ: tùy thuộc vào loại bảo vệ Role đảm nhiệm mà Role có tên tương ứng: Role dòng điện, Role điện áp...
- Dùng để báo tín hiệu: Role tín hiệu.
- Dùng để phối hợp điều khiển với các thiết bị khác: Role trung gian
- Tránh cho con người phải tiếp xúc với điện áp cao. Điện áp cao hay dòng điện lớn được điều khiển từ dòng điện nhỏ của Role.
- Dùng để đóng hoặc cắt dòng điện trong các môi trường nguy hiểm.

Cấu tạo chính của Role trung gian được thể hiện trong hình 17.1. Cuộn dây khi có điện áp đặt vào sẽ tạo thành một nam châm điện để kéo phản ứng, làm cho các tiếp điểm đóng lại hoặc mở ra.

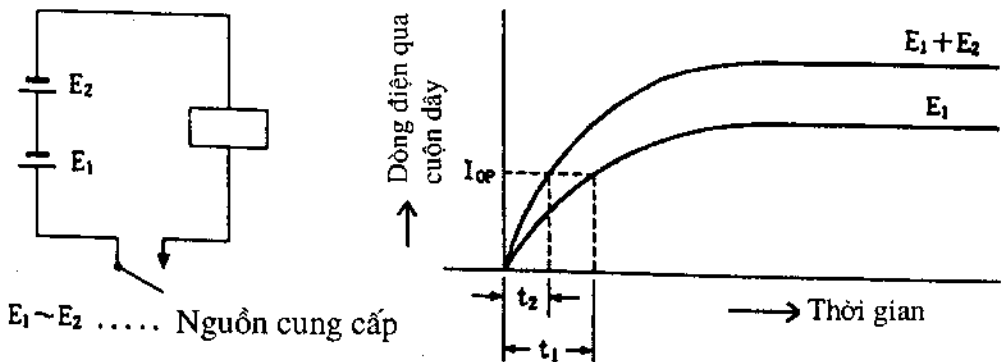


Hình 17.1. Cấu tạo của Role trung gian

Ghi nhớ: Trên thị trường hiện nay có nhiều loại Role. Hầu hết các Role đều có các thông số kỹ thuật sau:

- + Điện áp cuộn dây.
- + Điện trở và dòng điện định mức của cuộn dây.
- + Các tiêu chuẩn của tiếp điểm (dòng điện; điện áp và điện trở tiếp xúc).
- + Số tiếp điểm.
- + Dạng của tiếp điểm: NO - tiếp điểm thường mở (Normally open); NC - tiếp điểm thường đóng (Normally closed) hay các cặp tiếp điểm.
- + Thời gian đóng, mở.
- + Tuổi thọ của tiếp điểm (cơ khí và điện).

2.2. Điện áp và dòng điện của cuộn dây



Hình 17.2. Mối quan hệ giữa dòng điện và điện áp cuộn dây

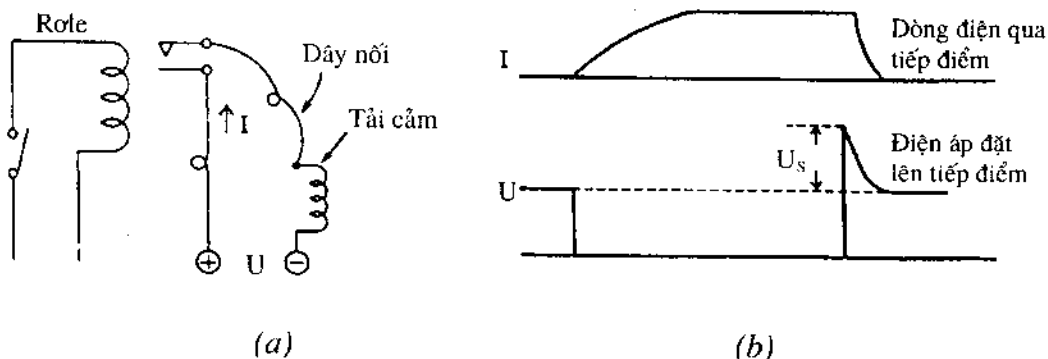
Mối quan hệ giữa dòng điện và điện áp của cuộn dây được thể hiện trong hình 17.2. Sự “chậm trễ” về thời gian của Rơle đều tuân theo hàm số mũ của điện áp và phụ thuộc vào điện trở của cuộn dây.

