

SỞ LAO ĐỘNG - THƯƠNG BINH VÀ XÃ HỘI HÀ NỘI
TRƯỜNG TRUNG CẤP NGHỀ TỔNG HỢP HÀ NỘI

GIÁO TRÌNH

MÔN HỌC/MÔ ĐUN: ĐIỆN KỸ THUẬT

NGÀNH/NGHỀ: ĐIỆN CÔNG NGHIỆP

TRÌNH ĐỘ: TRUNG CẤP

*(Ban hành kèm theo Quyết định số: ... /QĐ-TCNTH ngày.....tháng
.....năm.....của Hiệu trưởng trường Trung cấp nghề Tổng hợp Hà Nội)*

Hà Nội, năm 2023

TUYÊN BỐ BẢN QUYỀN

Tài liệu này thuộc sách giáo trình nên các nguồn thông tin có thể được phép dùng nguyên bản hoặc trích đúng cho các mục đích về đào tạo và tham khảo.

Mọi mục đích khác mang tính lệch lạc hoặc sử dụng với mục đích kinh doanh thiếu lành mạnh sẽ bị nghiêm cấm.

LỜI GIỚI THIỆU

Giáo trình Điện kỹ thuật được xây dựng và biên soạn trên cơ sở chương trình khung đào tạo nghề Điện công nghiệp đã được tổng cục dạy nghề phê duyệt.

Giáo trình điện kỹ thuật dùng để giảng dạy ở trình độ Trung cấp được biên soạn theo nguyên tắc quan tâm đến: tính định hướng thị trường lao động, tính hệ thống và khoa học, tính ổn định và linh hoạt, hướng tới liên thông, chuẩn đào tạo nghề khu vực và thế giới, tính hiện đại và sát thực với sản xuất.

Nội dung giáo trình gồm 3 chương:

Chương 1: Mạch điện một chiều

Chương 2: Mạch điện xoay chiều một pha

Chương 3: Mạch điện xoay chiều ba pha

Áp dụng việc đổi mới trong phương pháp dạy và học, giáo trình đã biên soạn cả phần lý thuyết và bài tập áp dụng. Giáo trình được biên soạn theo hướng mở, kiến thức rộng và cố gắng chỉ ra tính ứng dụng của nội dung được trình bày. Trên cơ sở đó tạo điều kiện để các trường sử dụng một cách phù hợp với điều kiện cơ sở vật chất.

Trong quá trình biên soạn không tránh khỏi sai sót, ban biên soạn rất mong được sự góp ý của bạn đọc để giáo trình được hoàn thiện hơn.

Hà Nội, ngày tháng năm 2023

Tham gia biên soạn

MỤC LỤC

LỜI GIỚI THIỆU	3
MỤC LỤC	4
GIÁO TRÌNH MÔN HỌC	7
CHƯƠNG 1: MẠCH ĐIỆN MỘT CHIỀU	10
1. Những khái niệm cơ bản về mạch điện một chiều.....	10
1.1. Nguồn điện, dòng điện một chiều.....	11
1.2. Mạch điện một chiều	11
2. Các đại lượng đặc trưng quá trình năng lượng trong mạch điện.....	13
2.1. Dòng điện	13
2.2. Điện áp.....	18
2.3. Công suất	18
3. Mô hình mạch điện một chiều	19
3.1. Nguồn áp $u(t)$	19
3.2. Nguồn dòng $j(t)$	20
3.3. Phần tử điện trở.	20
3.4. Phần tử điện cảm	21
3.5. Phần tử điện dung.....	22
4. Các định luật của mạch điện	23
4.1. Định luật ôm	23
4.2. Định luật kirchhoff 1	25
4.3. Định luật kirchhoff 2	25
5. Các mạch cơ bản của kỹ thuật điện	25
5.1. Mạch mắc nối tiếp	25
5.2. Mạch mắc song song	28
5.3. Mạch mắc hỗn hợp	31
6. Bài tập áp dụng.....	32
CHƯƠNG 2: MẠCH ĐIỆN XOAY CHIỀU HÌNH SIN	34
1. Các định nghĩa về dòng điện hình sin.....	34
1.1. Dòng điện xoay chiều.....	34
1.2. Chu kỳ, tần số, tần số góc.....	35
2. Các đại lượng đặc trưng	36

2.1. Trị số tức thời.....	36
2.2. Trị số cực đại	36
2.3. Trị số hiệu dụng	36
3. Mạch xoay chiều thuần trở	38
3.1. Sơ đồ mạch điện	38
3.2. Quan hệ dòng áp:	38
4. Mạch xoay chiều thuần cảm.....	39
4.1. Sơ đồ mạch điện	39
4.2. Quan hệ dòng áp	39
5. Mạch xoay chiều thuần dung	40
5.1. Sơ đồ mạch điện	40
5.2. Quan hệ dòng áp:	40
6. Mạch xoay chiều R-L-C nối tiếp.....	41
6.1. Hiện tượng vật lý	41
6.2. Định luật ôm - Tổng trở - Tam giác trở kháng	42
7. Công suất dòng điện xoay chiều hình sin.....	44
7.1. Công suất tác dụng.....	44
7.2. Công suất phản kháng.....	45
7.3. Công suất biểu kiến	45
8. Bài tập áp dụng:	45
CHƯƠNG 3: MẠCH ĐIỆN XOAY CHIỀU BA PHA	49
1. Khái niệm chung	49
1.1. Hệ thống ba pha cân bằng.....	49
1.2. Nguyên lý tạo ra nguồn xoay chiều ba pha	49
1.3. Đặc điểm và ý nghĩa	51
2. Sơ đồ đấu dây mạch ba pha	51
2.1. Các định nghĩa	51
2.2. Mạch ba pha cân bằng nối sao	52
2.3. Mạch ba pha cân bằng nối tam giác.....	54
3. Công suất mạch ba pha cân bằng	56
3.1. Công suất tác dụng.....	56
3.2. Công suất phản kháng.....	57

3.3. Công suất biểu kiến	57
4. Phương pháp giải mạch ba pha cân bằng	59
5. Bài tập áp dụng:.....	60
TÀI LIỆU THAM KHẢO	66

GIÁO TRÌNH MÔN HỌC

Tên môn học: Điện kỹ thuật

Mã số của môn học: MH 13

Vị trí, tính chất, ý nghĩa và vai trò của môn học

- Vị trí: Môn học Điện kỹ thuật được bố trí học sau các môn học chung và học trước các môn học, mô đun chuyên môn nghề, sắp xếp học tập ở học kỳ 2.

- Tính chất: Là môn học kỹ thuật cơ sở, thuộc các môn học đào tạo nghề bắt buộc.

- Ý nghĩa và vai trò của môn học: Môn học Điện kỹ thuật nhằm trang bị cho học sinh những kiến thức cơ bản làm tiền đề để tìm hiểu những kiến thức về chuyên môn nghề điện công nghiệp.

Mục tiêu môn học

- Về kiến thức:

+ Trình bày các khái niệm, định luật cơ bản của mạch điện một chiều, xoay chiều một pha, xoay chiều ba pha

+ Phân biệt được các phần tử cơ bản của mạch điện.

- Về kỹ năng:

+ Tính toán các thông số kỹ thuật trong mạch điện một chiều, xoay chiều, mạch xoay chiều ba pha cân bằng.

+ Vận dụng được các phương pháp phân tích, biến đổi mạch để giải các bài toán về mạch điện hợp lý.

- Về năng lực tự chủ và trách nhiệm:

+ Rèn luyện được tính cẩn thận, chính xác, ham học hỏi chủ động trong công việc.

Nội dung của môn học:

Số TT	Tên chương, mục	Thời gian(giờ)			
		Tổng số	Lý thuyết	Thực hành, thí nghiệm, thảo luận, bài tập	Kiểm tra
1.	Chương 1: Mạch điện một chiều	15	05	09	01
	1. Những khái niệm cơ bản về mạch điện một chiều	02	01	01	
	2. Các đại lượng đặc trưng quá trình năng lượng trong mạch điện	02	01	01	
	3. Mô hình mạch điện một chiều	01	01		
	4. Các định luật mạch điện	02	01	01	
	5. Các biến đổi tương đương	02	01	01	
	6. Bài tập áp dụng	05		04	01
2.	Chương 2: Mạch điện xoay chiều một pha	25	10	14	01
	1. Các định nghĩa về dòng điện hình sin	01	01		
	2. Các đại lượng đặc trưng	01	01		
	3. Mạch xoay chiều thuần điện trở	03	01	02	
	4. Mạch xoay chiều thuần cảm	03	01	02	
	5. Mạch xoay chiều thuần dung	03	01	02	
	6. Mạch xoay chiều R-L-C nối tiếp	04	02	02	
	7. Công suất của dòng điện sin	04	02	02	
	8. Bài tập áp dụng	06	01	03	01
3.	Chương 3: Mạch điện xoay chiều ba pha	20	08	11	01
	1. Khái niệm chung	01	01		
	2. Sơ đồ đấu dây mạch ba pha	02	01	01	
	3. Công suất mạch điện ba pha cân bằng	04	02	02	

	4. Phương pháp giải mạch điện 3 pha cân bằng	08	03	05	
	5. Bài tập áp dụng	05	01	03	01
	Cộng:	60	23	34	03

CHƯƠNG 1: MẠCH ĐIỆN MỘT CHIỀU

Mã bài: MH 13 - 01

Giới thiệu:

Ở chương này ta sẽ làm quen với các khái niệm cơ bản về mạch điện một chiều, về các phương pháp giải mạch điện một chiều

Mục tiêu:

- Trình bày được kết cấu của mạch điện, các đại lượng đặc trưng trong quá trình năng lượng của mạch điện.
- Giải thích được cách xây dựng mô hình mạch điện, các phần tử chính trong mạch điện
- Tính toán được các thông số (dòng điện, điện áp, điện trở, công suất,...) trong mạch điện một chiều.
- Thực hành lắp các bài thí nghiệm các mạch điện một chiều
- Phát huy được tính cẩn thận, phương pháp học tư duy và nghiêm túc trong công việc.

Nội dung chính:

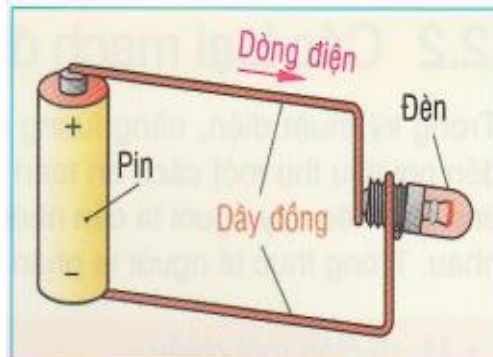
1. Những khái niệm cơ bản về mạch điện một chiều

Thí nghiệm: Hãy nối một bóng đèn 1,2V/0,22A với một cục pin 1,5V bằng 2 sợi dây đồng (**Hình 1**).

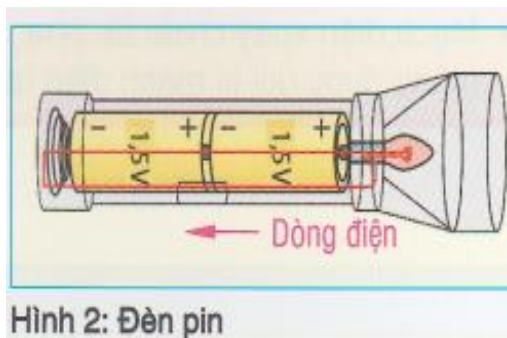
Hiện tượng: Đèn chỉ sáng khi nó được nối với dây điện và dây điện có tiếp xúc với các cực của pin

Pin cung cấp năng lượng, năng lượng này làm cho đèn sáng. Trong thí nghiệm pin chính là **nguồn cung cấp điện**. Đèn được gọi là **phụ tải** (tải)

Đèn sẽ sáng khi có **dòng điện** chạy qua. Dòng điện này chạy từ cực dương của pin qua dây dẫn điện bên trên đến chân tiếp xúc của đèn, qua dây tóc đến thân ren của đèn và qua dây dẫn điện bên dưới để trở về pin (**Hình 1**). Người ta gọi con đường khép kín này là **mạch điện**. Ứng dụng của mạch điện này trong thực tế là đèn pin (**Hình 2**).



Hình 1: Mạch điện đơn giản



Hình 2: Đèn pin

1.1. Nguồn điện, dòng điện một chiều

(DC, ký hiệu: –)

Nguồn điện một chiều là nguồn phát ra dòng điện một chiều. Nguồn một chiều gồm có: máy phát điện một chiều, pin, ắc – quy, pin mặt trời, bộ nguồn điện tử công suất (**Hình 3**).

Ở **Thí nghiệm**, pin chính là nguồn điện một chiều.



Hình 3

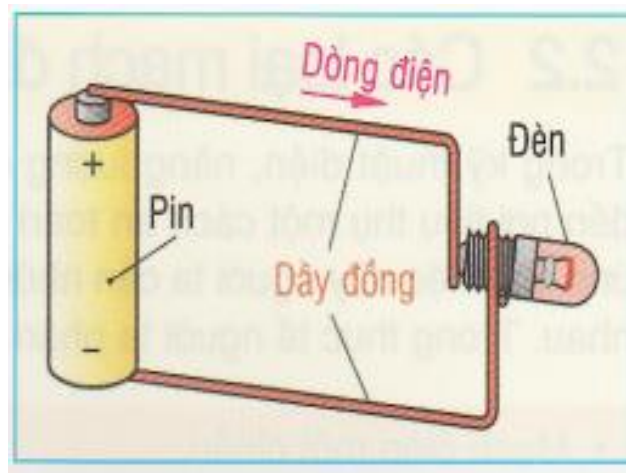
Dòng điện một chiều là dòng có chiều và trị số không đổi theo thời gian.

Ở **Thí nghiệm**, có dòng điện một chiều chạy trong mạch điện.

Tên gọi	Hình	Các thí dụ
Dòng điện một chiều (DC) Là dòng điện chỉ chạy theo một hướng và có cường độ không đổi	Các electron di chuyển cùng vận tốc theo cùng một hướng Cường độ I Thời gian t	Pin, ắc quy, Nguồn điện cho các thiết bị điện và điện tử, Máy hiện sóng, Đèn hình TV.

1.2. Mạch điện một chiều

Mạch điện một chiều là tập hợp các thiết bị điện (nguồn một chiều, phụ tải một chiều, dây dẫn) được nối với nhau thành những mạch kín trong đó dòng điện có giá trị và chiều không thay đổi theo thời gian đi qua (**Hình 4**).



Hình 4

Như vậy mạch điện bao gồm:

- **Nguồn điện:** là thiết bị phát ra điện năng. Về nguyên lý, nguồn điện là thiết bị biến đổi các dạng năng lượng như cơ năng, hóa năng, nhiệt năng... thành điện năng:

- + Pin, ắc quy biến đổi hoá năng thành điện năng.
- + Máy phát điện biến đổi cơ năng thành điện năng.
- + Pin mặt trời biến đổi quang năng thành điện năng.
- + Bộ nguồn điện tử công suất biến đổi điện áp xoay chiều thành điện áp một chiều

- **Phụ tải:** là các thiết bị tiêu thụ điện năng để biến đổi thành các dạng năng lượng khác như cơ năng (động cơ điện, quạt), nhiệt năng (bàn là, bếp điện), quang năng (đèn điện),...(Hình 5)



Hình 5

- **Dây dẫn:** Dây dẫn làm bằng kim loại (đồng, nhôm) dùng để dẫn điện năng từ nguồn đến tải.

Ngoài 3 yếu tố chính trong mạch điện còn có các thiết bị phụ trợ khác để:

- + Đóng cắt và điều khiển mạch điện như: cầu dao, aptomat, công tắc...
- + Đo lường các đại lượng của mạch điện như: ampe kế, vôn kế, oát kế...
- + Bảo vệ mạch điện như: cầu chì, rôlê, aptômát...

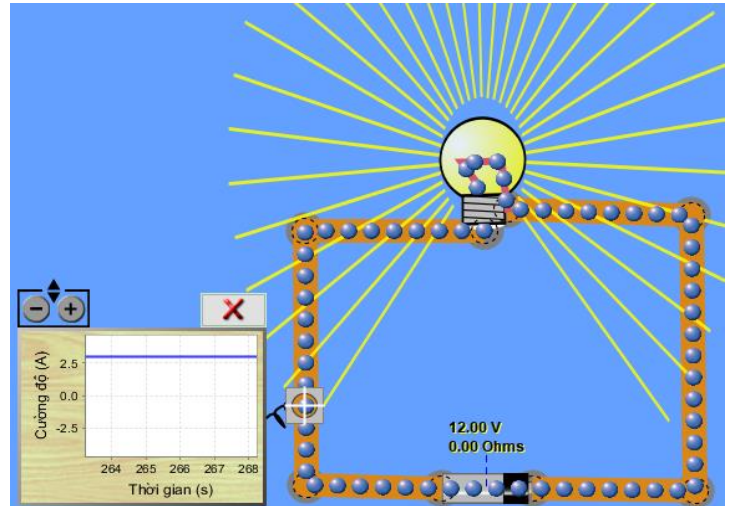
2. Các đại lượng đặc trưng quá trình năng lượng trong mạch điện

2.1. Dòng điện

Thí nghiệm: Hãy nối một bóng đèn 12V vào cực dương và cực âm của nguồn điện một chiều với điện áp $U=12V$ (**Hình 1**)

Bóng đèn 12V sáng

Khi đặt vật dẫn trong điện trường (điện trường là khoảng không gian bao quanh một điện tích mà ở đó có lực tác dụng của lực điện tích lên các điện tích khác) dưới tác dụng của lực điện trường các điện tích dương sẽ di chuyển từ nơi có điện thế cao đến nơi có điện thế thấp hơn, còn các điện tích âm thì di chuyển ngược lại tạo thành dòng điện.

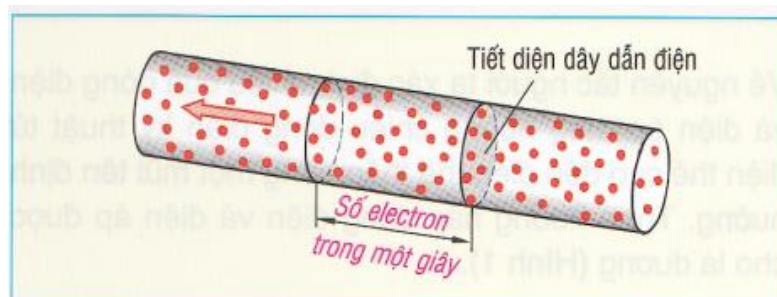


Hình 1

- **Dòng điện** là dòng chuyển dời có hướng của các điện tích trong vật dẫn, dưới tác dụng của lực điện trường.

- **Chiều dòng điện qui ước** là chiều chuyển động của điện tích dương trong điện trường.

Khi điện áp nguồn điện càng cao, càng lúc càng nhiều electron được chạy qua dây dẫn điện. Số lượng các electron tự do chạy qua tiết diện của dây dẫn trong một giây là số đo **cường độ dòng điện (Hình 2)**



Hình 2: Sự chuyển động của electron trong dây dẫn điện

- **Cường độ dòng điện I:** là đại lượng đặc trưng cho độ lớn của dòng điện.

Cường độ dòng điện là lượng điện tích Q đi qua tiết diện dây dẫn trong một đơn vị thời gian (tính bằng giây).

$$I = \frac{Q}{t}$$

I : Cường độ dòng điện, đơn vị là Ampe, ký hiệu là (A)

t : là thời gian (s)

Q : là lượng điện tích (C)

Đơn vị phụ của cường độ dòng điện:

$$1 \mu\text{A} = 10^{-3} \text{ mA} = 10^{-6} \text{ A};$$

$$1 \text{ mA} = 10^{-3} \text{ A}$$

$$1 \text{ kA} = 10^3 \text{ A}$$

Ở một xí nghiệp, các thiết bị và hệ thống vận hành xuất hiện nhiều cường độ dòng điện khác nhau:

Bảng: Các thí dụ cho cường độ dòng điện	
Thiết bị làm việc / hệ thống	Cường độ dòng điện
Máy tính bỏ túi	100 μA
Bóng đèn (60 W/230 V)	260 mA
Bàn ủi	4,35 A
Động cơ tàu điện	300 A
Lò nấu chảy bằng điện	100 kA

Ví dụ 1: Ở quá trình phóng điện của một tia lửa điện trong thời gian $t = 0,002(\text{s})$, ta được một điện tích $Q = 0,24(\text{C})$. Tính cường độ dòng điện I khi phóng điện

Giải:

Cường độ dòng điện I được tính theo công thức:

$$I = \frac{Q}{t} = \frac{0,24}{0,002} = 120 \text{ A}$$

Ví dụ 2: Tính cường độ dòng điện I chạy trong dây dẫn biết điện tích $Q = 20(\text{C})$ và thời gian $t = 4(\text{s})$.

Giải:

Cường độ dòng điện I được tính theo công thức:

$$I = \frac{Q}{t} = \frac{20}{4} = 5 \text{ A}$$

2.1.1. Tác dụng của dòng điện

Trong **Thí nghiệm, Trang 10** ta có thể chứng tỏ rằng có một dòng điện chạy qua bóng đèn làm đèn sáng nhưng ta không thể trông thấy dòng điện.

Ta chỉ có thể nhận biết sự có mặt của dòng điện qua các tác dụng của nó.

Thí nghiệm 1: Hãy nối căng một sợi dây thép có tiết diện khoảng 0,3 mm giữa hai kẹp cứng (**Bảng**). Hãy nối hai đầu sợi dây với một máy biến áp có thể chỉnh được. Hãy tăng dần cường độ dòng điện.

Dây thép ấm dần lên, sau đó nóng đỏ và chảy lỏng

Dòng điện làm tất cả vật dẫn điện nóng lên (tác dụng nhiệt)

Thí nghiệm 2: Hãy nối một cuộn dây có 600 vòng với một ắc quy 12V và để cuộn dây gần các chi tiết bằng sắt, ví dụ cây đinh hay kẹp giấy.

Các chi tiết bằng sắt bị hút khi có dòng điện chạy qua cuộn dây.

Một dòng điện luôn luôn tạo ra quanh nó một tác dụng từ

Thí nghiệm 3: Hãy gắn một đèn phóng điện vào ổ điện 220 V.

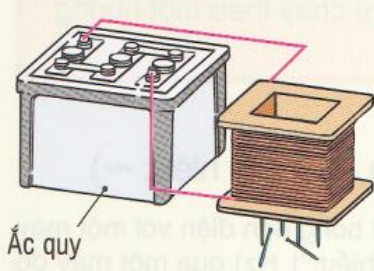
Đèn phóng điện phát sáng. tác dụng chiếu sáng chỉ xảy ra xung quanh dây tóc nhưng bản thân các dây tóc không phát sáng. Khi phát sáng, đèn phóng điện gần như không ấm lên.