Chú ý: Trong đồ thị có điểm I_{OP} . Ở điểm này, dòng điện sinh ra lực điện từ có giá trị đủ lớn để bắt đầu hút phân ứng chuyển động. Thời gian để đạt đến điểm I_{OP} có thể giảm khi tăng điện áp cuộn dây trong giới hạn cho phép.

2.3. Các tiêu chuẩn của tiếp điểm

Dòng điện qua tiếp điểm phụ thuộc vào vật liệu chế tạo, diện tích mặt tiếp xúc và lực ấn vào tiếp điểm. Diện tích mặt tiếp xúc của tiếp điểm phải tăng theo cường độ dòng điện. Rơle có mặt tiếp xúc rộng được sử dụng với tải lớn.

Mối quan hệ giữa điện áp và dòng điện của tiếp điểm được thể hiện trong hình 17.3b.

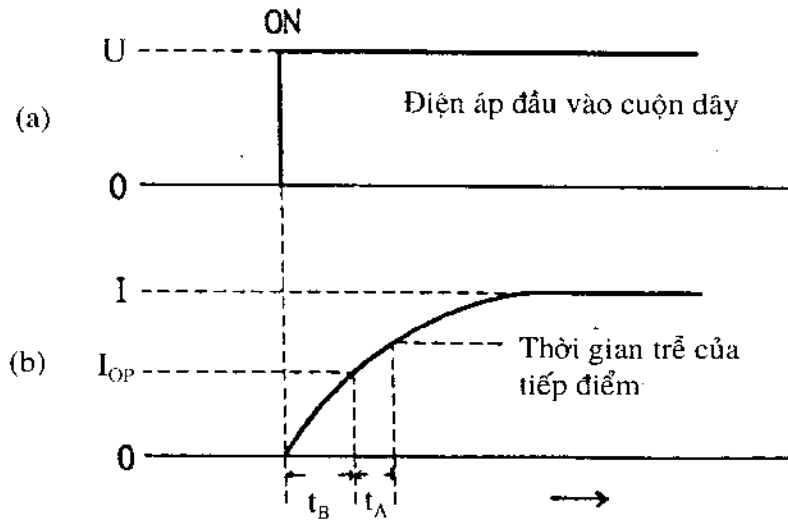


Hình 17.3. Đồ thị của dòng điện và điện áp trên tiếp điểm của Rơle

Do hiện tượng tự cảm trong các cuộn dây của Rơle nên tiếp điểm của Rơle sẽ chịu sự phóng điện của dòng điện cảm ứng khi tiếp điểm mở ra. Khi tải mang tính cảm, điện áp cảm ứng sẽ tăng lên. Chính điện áp tăng lên này là nguyên nhân gây ra sự hỏng hóc của tiếp điểm. Vì vậy, người ta đã sử dụng bộ triệt tiêu điện áp cảm ứng trong Rơle.

* Thời gian trễ

Vì cuộn dây mang tính cảm, nên có sự trễ giữa điện áp của cuộn dây và dòng điện qua tiếp điểm. Hiện tượng trễ được thể hiện trong hình 17.4.

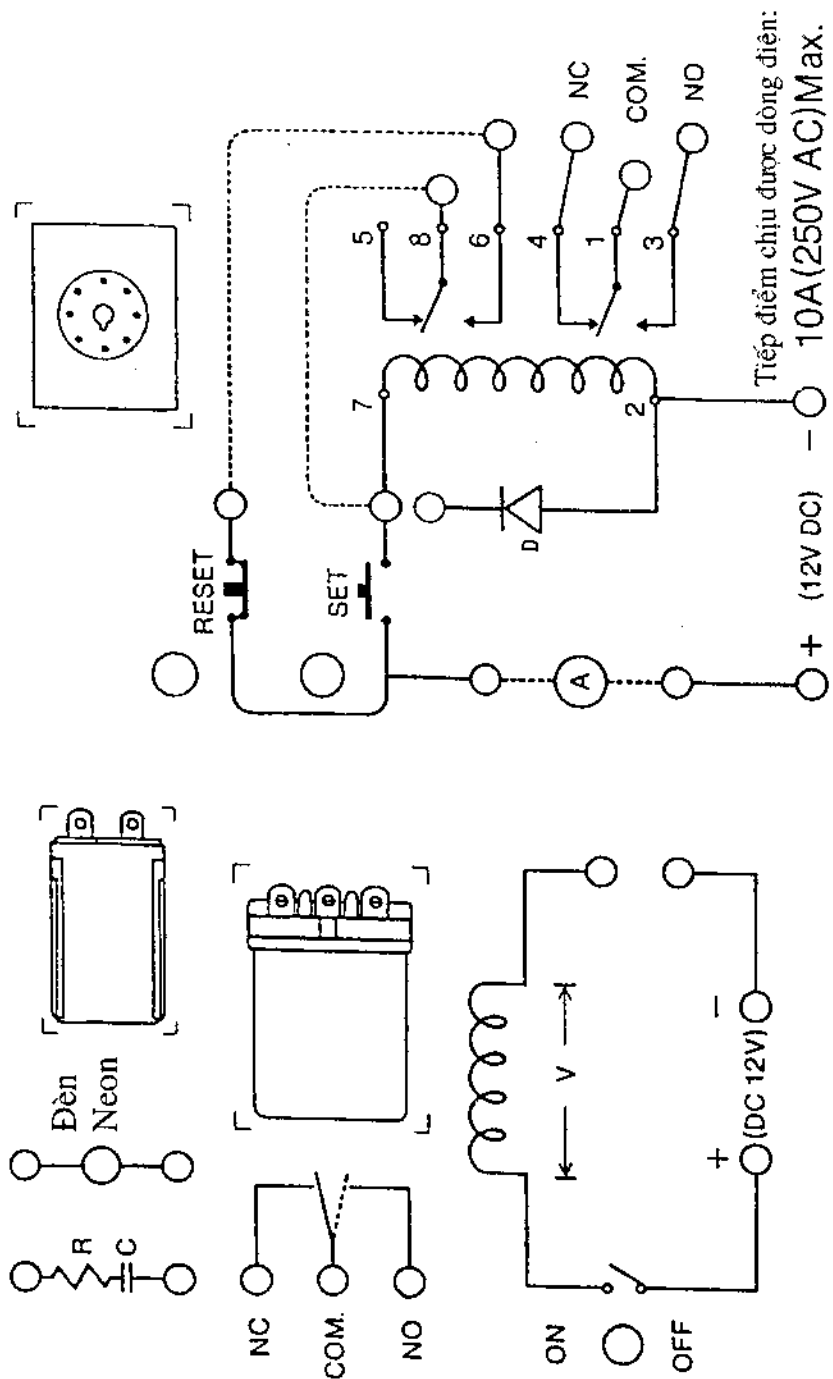


Hình 17.4. Đồ thị trễ giữa điện áp của cuộn dây và dòng điện qua tiếp điểm

Trong hình 17.4, t_B là thời gian tính từ khi cung cấp điện áp đến khi dòng điện đủ để gây ra lực hút điện từ. t_A là thời gian tính từ I_{OP} cho đến khi tiếp điểm đóng hoàn toàn. Vì vậy, t_A là thời gian trễ của Rôle. Thời gian trễ là một thông số quan trọng để xem xét trong các mạch điện cắt có tốc độ cao.