Dòng điện làm nóng dây tóc bằng Wolfram, dây tóc cháy sáng và phát ra tia sáng

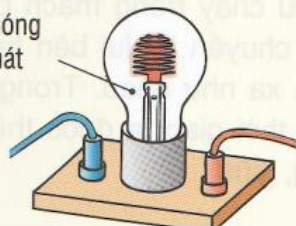
Bảng: Các tác dụng của dòng điện	
Tác dụng nhiệt	Các ứng dụng
Luôn xuất hiện	Bếp điện Bàn ủi Thiết bị đun nước nóng Mở hàn Cầu chì nóng chảy



Tác dụng từ	Các ứng dụng
Luôn xuất hiện	Nam châm điện Động cơ điện Role, công tắc bảo vệ tự động Điện kế Chuông điện Tai nghe điện thoại Loa Công tắc mở cửa



Tác dụng phát sáng	Các ứng dụng
Xuất hiện: trong khí, trong bán dẫn	Đèn huỳnh quang Đèn ống huỳnh quang (Đèn tuýp) Đèn phóng điện phát sáng Đèn LED Bóng đèn dây tóc



Thí nghiệm 4: Hãy nối hai sợi dây đồng với một ắc quy 12V. sau đó nhúng hai đầu còn lại của dây đồng vào một bình có chứa dung dịch natrisulfat hay axit loãng, nhưng không cho hai đầu dây chạm nhau.

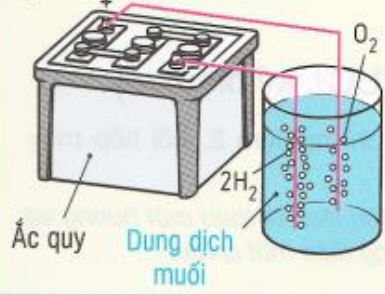
Ở hai đầu dây nằm bên trong dung dịch xuất hiện các bong bóng khí. nước trong bình bị phân tách thành các phần hydro và oxy

Dòng điện phân tách các dung dịch dẫn điện (tác dụng hóa học).

Dòng điện có tác dụng sinh lý đối với các sinh vật. người ta ứng dụng các tác dụng tốt của dòng điện trong ngành điện y.

Khi cơ thể người chạm vào dây dẫn điện trần, dòng điện chạy qua cơ thể và có thể gây nguy hiểm đến tính mạng.

Tác dụng đối với sinh vật (tác dụng sinh lý)	Các ứng dụng
Xuất hiện: ở người và thú vật Dây điện có điện áp  Nền Nguy hiểm	Hàng rào điện Làm hôn mê thú vật Các máy móc điện y

Tác dụng hóa học	Các ứng dụng
Xuất hiện: trong dung dịch dẫn điện  Ắc quy Dung dịch muối $2H_2$ O_2	Điện giải Xi mạ Ắc quy

2.1.2. Mật độ dòng điện

Dòng điện đi qua bóng đèn làm nóng dây tóc của bóng đèn cho đến khi sáng trắng, nhưng không làm dây dẫn điện của bóng đèn nóng lên. Với cùng cường độ dòng điện, số lượng electron đi qua một tiết diện lớn hay nhỏ trong một giây là như nhau. Trong những nơi mà vật dẫn điện có tiết diện nhỏ hơn, các electron phải di chuyển với vận tốc cao hơn và như vậy làm vật dẫn điện nóng hơn do lực ma sát mạnh hơn (**Hình 1**)

Mật độ dòng điện J chính là cường độ dòng điện qua 1 đơn vị tiết diện dây. (Đơn vị A/mm²)

Ví dụ 1: Dây dẫn có tiết diện 95mm² dòng điện I = 200A qua. Tính mật độ dòng điện.

Giải: Mật độ dòng điện là:

$$J = \frac{I}{A} = \frac{200}{95} = 2,05 \text{ (A/mm}^2\text{)}$$

Ví dụ 2: Một dòng điện I = 0,2 (A) chạy qua một bóng đèn. Tính mật độ dòng điện J:

a. Trong dây dẫn điện có tiết diện 1,5 mm²

b. Trong dây tóc bóng đèn có đường kính 0,03 mm

Giải:

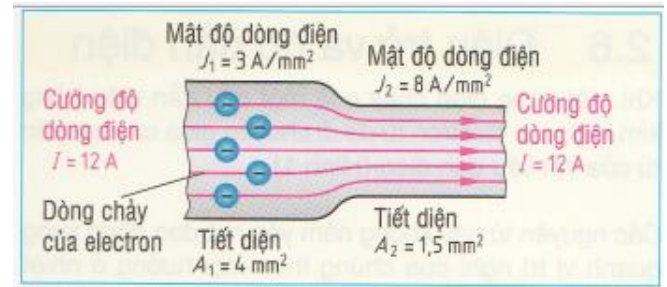
$$a. J = \frac{I}{A} = \frac{0,2}{1,5} = 0,13 \text{ (A/mm}^2\text{)}$$

$$b. A = \frac{\pi \cdot d^2}{4} = \frac{\pi \cdot 0,03^2}{4} = 0,0007 \text{ (mm}^2\text{)}$$

$$J = \frac{I}{A} = \frac{0,2}{0,0007} = 286 \text{ (A/mm}^2\text{)}$$

Dây dẫn điện càng nóng khi mật độ dòng điện càng lớn

Trong thời gian dài, mật độ dòng điện bên trong dây dẫn điện, trong các cuộn cảm, máy biến áp, động cơ điện không được quá lớn để tránh làm dây dẫn điện quá nóng và dẫn đến nguy cơ hỏa hoạn. Do vậy tiết diện của dây dẫn điện được quy định theo mật độ dòng điện cao nhất cho phép (**Bảng**).

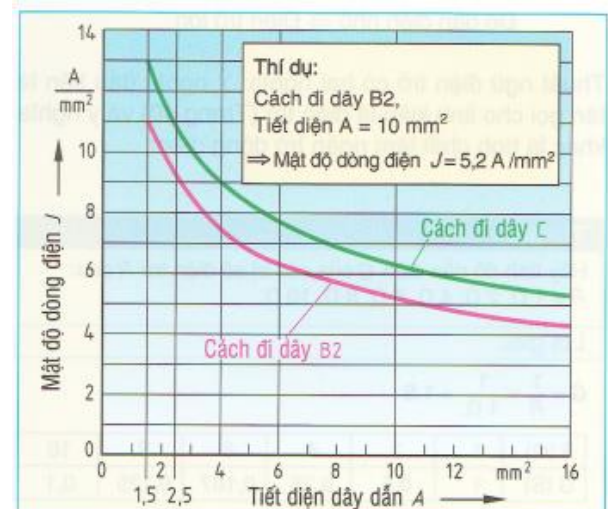


Hình 1: Sự di chuyển của electron qua các tiết diện khác nhau

Mật độ dòng điện	
$J = \frac{I}{A}$	$[J] = \frac{A}{\text{mm}^2}$
J	Mật độ dòng điện
I	Cường độ dòng điện
A	Tiết diện dây dẫn ¹

Bảng: Khả năng tải điện của các dây dẫn điện bằng đồng có cách điện bằng PVC được đặt cố định ở nhiệt độ môi trường 30 °C theo DIN VDE 0298, phần 4

Tiết diện dây [mm ²]	Cường độ dòng điện cho phép [A]			
	Cách đi dây B2		Cách đi dây C	
	Số dây có điện chạy qua			
	2	3	2	3
1,5	16,5	15	19,5	17,5
2,5	23	20	27	24
4	30	27	36	32
6	38	34	46	41
10	52	46	63	57
16	69	62	85	76
25	90	80	112	96

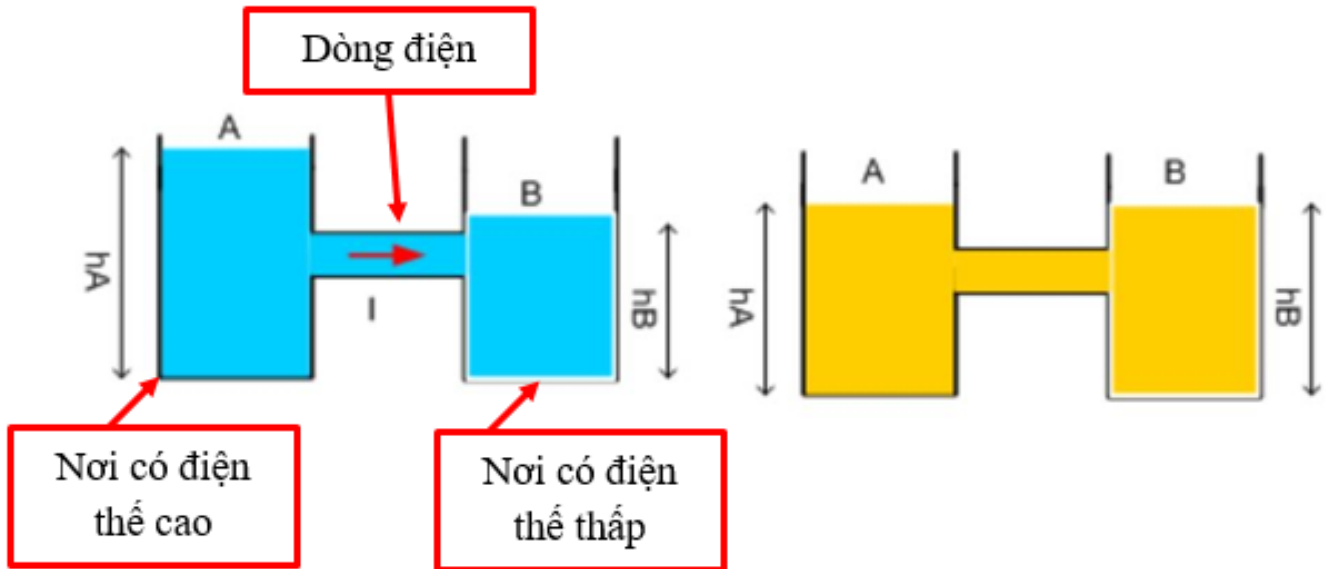


Hình 2: Mật độ dòng điện cho phép đối với dây dẫn điện bằng đồng có lớp cách điện với hai dây dẫn có điện chạy qua (DIN VDE 0298, phần 4)

2.2. Điện áp

Tại mỗi điểm trong mạch điện có một điện thế. Hiệu điện thế giữa hai điểm gọi là điện áp. Như vậy điện áp giữa hai điểm A và B có điện thế φ_A và φ_B

$$U_{AB} = \varphi_A - \varphi_B \text{ (V)}$$



Hình 1

Điện áp có thể ví như độ cao của một bình nước (**Hình 1**), nếu hai bình nước có độ cao khác nhau thì khi nối một ống dẫn sẽ có dòng nước chảy qua từ bình cao sang bình thấp hơn. Khi hai bình nước có độ cao bằng nhau thì không có dòng nước chảy qua ống dẫn. Dòng điện cũng như vậy, nếu hai điểm có điện áp chênh lệch sẽ sinh ra dòng điện chạy qua dây dẫn nối với hai điểm đó, dòng điện sẽ chảy từ điện áp cao sang điện áp thấp, nếu hai điểm có điện áp bằng nhau thì dòng điện trong dây dẫn sẽ = 0.

2.3. Công suất

Công suất của mạch điện một chiều được tính bằng tích điện áp giữa 2 đầu mạch và cường độ dòng điện chạy qua mạch đó:

$$P = U.I$$

Ký hiệu công suất: P.