3. Vật tư - thiết bị dùng cho bài thí nghiệm

- Bàn thí nghiệm
- Bảng thí nghiệm N⁰ - 17: RÔLE
- Nguồn một chiều DC.
- Đồng hồ vạn năng hiện số.
- Đồng hồ đo tần số.
- Dây nối.



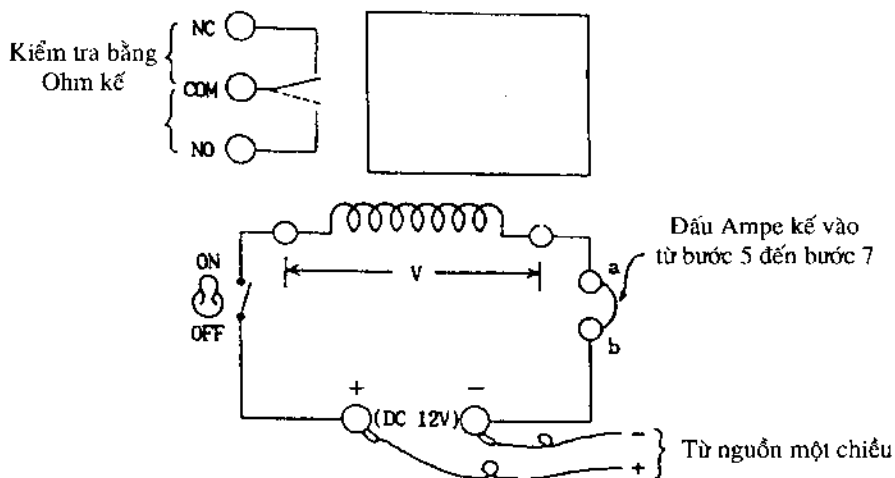
Hình 17.5. Bảng N^o - 17: Thí nghiệm về Role và mạch tự duy trì

4. Quy trình thực hiện

1. Lắp bảng N^o - 17 lên bàn thí nghiệm.

* Các tính chất của Role

2. Xem hình 17.5 và 17.6, cấp nguồn một chiều 12V vào hai đầu của cuộn dây (DC-12V) ở góc bên trái bảng. Để công tắc ở vị trí OFF.



Hình 17.6. Sơ đồ nối dây cho bài thí nghiệm về Role

3. Đặt đồng hồ vạn năng ở thang đo 200Ω và đo điện trở giữa NC với COM; NO với COM.

4. Bật công tắc sang vị trí ON, Role làm việc. Đo điện trở giữa NC với COM; NO với COM. Tiếp điểm nào đóng?

Ghi nhớ: Khi điện áp đặt vào cuộn dây bằng không, tiếp điểm thường mở NO sẽ mở và tiếp điểm thường đóng NC sẽ đóng.

5. Nối đồng hồ vạn năng đã đặt ở thang đo dòng một chiều 200mA vào giữa "a" và "b". Dùng đồng hồ đo điện trở để đo điện trở giữa cực đầu dây COM và NO khi nguồn DC là 12V. Ghi lại trị số dòng điện chạy qua cuộn dây Role.

6. Giảm từ từ nguồn một chiều cho đến khi đồng hồ đo điện trở chỉ hở mạch. Ghi lại trị số dòng điện và điện áp trên cuộn dây.