Đơn vị: Oát. Ký hiệu đơn vị: W

Đơn vị phụ:

$$1 \text{ mW} = 0,001 \text{ W} = 10^{-3} \text{ W}$$

$$1 \text{ kW} = 1000 \text{ W} = 10^3 \text{ W}$$

$$1 \text{ MW} = 1\,000\,000 \text{ W} = 10^6 \text{ W}$$

Ví dụ 1:

Một bếp điện dùng điện áp 220V, có dòng điện chạy qua là 9A. Hãy tính công suất của bếp điện.

Giải: Áp dụng công thức: $P = U.I = 220.9 = 1980 \text{ W} = 1,98 \text{ kW}$

Ví dụ 2:

Một bóng đèn ghi 220V – 100W.

- Giải thích ký hiệu đó
- Tính điện trở của bóng đèn (ở trạng thái làm việc).
- Nếu bóng đó đặt vào điện áp $U = 110\text{V}$ thì công suất tiêu thụ là bao nhiêu (giả thiết là điện trở bóng đèn không thay đổi).

Giải:

a. Bóng đèn ghi 220V - 100W nghĩa là điện áp định mức đặt vào bóng đèn 220V thì đèn làm việc bình thường, đảm bảo các tính năng kỹ thuật theo quy định của nhà chế tạo và khi đó đèn tiêu thụ công suất là 100W

+ 220V gọi là điện áp định mức của đèn (U_{dm})

+ 100 W gọi là công suất định mức của đèn (P_{dm})

b. Tính điện trở của bóng đèn : $R_d = \frac{U_{dm}^2}{P_{dm}} = \frac{220^2}{100} = 484\Omega$

c. Công suất đèn tiêu thụ ứng với điện áp $U = 110\text{V}$

$$P = \frac{U^2}{R} = \frac{110^2}{484} = 25\text{W}$$

3. Mô hình mạch điện một chiều

Mạch điện gồm nhiều phần tử, khi làm việc nhiều hiện tượng điện từ xảy ra trong các phần tử. Khi tính toán người ta thay thế mạch điện thực bằng mô hình mạch điện.

Mô hình mạch điện là sơ đồ thay thế mạch điện thực.

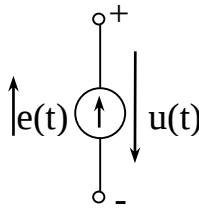
Mô hình mạch điện gồm nhiều phần tử lý tưởng đặc trưng cho quá trình điện từ trong mạch và được ghép nối với nhau tùy theo kết cấu của mạch

Sau đây ta sẽ xét các phần tử lý tưởng của mô hình mạch điện:

3.1. Nguồn áp $u(t)$.

Nguồn điện áp đặc trưng cho khả năng tạo nên và duy trì một điện áp trên hai cực của nguồn.

Kí hiệu: **(Hình 1)**



Hình 1

Nguồn điện áp còn được biểu diễn bằng một sức điện động $e(t)$ (Hình 1.5).

Chiều $e(t)$ từ điểm điện thế thấp đến điểm điện thế cao. Chiều điện áp theo quy ước từ điểm có điện thế cao đến điểm điện thế thấp:

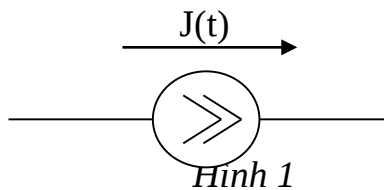
$$u(t) = - e(t)$$

Đơn vị: **V (Vôn)**.

3.2.Nguồn dòng $j(t)$.

Nguồn dòng điện đặc trưng cho khả tạo nên và duy trì một dòng điện cung cấp cho mạch ngoài.

Kí hiệu: bằng một vòng tròn với mũi tên kép **(Hình 1)**



Hình 1

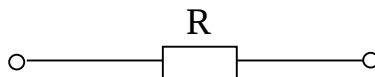
Đơn vị: **A (Ampe)**.

3.3.Phần tử điện trở.

Đặc trưng cho vật dẫn về mặt cản trở dòng điện.

Về năng lượng, điện trở R đặc trưng cho quá trình biến đổi và tiêu thụ điện năng thành các dạng năng lượng khác như cơ năng, quang năng, nhiệt năng...

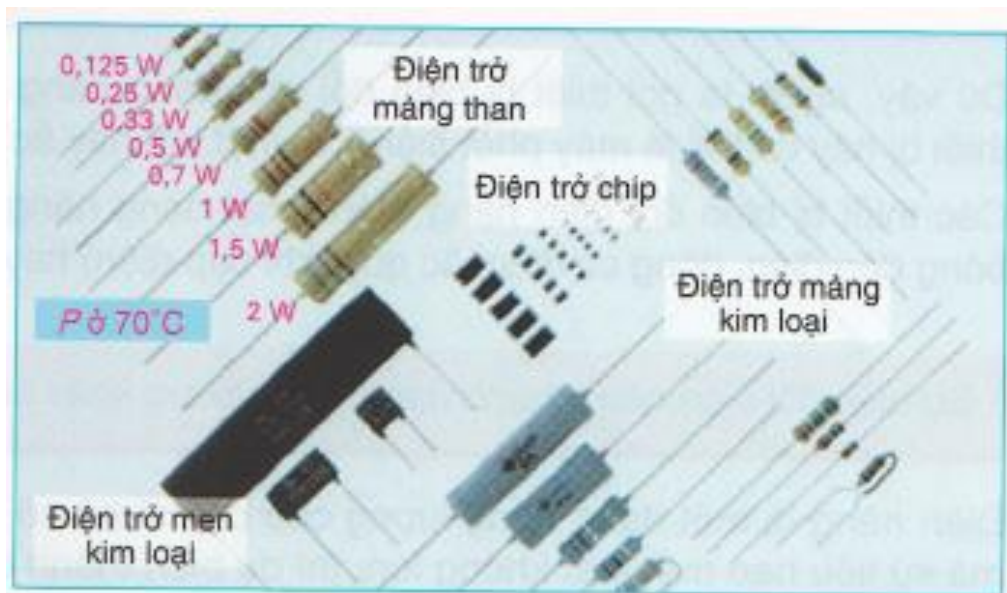
Kí hiệu: R **(Hình 1)**:



Hình 1

Đơn vị của điện trở là **Ω (ôm)**, $1 \text{ k}\Omega = 10^3 \Omega$.

Hình ảnh điện trở trong thực tế:

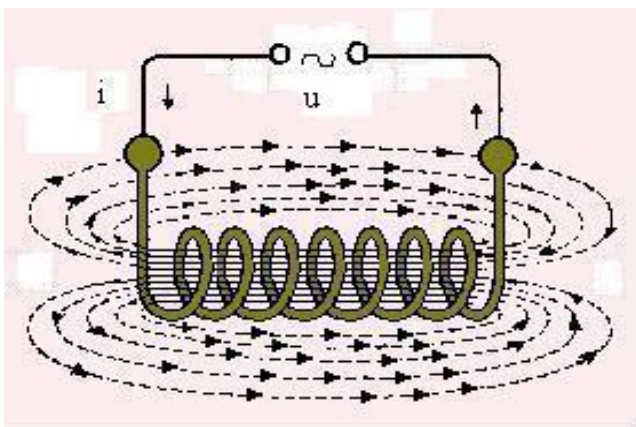


Hình 1: Hình dáng và kích thước điện trở

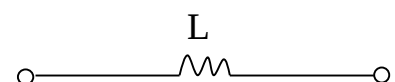
3.4. Phần tử điện cảm

Khi có dòng điện chảy qua cuộn dây, trong lòng cuộn dây và ở vùng lân cận cuộn dây tồn tại một từ trường, từ trường này xuyên qua cuộn dây với một thông lượng nào đó gọi là từ thông, và không gian xung quanh cuộn dây tích lũy một năng lượng từ trường W_M (Hình 1). Do đó, điện cảm L đặc trưng cho khả năng tiêu tán năng lượng dưới dạng từ trường.

Kí hiệu: L (Hình 2)



Hình 1



Hình 2

Đơn vị của điện cảm là **H (Henry)**.

$$1 \mu\text{H} = 10^{-6} \text{ H},$$

$$1 \text{ mH} = 10^{-3} \text{ H},$$

$$1 \text{ MH} = 10^6 \text{ H}$$

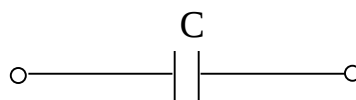
Hình ảnh điện cảm trong thực tế:



3.5. Phần tử điện dung

Khi đặt một điện áp u vào hai bản cực của tụ điện trên các bản cực tụ sẽ được nạp những điện tích q ($q = C \cdot u_C$) và trong không gian giữa hai bản cực sẽ có một điện trường với cường độ E và tích lũy năng lượng điện trường W_E . Do đó, điện dung C đặc trưng cho khả năng tích lũy năng lượng dưới dạng điện trường.

Kí hiệu: **C (Hình 1)**



Hình 1

Đơn vị của điện dung là **Fara (F)**.

Hình ảnh tụ điện trong thực tế:



4. Các định luật của mạch điện

4.1. Định luật ôm

Thí nghiệm 1: Qua một máy đo dòng điện, hãy mắc nối tiếp một điện trở $R = 4 \Omega$ với một nguồn điện áp một chiều có thể thay đổi từ 0 V đến 10 V. Mắc song song với điện trở một vôn kế đo điện áp (**Hình 1**) và ampe kế đo cường độ dòng điện với các điện áp khác nhau

Khi điện trở cố định, cường độ dòng điện càng cao khi điện áp càng cao.

Cường độ dòng điện tỉ lệ thuận với điện áp khi điện trở không thay đổi. Đồ thị của cường độ dòng điện và điện áp là một đường thẳng (**Hình 2**). Với một điện trở lớn hơn thí dụ $R = 10 \Omega$, đường biểu diễn có độ dốc nhỏ hơn.

Cường độ dòng điện I tỉ lệ thuận với điện áp U .

Thí nghiệm 2: Hãy đo cường độ dòng điện với điện áp cố định $U = 10 \text{ V}$ và với các điện trở có trị số 2Ω , 4Ω , 6Ω , 8Ω và 10Ω

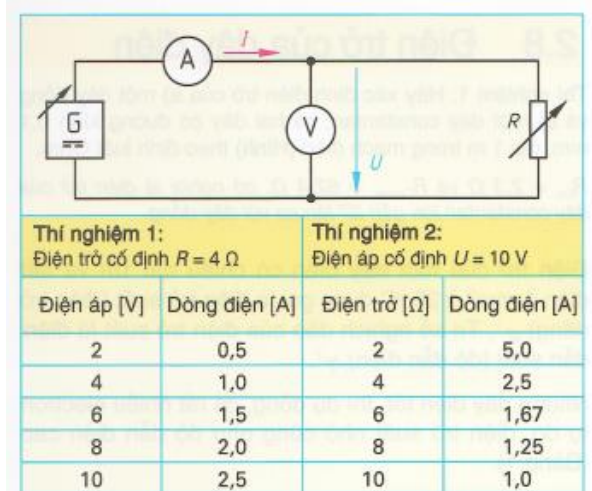
Với điện áp cố định, Cường độ dòng điện sẽ giảm khi giá trị điện trở tăng

Với điện áp không đổi, cường độ dòng điện tỉ lệ nghịch với điện trở (**Thí nghiệm 2, Hình 1**)

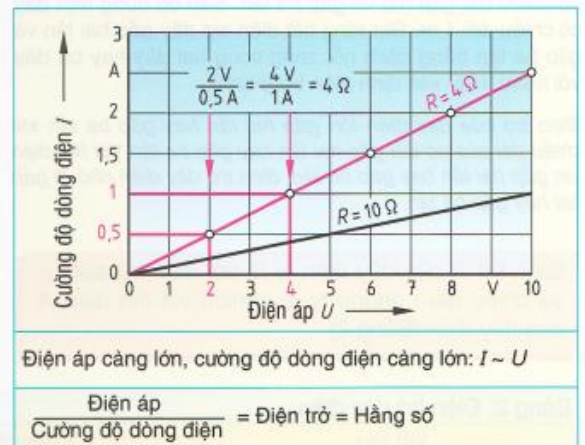
Trong đồ thị **Hình 3** ta có sự phụ thuộc của dòng điện vào điện trở. Với điện áp nhỏ hơn, ví dụ $U = 5 \text{ V}$ ta có dòng điện nhỏ hơn.