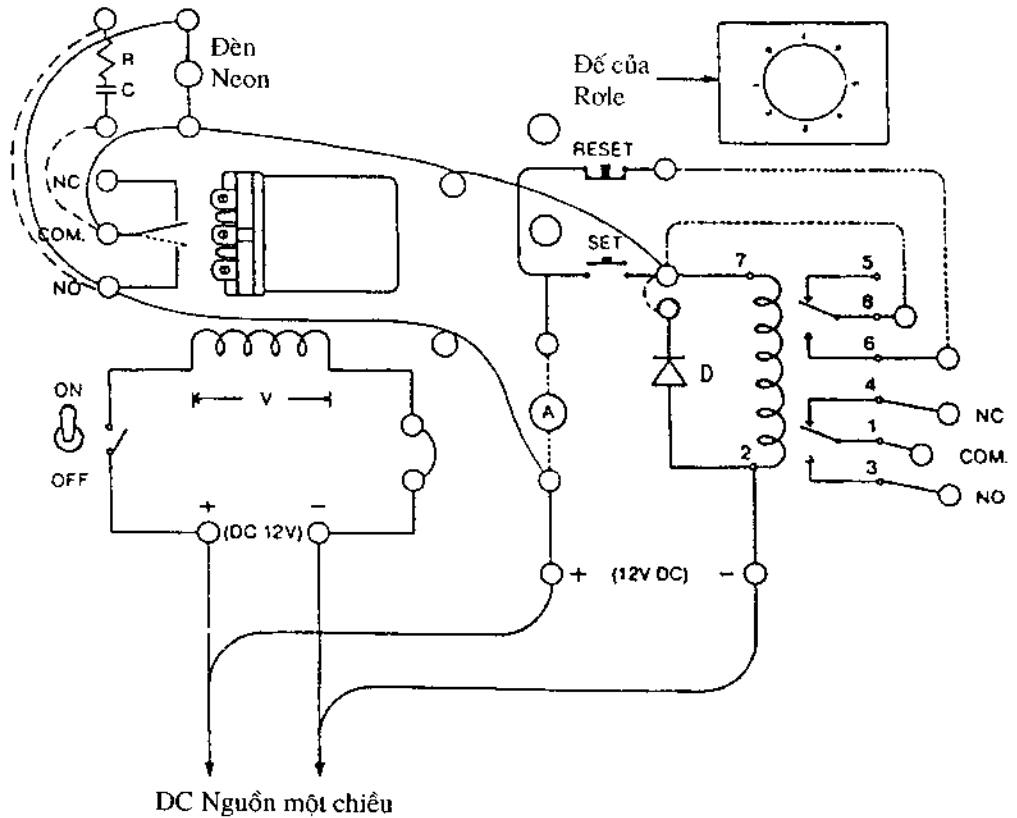
7. Tăng từ từ nguồn cung cấp cho đến khi tiếp điểm giữa COM và NO đóng lại. Ghi lại trị số dòng điện và điện áp trên cuộn dây. Gọi dòng điện này là dòng điện ngưỡng I_{OP} .

Rút ra kết luận gì khi so sánh bước 6 và 7?

** Thí nghiệm về tiếp điểm của Role*

8. Nối dây trên bảng thí nghiệm theo hình 17.7. Cắm Role vào để ở phía bên phải. Không nối Diode (D) trong trường hợp này.

9. Bật công tắc nguồn ở bên trái ON, OFF một vài lần và quan sát hiện tượng sáng của đèn Neon.



Hình 17.7. Sơ đồ nối dây cho bài thí nghiệm về tiếp điểm của Role

Nhận xét: Đèn Neon được nối với tiếp điểm NO ở bên trái bảng. Trong trường hợp đèn Neon sáng khi công tắc chuyển về vị trí OFF, có nghĩa là xuất hiện điện áp cảm ứng khoảng 50V qua tiếp điểm khi tiếp điểm mở ra. Điện áp cảm ứng này có được là do cuộn dây của Role sinh ra, giống như khi ta nối tải có tính chất cảm vào tiếp điểm.

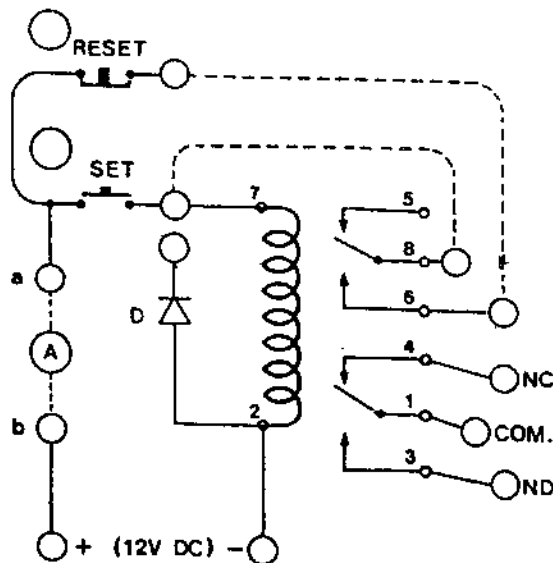
10. Thêm mạch R-C qua tiếp điểm (đường nét đứt). Bật công tắc một vài lần để quan sát đèn Neon. Giải thích tại sao đèn lại không sáng nữa.

Nguyên tắc giảm điện áp cảm ứng được giải thích: Tại thời điểm tiếp điểm bắt đầu mở, điện áp cảm ứng nạp vào tụ C qua R. Điện áp cảm ứng này sẽ phóng qua R khi tiếp điểm đóng. Điện trở R cần thiết để giảm dòng điện. Giá trị của R thường từ 100Ω đến 200Ω và tụ C khoảng từ $0,1\mu F$ đến $0,2\mu F$.

11. Nối dây theo sơ đồ hình 17.8 bên phải bảng, đồng hồ vạn năng đo dòng điện được đặt ở thang đo dòng điện một chiều $100mA$. Cấp nguồn một chiều $12V$ cho sơ đồ.

12. Dùng đồng hồ đo điện trở đặt ở chế độ kiểm tra thông mạch để đo thông mạch giữa COM và NO. Ấn nút SET và buông tay ra. Hãy giải thích tại sao Role vẫn làm việc?

13. Ấn nút RESET. Role quay về trạng thái ban đầu (không làm việc). Giải thích hiện tượng?

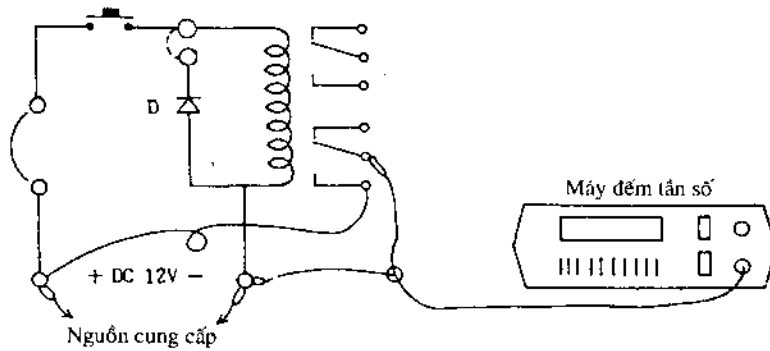


Hình 17.8. Thí nghiệm về mạch đóng mở Role

14. Bỏ dây nối giữa RESET với điểm số 6. Ấn nút SET, Role làm việc; buông tay ra, Role không làm việc. Giải thích hiện tượng?

15. Nối đồng hồ đo tần số như hình 17.9. Đồng hồ phải có khả năng đếm được trị số xung tổng.

16. Ấn nút SET để Role làm việc. Quan sát trị số xung trên đồng hồ. Hãy giải thích xem trị số đó có nghĩa gì?



Hình 17.9. Sơ đồ nối dây về thí nghiệm đo trị số xung

5.Tóm tắt

Bảng sau đây tóm tắt ký hiệu và tên tiếp điểm Role của một số nước:

Ký hiệu tiếp điểm			
Tên theo tiêu chuẩn Nhật Bản	1-make	1-break	break/make
Tên theo tiêu chuẩn Mỹ	SPST NO	SPST NC	SPDT hay 1P-2T
Tên theo tiêu chuẩn Hàn Quốc	NO	NC	TC
Tên theo tiêu chuẩn Việt Nam	Tiếp điểm thường mở	Tiếp điểm thường đóng	Cặp tiếp điểm

Trong đó:

S (Single): Đơn

D (Double): Kép

P (Pole): Cực

T (Transfer): Chuyển đổi

TC (Transfer contact): Cặp tiếp điểm

NO (Normal open): Tiếp điểm thường mở

NC (Normal closed): Tiếp điểm thường đóng.