Cường độ dòng điện I tỉ lệ nghịch với điện trở R .

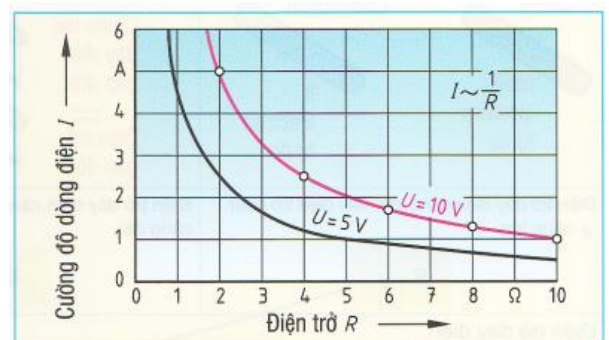
Sự liên hệ giữa cường độ dòng điện, điện áp và điện trở được biểu diễn bằng định luật Ohm (Ôm):



Hình 1: Đo dòng điện và điện áp



Hình 2: Cường độ dòng điện là hàm của điện áp



Hình 3: Cường độ dòng điện là hàm của điện trở

Định luật Ohm		
$I = \frac{U}{R} \Rightarrow R = \frac{U}{I} \Rightarrow U = R \cdot I$		
I	Cường độ dòng điện	$[I] = \frac{\text{V}}{\Omega} = \frac{\text{V}}{\frac{\text{V}}{\text{A}}} = \text{A}$
U	Điện áp	
R	Điện trở	

Ví dụ 1:

- a. Tính cường độ dòng điện chạy qua bóng đèn với điện áp 4,5 V và điện trở 1,5 Ω
- b. Một dòng điện 0,2 A chạy qua một điện trở 500 Ω . Hãy tính điện áp.
- c. Một mỏ hàn có dòng điện 0,22 A chạy qua với điện áp 220 V. Tính điện trở dây đốt nóng.

Giải:

Áp dụng định luật Ôm:

a. $I = \frac{U}{R} = \frac{4,5}{1,5} = 3 \text{ A}$

b. $U = I.R = 0,2.500 = 100 \text{ V}$

c. $R = \frac{U}{I} = \frac{220}{0,22} = 1045 \Omega$

Ví dụ 2:

Tính điện áp U trên điện trở R biết: điện trở R = 100 Ω , cường độ dòng điện chạy trong mạch là 210 mA.

ĐS:

Ta có: $I = 210 \text{ mA} = 0.21 \text{ A}$

Áp dụng định luật Ôm:

$U = I.R = 0,21.100 = 21 \text{ V}$

Ví dụ 3:

Mạch điện có điện áp U = 220V cung cấp cho phụ tải dòng điện I = 3A.

- a. Tính điện trở phụ tải trong mạch.
- b. Tính công suất P trong mạch

ĐS:

a. $I = 73.3 \text{ A}$

b. $P = 660 \text{ W}$

Ví dụ 4:

Một tải có điện trở R = 19 Ω đấu vào nguồn điện một chiều có U = 133V.
Tính:

- a. Cường độ dòng điện I
- b. Công suất P của tải

4.2. Định luật kirchhoff 1

Nội dung: Trong mạch điện, tổng đại số các dòng điện tại một nút bằng không:

$$\sum i = 0$$

Trong đó nếu quy ước các dòng điện có chiều đi vào nút sẽ mang dấu dương, thì các dòng điện đi ra khỏi nút sẽ mang dấu âm, hoặc ngược lại

Ví dụ: Tại nút B (**Hình 1**), định luật Kiéc khốp 1 được viết:

$$I_1 = I_3 + I_4$$

$$I_1 - I_3 - I_4 = 0$$

4.3. Định luật kirchhoff 2

Nội dung: Trong mạch điện, đi theo một vòng kín theo chiều tùy ý, tổng đại số các điện áp rơi trên các phần tử bằng không

$$\sum u(t) = 0$$

Hoặc có thể phát biểu như sau :
Trong mạch điện, đi theo một vòng kín theo chiều tùy ý, tổng đại số các điện áp rơi trên các phần tử không nguồn (R,L,C) bằng tổng các sức điện động trong vòng kín đó.

Trong đó, những sức điện động và dòng điện có chiều trùng với chiều đi của vòng sẽ lấy dấu dương, ngược lại mang dấu âm

$$\sum E = \sum I.R$$

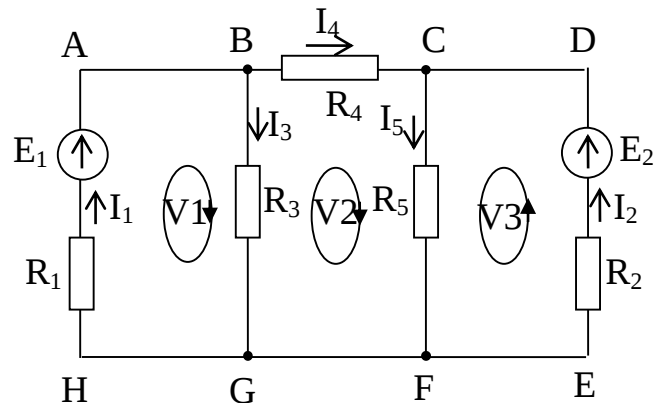
Ví dụ: Viết K2 cho mạch điện như hình 1.12

- Vòng 1: $I_1.R_1 + I_3.R_3 = E_1$
- Vòng 2: $I_4.R_4 - I_3.R_3 + I_5.R_5 = 0$
- Vòng 3: $I_2.R_2 + I_5.R_5 = E_2$

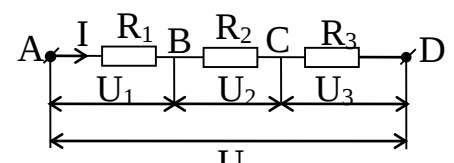
5. Các mạch cơ bản của kỹ thuật điện

5.1. Mạch mắc nối tiếp

Mắc nối tiếp các điện trở là mắc đầu điện trở này với cuối điện trở kia, sao cho chỉ có duy nhất một dòng điện đi qua các điện trở. (**Hình 1**)



Hình 1



Hình 1

Thí nghiệm 1: Hãy mắc nối tiếp hai bóng đèn có cùng công suất với một nguồn điện áp. Hãy đo cường độ dòng điện trước, giữa và sau hai bóng đèn (**Hình 2**) và so sánh kết quả đo.

Tất cả các máy đo dòng điện đều chỉ thị các cường độ dòng điện như nhau $I = I_1 = I_2 = I_3$

Cường độ dòng điện ở mọi thời điểm trong mạch nối tiếp đều bằng nhau vì dòng điện trong mạch này không dễ nhánh

Trong mạch mắc nối tiếp, dòng điện có cường độ như nhau ở toàn bộ mạch.

Thí nghiệm 2: Hãy mắc nối tiếp hai tải tiêu thụ điện có công suất khác nhau, thí dụ: hai bóng đèn điện, với một nguồn điện và đo tất cả điện áp (**Hình 3**) hãy so sánh các điện áp

Tổng các điện áp rơi trên các phụ tải bằng với điện áp của nguồn điện:

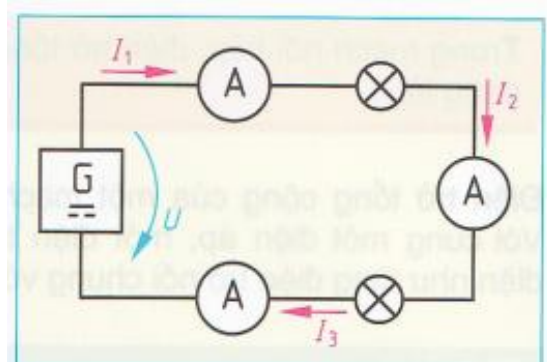
$$U = U_1 + U_2$$

Trong mạch nối tiếp tổng các điện áp trên các tải bằng điện áp của nguồn điện.

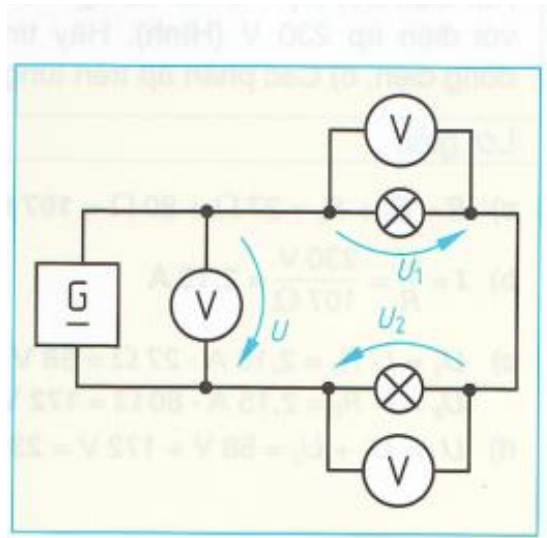
Điện trở tương đương mạch mắc nối tiếp bằng tổng các điện trở thành phần cộng lại: $R_{td} = R_1 + R_2 + R_3$

Nếu có n điện trở mắc nối tiếp thì:

$$R_{td} = R_1 + R_2 + \dots + R_n$$



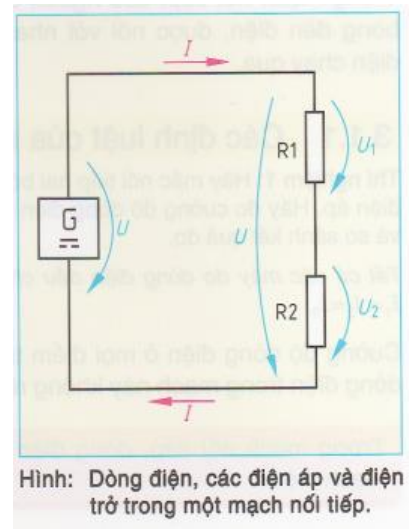
Hình 2: Mạch nối tiếp, đo dòng điện



Hình 3: Mạch nối tiếp, đo điện áp

Ví dụ 1: Hai điện trở, $R_1 = 27 \Omega$ và $R_2 = 80 \Omega$ được mắc nối tiếp với nhau và nối vào nguồn điện áp 230 V (**Hình**). Hãy tính:

- Điện trở tương đương.
- Cường độ dòng điện.
- Các điện áp trên từng điện trở.
- Điện áp tổng cộng? Nhận xét điện áp tổng cộng với điện áp nguồn



Giải:

- Tính điện trở tương đương toàn mạch:

$$R_{td} = R_1 + R_2 = 27 + 80 = 107 \Omega$$

- Tính cường độ dòng điện

$$I = \frac{U}{R} = \frac{230}{107} = 2,15 \text{ A}$$

- Tính điện áp trên từng điện trở:

- Điện áp trên R_1 : $U_1 = I \cdot R_1 = 2,15 \cdot 27 = 58 \text{ V}$

- Điện áp trên R_2 : $U_2 = I \cdot R_2 = 2,15 \cdot 80 = 172 \text{ V}$

- Tính điện áp tổng cộng

$$U = U_1 + U_2 = 58 + 172 = 230 \text{ V}$$

Nhận xét:

- Điện áp tổng cộng trên 2 điện trở có giá trị bằng điện áp của nguồn điện.
- Trong mạch nối tiếp dòng điện ở bất kỳ nơi nào đều như nhau cho nên điện áp của điện trở lớn nhất có trị số lớn nhất và điện áp của điện trở nhỏ nhất có trị số nhỏ nhất

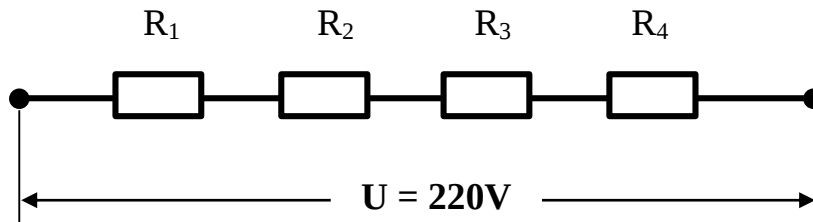
Ví dụ 2:

Hộp điện trở gồm 4 điện trở: $R_1 = 1 \Omega$; $R_2 = 2 \Omega$; $R_3 = 3 \Omega$; $R_4 = 4 \Omega$ mắc nối tiếp và nối vào nguồn điện áp 220 V. Hãy làm theo yêu cầu sau:

- Vẽ sơ đồ nguyên lý mạch điện
- Tính điện trở tương đương toàn mạch
- Tính cường độ dòng điện chạy trong toàn mạch
- Tính điện áp rơi trên từng điện trở.

Giải:

- Vẽ sơ đồ sơ đồ nguyên lý mạch điện:



b. Tính điện trở tương đương toàn mạch:

$$R_{td} = R_1 + R_2 + R_3 + R_4 = 1 + 2 + 3 + 4 = 10 \, \Omega$$

c. Tính cường độ dòng điện chạy trong toàn mạch

$$I = \frac{U}{R} = \frac{220}{10} = 22A$$

d. Tính điện áp rơi trên từng điện trở:

- Điện áp điện trở R_1 :

$$U_1 = I \cdot R_1 = 22 \cdot 1 = 22 \, V$$

- Điện áp điện trở R_2 :

$$U_2 = I \cdot R_2 = 22 \cdot 2 = 44 \, V$$

- Điện áp điện trở R_3 :

$$U_3 = I \cdot R_3 = 22 \cdot 3 = 66 \, V$$

- Điện áp điện trở R_4 :

$$U_4 = I \cdot R_4 = 22 \cdot 4 = 88 \, V$$

Ví dụ 2:

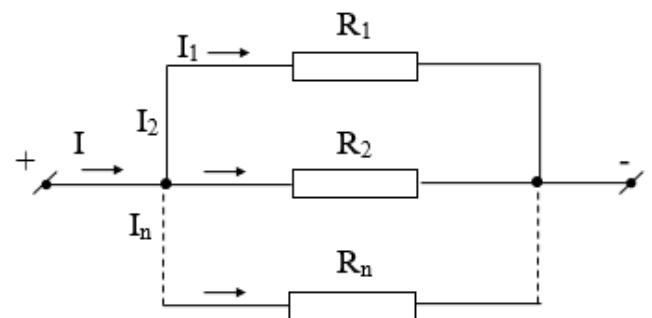
Tính dòng điện I chạy qua trong mạch, biết: $R_1 = 12\Omega$, $R_2 = R_3 = 6\Omega$, $R_4 = 21\Omega$, $R_5 = 18\Omega$, $U = 240V$. Các điện trở được mắc nối tiếp với nhau

Ví dụ 3:

Hai bóng đèn ghi $220V - 60W$ và $220V - 100W$ đấu nối tiếp và đặt vào điện áp $220V$. Tính dòng điện, điện áp đặt vào mỗi bóng đèn, công suất từng bóng đèn tiêu thụ? Có nhận xét gì?

5.2. Mạch mắc song song

Mắc song song các điện trở là mắc đầu các điện trở với nhau, cuối các điện trở với nhau, sao cho các điện trở được đặt vào cùng một điện áp (**Hình 1**)



Hình 1

Thí nghiệm 1: Hãy nối song song 3 tải, thí dụ: ba bóng đèn, với nguồn điện. Hãy đo điện áp ở nguồn điện, ở từng tải (**Hình 2**) và so sánh chúng với nhau.

Điện áp của các tải và nguồn điện đều bằng nhau: $U = U_1 = U_2 = U_3$.

Các tải nối song song có cùng điện áp

Thí nghiệm 2: Hãy nối 3 tải song song với nhau, thí dụ như ba bóng đèn 12 V/0,1 A với nguồn điện. Hãy đo cường độ dòng điện từ nguồn điện đi ra và cường độ dòng điện của từng tải (**Hình 3**) sau đó so sánh các dòng điện với nhau

Tổng cường độ dòng điện của các tải bằng cường độ dòng điện từ nguồn điện: $I = I_1 + I_2 + I_3$

Trong mạch mắc song song, dòng điện toàn mạch bằng tổng trị số các dòng điện nhánh

Điện trở tương đương của các điện trở $R_1, R_2 \dots R_n$ mắc song song được tính theo công thức:

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

* Các trường hợp riêng:

- Hai điện trở mắc song song: ($R_1 // R_2$)

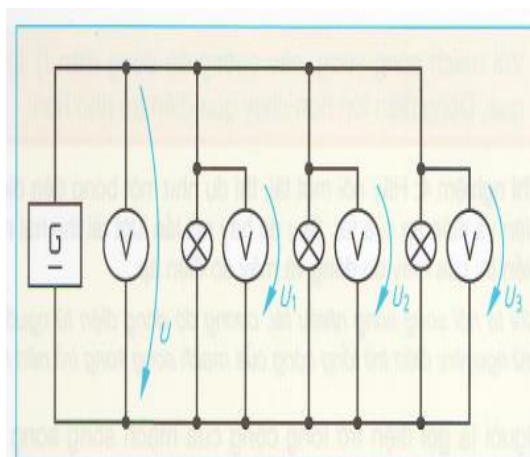
$$R_{td} = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}$$

- Ba điện trở đấu song song ($R_1 // R_2 // R_3$)

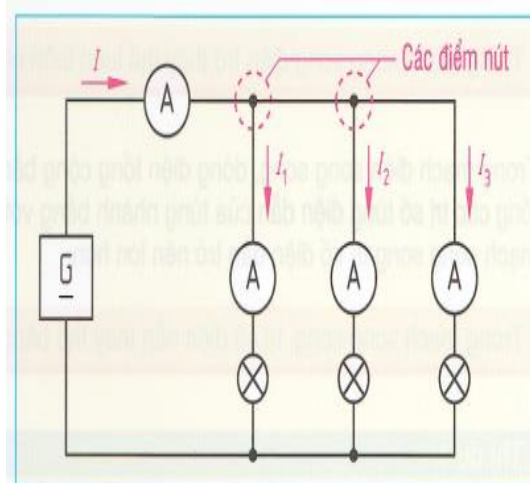
$$R_{td} = \frac{R_1 \cdot R_2 \cdot R_3}{R_1 \cdot R_2 + R_1 \cdot R_3 + R_2 \cdot R_3}$$

- Các điện trở bằng nhau đấu song song :

$$R_1 = R_2 = \dots = R_n = R; \quad R_{td} = \frac{R}{n}$$



Hình 3: Mạch song song, đo điện áp



Hình 3: Mạch song song, đo dòng điện

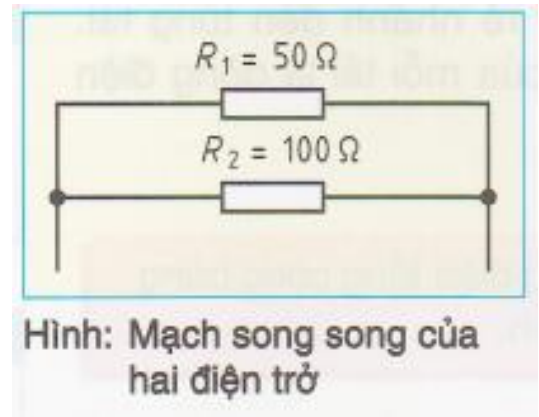
Ví dụ 1:

Hãy tính điện trở tương đương cho 2 điện trở (Hình).

Giải:

Áp dụng công thức tính điện trở cho 2 điện trở mắc song song ta có:

$$R_{td} = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2} = \frac{50 \cdot 100}{50 + 100} = 33.33 \Omega$$

**Ví dụ 2:**

Có 3 điện trở $R_1 = 60 \Omega$; $R_2 = 120 \Omega$; $R_3 = 150 \Omega$ đấu song song. Tính điện trở tương đương.

Giải:

Áp dụng công thức tính điện trở cho 3 điện trở mắc song song ta có:

$$R_{td} = \frac{R_1 \cdot R_2 \cdot R_3}{R_1 \cdot R_2 + R_1 \cdot R_3 + R_2 \cdot R_3} = \frac{60 \cdot 120 \cdot 150}{60 \cdot 120 + 60 \cdot 150 + 150 \cdot 120} = 31,6 \Omega$$

Ví dụ 3:

Hộp điện trở gồm 4 điện trở: $R_1 = 1 \Omega$; $R_2 = 2 \Omega$; $R_3 = 3 \Omega$; $R_4 = 4 \Omega$ mắc song song với nhau và nối vào nguồn điện áp 220 V. Hãy làm theo yêu cầu sau:

- Vẽ sơ đồ nguyên lý mạch điện
- Tính điện trở tương đương toàn mạch
- Tính cường độ dòng điện chạy trong toàn mạch
- Tính cường độ dòng điện chạy trong từng điện trở R

Ví dụ 4:

Tính dòng điện I chạy qua trong mạch, dòng điện chạy qua từng điện trở biết: $R_1 = 12 \Omega$, $R_2 = R_3 = 6 \Omega$, $R_4 = 21 \Omega$, $R_5 = 18 \Omega$, $U = 240 \text{ V}$. Các điện trở được mắc song song với nhau

Hướng dẫn:

- Tính điện trở tương đương theo công thức:

$$\frac{1}{R_{td}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4} + \frac{1}{R_5}$$

- Áp dụng định luật Ôm, tính cường độ dòng điện chạy trong mạch theo

công thức: $I = \frac{U}{R_{td}}$

5.3. Mạch mắc hỗn hợp

Trong thực tế nhiều mạch điện có cả mạch nối tiếp và mạch song song (Hình 1). Người ta gọi những mạch này là **mạch hỗn hợp** hay mạch nối tiếp song song.

Những mạch hỗn hợp này còn được gọi là những mạch nhóm.

Trong những mạch nhóm phải có ít nhất 3 linh kiện. Nhiều mạch nhóm phối hợp với nhau thành một mạng

Để tìm điện trở tương đương của các mạch hỗn hợp ta tiến hành như sau:

- Bắt đầu từ bên trong ra bên ngoài mạch điện

- Rút gọn các mạch nối tiếp và song song thành một điện trở tương đương (**Bước 1 trong Hình 1**) theo các định luật của mạch song song và mạch nối tiếp.