- Dòng điện ngưỡng I_{OP} nhỏ hơn dòng tiêu chuẩn của tiếp điểm. Vì vậy, dòng điện dự trữ của Rơle có được là do sự khác nhau giữa dòng điện ngưỡng và dòng làm việc tiêu chuẩn. Dòng điện dự trữ là cần thiết để bù vào sự chênh lệch của dòng I_{OP} do nhiệt độ cuộn dây và lực ma sát gây ra.

- Đặc tính trễ của Rơle phải được xét đến trong mạch điện.

- Tiếp điểm sẽ xuất hiện hồ quang khi đóng hoặc mở. Tải có tính cảm làm cho tình trạng xấu hơn. Để cải thiện tình trạng này, nên kết hợp với một vài thiết bị có thể làm giảm điện áp cảm ứng trên tiếp điểm.

- Khi Rơle có nhiều tiếp điểm, sự làm việc khoá lẫn nhau phải được sử dụng trong bản thân Rơle. Các dạng mạch khoá được dùng trong mạch bảo vệ quá tải, mạch báo động hay mạch logic.

Bài tập thực hành

1. Hãy giải thích sự khác nhau giữa dòng điện và điện áp đo được trong bước 6 và 7?
2. Hãy nêu sự khác nhau và giải thích các bước 12 và 14.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. *Kỹ thuật điện* - Vụ Trung học chuyên nghiệp - Dạy nghề, Sách dùng cho các trường đào tạo hệ TNCN - Nhà xuất bản Giáo dục.
2. *Giáo trình điện dân dụng và công nghiệp* - Vụ Trung học chuyên nghiệp - Dạy nghề, sách dùng cho các trường đào tạo hệ THCN - Nhà xuất bản Giáo dục.
3. *Basic Electricity and Electronics KS - 2000E Experiment system* - KS System Co., LTD - Korea.
4. *Electric/Electronic Experiment set* - Dong Hai Technish Co., LTD - Korea.

MỤC LỤC

<i>Bài mở đầu</i>	5
Bài 1. ĐỊNH LUẬT OHM	7
Bài 2. ĐỊNH LUẬT KIRCHHOFF	12
Bài 3. ĐIỆN TRỞ ĐẤU SONG SONG VÀ NỐI TIẾP	20
Bài 4. VÒNG KẾ VÀ PHƯƠNG PHÁP ĐO ĐIỆN ÁP	25
Bài 5. AMPE KẾ VÀ PHƯƠNG PHÁP ĐO DÒNG ĐIỆN	32
Bài 6. OHM KẾ VÀ PHƯƠNG PHÁP ĐO ĐIỆN TRỞ	39
Bài 7. MÁY BIẾN ÁP MỘT PHA VÀ SỰ BIẾN ĐỔI ĐIỆN ÁP	46
Bài 8. MÁY BIẾN ÁP BA PHA VÀ PHƯƠNG PHÁP ĐẤU SAO, ĐẤU TAM GIÁC	56
Bài 9. ĐIỆN CẢM VÀ MẠCH R-L	61
Bài 10. CUỘN CẢM ĐẤU NỐI TIẾP VÀ SONG SONG	70
Bài 11. ĐIỆN DUNG VÀ MẠCH R-C	73
Bài 12. TỤ ĐIỆN ĐẤU NỐI TIẾP VÀ SONG SONG	83
Bài 13. MẠCH L-C VÀ HIỆN TƯỢNG CỘNG HƯỞNG	86
Bài 14. MẠCH CẦU CÂN BẰNG	96
Bài 15. CHỈNH LƯU MỘT PHA	102
Bài 16. SỨC ĐIỆN ĐỘNG CẢM ỨNG	109
Bài 17. ROLE	116
<i>Tài liệu tham khảo</i>	126

NHÀ XUẤT BẢN HÀ NỘI
SỐ 4 - TỔNG DUY TÂN, QUẬN HOÀN KIẾM, HÀ NỘI
ĐT: (04) 8252916, 8257063 - FAX: (04) 9289143

GIÁO TRÌNH
THÍ NGHIỆM ĐIỆN KỸ THUẬT
NHÀ XUẤT BẢN HÀ NỘI - 2007

Chịu trách nhiệm xuất bản

NGUYỄN KHẮC OÁNH

Biên tập

NGUYỄN HUỖN MAI

Bìa

TRẦN QUANG

Kỹ thuật vi tính

HẢI YẾN

Sửa bản in

PHẠM THU TRANG

In 550 cuốn, khổ 17x24cm, tại Nhà in Hà Nội - Công ty Sách Hà Nội. 67 Phó Đức Chính - Ba Đình - Hà Nội. Quyết định xuất bản: 160-2007/CXB/433GT-27/HN, số: 313/CXB ngày 02/3/2007. Số in: 417/2. In xong và nộp lưu chiểu quý III năm 2007.

**BỘ GIÁO TRÌNH XUẤT BẢN NĂM 2007
KHỐI TRƯỜNG TRUNG HỌC CÔNG NGHIỆP**

1. THỰC TẬP QUA BAN HÀN
2. THỰC TẬP QUA BAN NGUỘI
3. THỰC TẬP QUA BAN MÁY
4. AN TOÀN LAO ĐỘNG CHUYÊN NGÀNH SCKTTB
5. AN TOÀN LAO ĐỘNG CHUYÊN NGÀNH ĐIỆN
6. VẬT LIỆU ĐIỆN
7. ĐO LƯỜNG ĐIỆN
8. CƠ SỞ KỸ THUẬT ĐIỆN
9. ĐIỆN TỬ CÔNG SUẤT
10. MÁY CÔNG CỤ CẮT GỌT
11. ĐỒ GÁ
12. CÔNG NGHỆ CHẾ TẠO MÁY
13. TỔ CHỨC SẢN XUẤT
14. MÁY VÀ LẬP TRÌNH CNC
15. LÝ THUYẾT CHUYÊN MÔN TIỆN
16. SỬA CHỮA MÁY CÔNG CỤ
17. MÁY ĐIỆN
18. TRUYỀN ĐỘNG ĐIỆN
19. KHÍ CỤ ĐIỆN - TRANG BỊ ĐIỆN
20. CUNG CẤP ĐIỆN
21. KỸ THUẬT ĐIỀU KHIỂN LOGÍC VÀ ỨNG DỤNG
22. HƯỚNG DẪN ĐỒ ÁN CÔNG NGHỆ CTM
23. THỰC HÀNH CẮT GỌT KIM LOẠI
24. THỰC HÀNH SỬA CHỮA MÁY CÔNG CỤ
25. THÍ NGHIỆM ĐIỆN KỸ THUẬT
26. THÍ NGHIỆM MÁY ĐIỆN
27. THỰC TẬP ĐIỆN CƠ BẢN
28. TIẾNG ANH CHUYÊN NGÀNH SCKTTB
29. TIẾNG ANH CHUYÊN NGÀNH ĐIỆN
30. QUẢN TRỊ DOANH NGHIỆP
31. HƯỚNG DẪN ĐỒ ÁN TRANG BỊ ĐIỆN
32. HƯỚNG DẪN ĐỒ ÁN CUNG CẤP ĐIỆN
33. CƠ SỞ THIẾT KẾ MÁY
34. ĐỒ ÁN CƠ SỞ THIẾT KẾ MÁY (ĐỒ ÁN CHI TIẾT MÁY)
35. CẤU TRÚC DỮ LIỆU VÀ GIẢI THUẬT
36. LÝ THUYẾT TRUYỀN TIN
37. CƠ SỞ KỸ THUẬT TRUYỀN SỐ LIỆU
38. ASSEMBLY
39. THỰC TẬP CHUYÊN NGÀNH ĐIỆN
40. THỰC HÀNH PLC
41. FOXPRO



GT Thí nghiệm điện kỹ thuật



1111080000030

17,500