- Các mạch điện hình thành, mạch song song hay nối tiếp, được rút gọn một lần nữa thành điện trở tương đương (**Bước 2 trong Hình 1**).

- Chúng ta tiếp tục lặp lại quy trình này cho đến khi chỉ còn một điện trở tương đương (**Bước 3 trong Hình 1**).

Ví dụ 1:

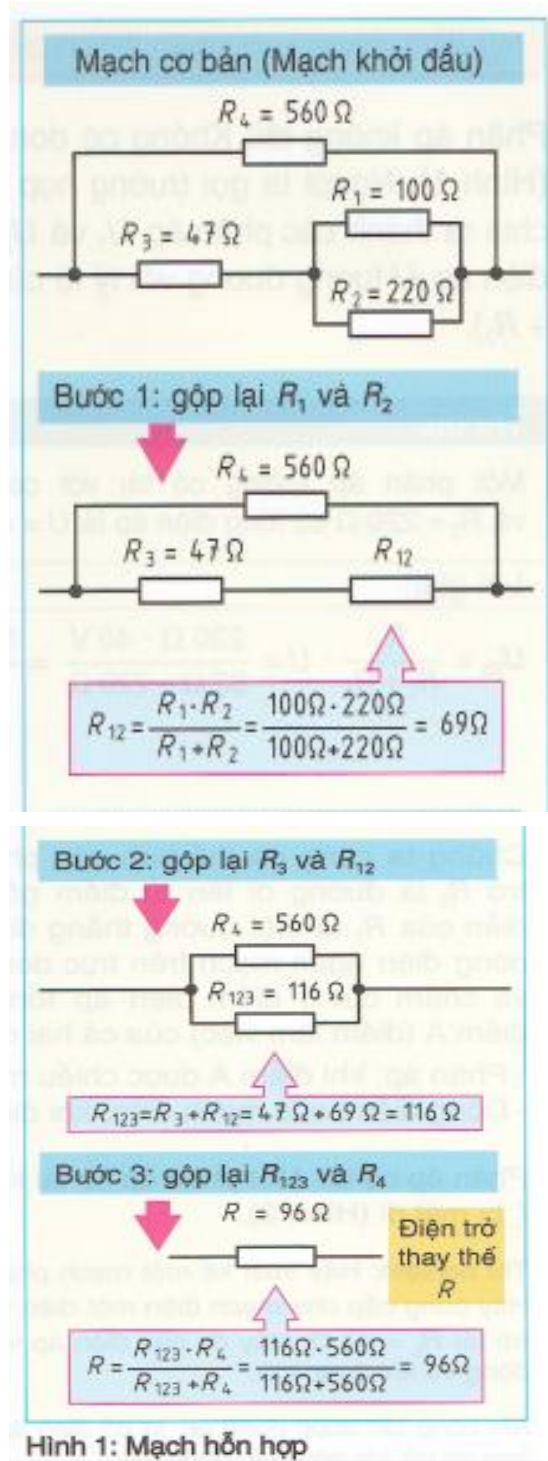
Cho mạch điện như hình vẽ:

$$U = 128V$$

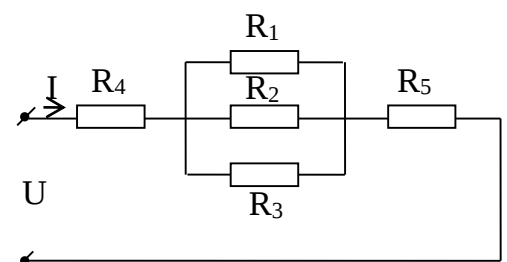
$$R_1 = R_2 = R_3 = 6 \Omega$$

$$R_4 = 10; R_5 = 20 \Omega$$

Xác định dòng và áp trên các phần tử của mạch.



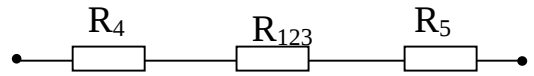
Hình 1: Mạch hỗn hợp



Giải:

$$\text{Ta thấy: } R_1 // R_2 // R_3 \Rightarrow R_{123} = \frac{R_1 \cdot R_2 \cdot R_3}{R_1 \cdot R_2 + R_2 \cdot R_3 + R_3 \cdot R_1} = \frac{6}{3} = 2\Omega$$

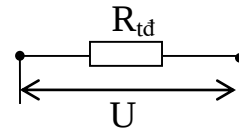
Lúc này mạch trở thành: R_4 nối tiếp R_{123} nối tiếp R_5 :



$$\Rightarrow R_{td} = R_4 + R_{123} + R_5 = 10 + 2 + 20 = 32\Omega$$

Áp dụng định luật ôm cho toàn mạch:

$$I = \frac{U}{R_{td}} = \frac{128}{32} = 4A$$



$$I_4 = I_5 = I_{123} = I = 4A$$

$$\Rightarrow U_4 = I_4 \cdot R_4 = 4 \cdot 10 = 40V$$

$$U_5 = I_5 \cdot R_5 = 4 \cdot 20 = 80V$$

$$U_{123} = I_{123} \cdot R_{123} = 4 \cdot 2 = 8V$$

$$\Rightarrow U_1 = U_2 = U_3 = U_{123} = 8V$$

$$\Rightarrow I_1 = \frac{U_1}{R_1} = \frac{8}{6} = 1,3(A) = I_2 = I_3$$

6. Bài tập áp dụng

Bài 1. Bốn điện trở R_1, R_2, R_3, R_4 mắc nối tiếp vào nguồn điện áp $U = 12V$ (điện trở trong bằng không). Dòng điện trong mạch $I = 25mA$, điện áp trên các điện trở R_1, R_2, R_3 là $2,5V; 3V; 4,5V$.

Vẽ sơ đồ cách đấu dây, cách mắc ampe kế, vôn kế để đo các đại lượng trên. Tính điện áp U_4 trên điện trở R_4 . Tính điện trở R_1, R_2, R_3, R_4 .

Đáp số: $U_4 = 2V; R_1 = 100\Omega; R_2 = 120\Omega; R_3 = 180\Omega; R_4 = 80\Omega$

Bài 2. Để có điện trở (tương đương) 150Ω , người ta đấu song song hai điện trở $R_1 = 330\Omega$ và R_2 . Tính R_2 .

Đáp số: $R_2 = 275\Omega$;

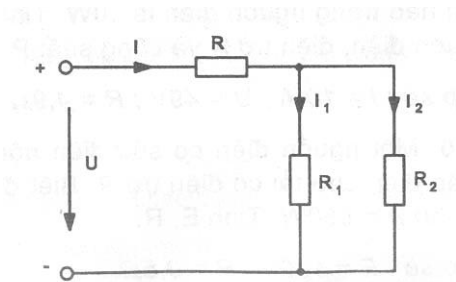
Bài 3. Hai điện trở $R_1 = 100\Omega$ và $R_2 = 47\Omega$ đấu song song, biết dòng điện ở mạch chính $I = 100mA$. Tính dòng điện qua các điện trở R_1, R_2 .

Đáp số: $I_1 = 32mA; I_2 = 68mA$;

Bài 4. Để có điện trở (tương đương) $1,5k\Omega$, người ta đấu nối tiếp ba điện trở $R_1 = 800\Omega$ và $R_2 = 500\Omega$. Tính R_3 .

Đáp số: $R_3 = 200\Omega$;

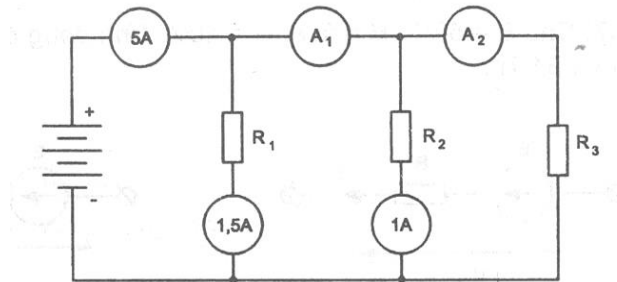
Bài 5. Dùng phép biến đổi tương đương, tính đường dòng điện trong các nhánh trên sơ đồ hình vẽ. Tính công suất nguồn và công suất trên các điện trở. Cho $U = 80V$; $R = 1,25\Omega$; $R_1 = 6\Omega$; $R_2 = 10\Omega$



Đáp số: $I_1 = 10A$; $I_2 = 6A$; $I = 16A$; $P = 1280W$; $P_R = 320W$

Bài 6:

Biết số chỉ của một số ampe kế trên hình. Xác định số chỉ của ampe kế A_1 và A_2 .



Đáp số: $I_{A1} = 3,5A$; $I_{A2} = 2,5A$

Câu hỏi ôn tập:

1. Mạch điện là gì? Mạch điện gồm những phần tử gì?
2. Phát biểu định luật Ohm.
3. Phát biểu định luật Kirchooff 1 và 2? Cho ví dụ.
4. Dòng điện là gì? Chiều dương của dòng điện quy ước thế nào?
5. Điện áp là gì? Chiều dương của điện áp quy ước thế nào?

CHƯƠNG 2: MẠCH ĐIỆN XOAY CHIỀU HÌNH SIN

Mã bài: MH 13 - 02

Giới thiệu:

Trong kỹ thuật và đời sống, dòng điện xoay chiều được dùng rộng rãi vì nó có nhiều ưu điểm so với dòng điện một chiều. Dòng điện xoay chiều dễ dàng truyền tải đi xa, dễ dàng thay đổi điện áp nhờ máy biến áp. Máy phát điện và động cơ điện xoay chiều làm việc tin cậy, vận hành đơn giản, chỉ số kinh tế, kỹ thuật cao. Khi cần thiết dễ dàng biến đổi dòng xoay chiều thành dòng một chiều nhờ các thiết bị chỉnh lưu.

Mục tiêu:

- Giải thích được các khái niệm cơ bản trong mạch xoay chiều (AC) như: chu kỳ, tần số, pha, sự lệch pha, trị biên độ, trị hiệu dụng... Phân biệt các đặc điểm cơ bản giữa dòng điện một chiều và dòng điện xoay chiều.
- Tính toán được các thông số (tổng trở, dòng điện, điện áp...) của mạch điện xoay một pha không phân nhánh.
- Thực hành lắp các bài thí nghiệm các mạch điện xoay chiều 1 pha
- Phát huy được tính cẩn thận, phương pháp học tư duy và nghiêm túc trong công việc.

Nội dung chính:

1. Các định nghĩa về dòng điện hình sin

1.1. Dòng điện xoay chiều

(AC: Alternating Current, kí hiệu: ~)

Dòng điện xoay chiều là dòng điện biến đổi cả chiều và trị số theo thời gian.

Dòng điện xoay chiều biến thiên theo quy luật hình sin của thời gian gọi là dòng điện xoay chiều hình sin (**Hình 1**).

Dòng điện xoay chiều hình sin là dòng điện xoay chiều đơn giản nhất và được dùng rất rộng rãi, nên khi nói đến dòng điện xoay chiều thì hiểu đó là dòng điện xoay chiều hình sin.

Biểu thức dòng điện:

$$i = I_m \sin(\omega t + \varphi_i) \text{ (A)}$$

Biểu thức điện áp:

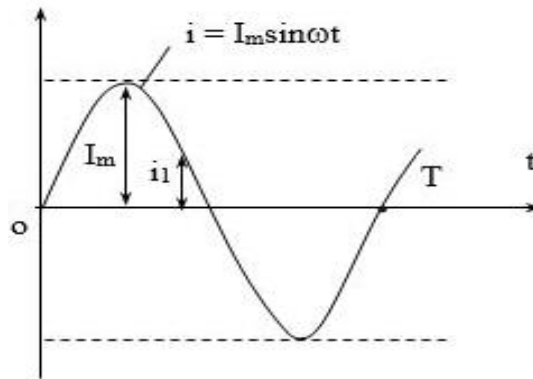
$$u = U_m \sin(\omega t + \varphi_u) \text{ (V)}$$

Trong đó:

i, u: là giá trị tức thời của dòng điện và điện áp.

I_m, U_m : là giá trị cực đại của dòng điện và điện áp.

$(\omega t + \varphi)$: góc lệch pha tại thời điểm (t).



Hình 1

1.2. Chu kỳ, tần số, tần số góc

- **Chu kỳ:** Khoảng thời gian ngắn nhất để dòng điện lặp lại quá trình biến thiên cũ gọi là chu kỳ của dòng điện xoay chiều (**Hình 2**).

Chu kỳ được kí hiệu là **T**. Đơn vị là giây (s).

- **Tần số:** là số chu kỳ mà dòng điện thực hiện được trong 1 giây

Tần số được kí hiệu là **f**: $f = 1/T$. Đơn vị là Hz.

Nước ta và phần lớn các nước trên thế giới đều sản xuất dòng điện công nghiệp có tần số danh định là 50Hz. Mỹ, Nhật và một số nước Tây Âu sử dụng dòng điện công nghiệp có tần số 60 Hz.

- **Tần số góc ω :** là tốc độ biến thiên của dòng điện hình sin, đơn vị là rad/s

Quan hệ giữa tần số góc ω và tần số **f**: $\omega = 2\pi/T = 2\pi.f$

Ví dụ 1:

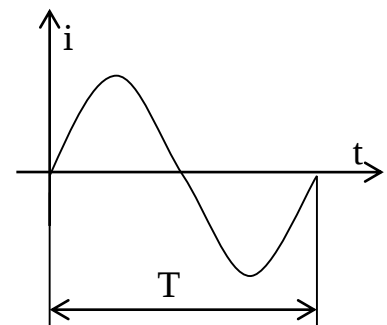
Chu kỳ của một dòng điện xoay chiều có tần số **f** = 50Hz là bao nhiêu ?

Giải:

Áp dụng công thức, ta có: $f = \frac{1}{T} = \frac{1}{50} = 0,02(s) = 20 \text{ ms}$

Ví dụ 2:

Một điện áp xoay chiều có tần số **f** = 50Hz và giá trị cực đại **U_m** = 34V. Hãy tính:



Hình 2

- a. Tần số góc ω
- b. Trị số tức thời u vào thời gian $t = 7 \text{ ms}$

Giải:

$$a. \omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi.f = 2\pi.50 = 100\pi = 314 \text{ rad/s}$$

$$b. u = U_m \cdot \sin(\omega t) = 34 \cdot \sin(314 \cdot 0,007) = 34 \cdot \sin 2,198 = 27,5 \text{ (V)}$$

2. Các đại lượng đặc trưng

Biểu thức dòng điện:

$$i = I_m \sin(\omega t + \varphi_i) \text{ (A)}$$

Biểu thức điện áp:

$$u = U_m \sin(\omega t + \varphi_u) \text{ (V)}$$

2.1. Trị số tức thời

- Trị số tức thời là trị số ứng với mỗi thời điểm t . Trong biểu thức $i = I_m \sin(\omega t + \varphi_i)$ trị số tức thời phụ thuộc vào biên độ I_m và góc pha $(\omega t + \varphi_i)$

- Kí hiệu $e, i, u \dots$

2.2. Trị số cực đại

- Trị số cực đại là trị số tức thời lớn nhất (biên độ). Biên độ I_m là trị số cực đại, nói lên dòng điện lớn hay nhỏ.

- Kí hiệu $U_m, I_m, E_m \dots$

2.3. Trị số hiệu dụng

- Định nghĩa: Trị số hiệu dụng của dòng điện xoay chiều là giá trị tương đương với dòng điện một chiều khi đi qua cùng một điện trở, trong một chu kì chúng cùng tỏa ra một năng lượng dưới dạng nhiệt như nhau.

- Kí hiệu: I, U, E

- **Quan hệ giữa trị số cực đại và trị số hiệu dụng**

$$I = \frac{I_m}{\sqrt{2}}; E = \frac{E_m}{\sqrt{2}}; U = \frac{U_m}{\sqrt{2}};$$

- *Trị số hiệu dụng được dùng để tính toán, vẽ đồ thị, các số liệu ghi trên dụng cụ, thiết bị điện, là trị số hiệu dụng.*

Ví dụ:

Cho biểu thức dòng điện và điện áp:

$$i = 10\sqrt{2} \sin(314t + \frac{\pi}{2}) \text{ (A)}$$

$$u = 220\sqrt{2}\sin(314t) \text{ (V)}$$

Xác định các đại lượng đặc trưng trong 2 biểu thức trên.

Giải:

- Trị số điện áp cực đại: $U_m = 220\sqrt{2} \text{ V}$
- Trị số dòng điện cực đại: $I_m = 10\sqrt{2} \text{ A}$
- Trị số điện áp hiệu dụng: $U = \frac{U_m}{\sqrt{2}} = \frac{220\sqrt{2}}{\sqrt{2}} = 220 \text{ V}$
- Trị số dòng điện hiệu dụng: $I = \frac{I_m}{\sqrt{2}} = \frac{10\sqrt{2}}{\sqrt{2}} = 10 \text{ A}$

2.4. Pha và sự lệch pha

Góc pha ($\omega t + \varphi_i$) nói lên trạng thái của dòng điện ở thời điểm t , ở thời điểm $t=0$ góc pha của dòng điện là φ_i , φ_i được gọi là góc pha ban đầu của dòng điện.

Góc pha ban đầu φ phụ thuộc vào thời điểm chọn làm gốc thời gian (thời điểm $t=0$).

Ở trên đã xét biểu thức trị số tức thời của dòng điện

$$i = I_m \sin(\omega t + \varphi_i)$$

Một cách tương tự, ta có biểu thức trị số tức thời của điện áp

$$u = U_m \sin(\omega t + \varphi_u)$$

Trong đó U_m , φ_u - biên độ, pha ban đầu của điện áp. Điện áp và dòng điện biến thiên cùng tần số, song phụ thuộc vào tính chất mạch điện, góc pha của chúng có thể trùng hoặc không trùng nhau, người ta gọi giữa chúng có sự lệch pha. Góc φ thường được dùng để ký hiệu góc lệch pha giữa điện áp và dòng điện:

$$\varphi = \varphi_u - \varphi_i$$

Khi:

$\varphi > 0$: điện áp nhanh pha hơn dòng điện (hoặc dòng điện chậm pha hơn điện áp).

$\varphi < 0$: điện áp chậm pha hơn dòng điện (hoặc dòng điện nhanh pha hơn điện áp).

$\varphi = 0$: điện áp trùng pha với dòng điện.

Ví dụ:

Hãy tính góc lệch pha φ và nhận xét góc lệch pha giữa u và i , cho biết:

$$i = 20\sqrt{2} \sin(\omega t - 10^\circ) \text{ A}$$

$$u = 100\sqrt{2} \sin(\omega t + 40^\circ) \text{ V}$$

Giải:

Góc lệch pha giữa u và i :

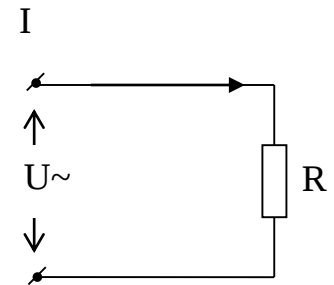
$$\varphi = \varphi_u - \varphi_i = 40 - (-10) = 50^\circ$$

Nhận xét: Điện áp nhanh pha hơn dòng điện 1 góc $\varphi = 50^\circ$

3. Mạch xoay chiều thuần trở

3.1. Sơ đồ mạch điện

Mạch xoay chiều chỉ có điện trở R được gọi là mạch thuần điện trở. Trong thực tế mạch của bóng đèn sợi đốt, lò điện, bếp điện... có thể coi là mạch xoay chiều thuần điện trở (**Hình 1**)



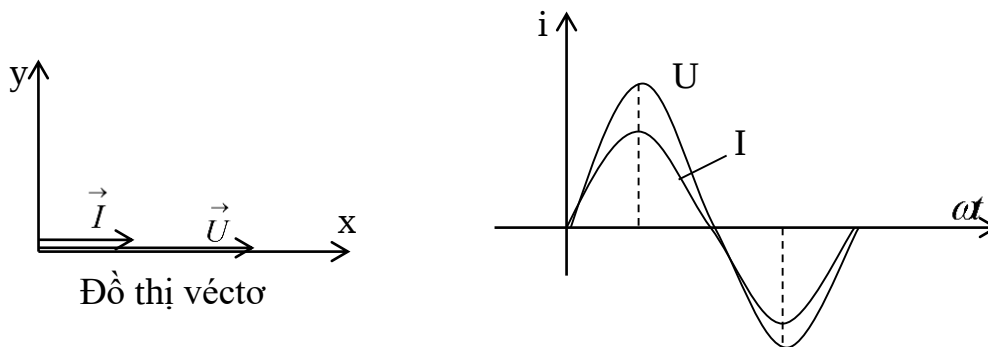
Hình 1

3.2. Quan hệ dòng áp:

- Trong mạch xoay chiều thuần điện trở dòng điện và điện áp cùng tần số và trùng pha nhau: $\varphi = \varphi_u - \varphi_i = 0$

$$u = U_m \sin(\omega t), i = I_m \sin(\omega t)$$

- Vẽ đồ thị hình sin và đồ thị vector (**Hình 2**)



Hình 2

Đồ thị hình sin

- Định luật ôm: $I = \frac{U}{R}$; $I_m = \frac{U_m}{R}$

- Công suất tác dụng: $P = U \cdot I = I^2 \cdot R$ (W)

Ví dụ:

Một bàn là có điện trở $R = 50 \Omega$ đặt vào nguồn điện xoay chiều có biểu thức điện áp: $u = 220\sqrt{2} \sin(314t)$.

a. Viết biểu thức cường độ dòng điện

b. Tính công suất điện bản là tiêu thụ

Giải:

a. Biểu thức cường độ dòng điện có dạng: $i = I_m \sin(314t)$ (do dòng điện và điện áp cùng tần số và trùng pha nhau)

$$I_m = \frac{U_m}{R} = \frac{220\sqrt{2}}{50} = 4,4\sqrt{2} \text{ (A)}$$

Thay vào biểu thức dòng điện ta có: $i = 4,4\sqrt{2} \cdot \sin(314t)$ (A)

b. Tính công suất điện bản là tiêu thụ:

$$P = U \cdot I = I^2 \cdot R = 4,4^2 \cdot 50 = 968 \text{ (W)}$$

4. Mạch xoay chiều thuần cảm

4.1. Sơ đồ mạch điện

Mạch xoay chiều chỉ có phần tử điện cảm L được nối vào mạch là mạch thuần điện cảm (**Hình 1**).

Giả sử 2 đầu đoạn mạch thuần điện cảm đặt vào điện áp xoay chiều U, trong mạch xuất hiện dòng điện i có biểu thức

$i = I_m \sin \omega t$. Dòng điện i biến thiên làm xuất hiện sđđ tự cảm e_L trong cuộn dây xác định theo công thức:

$$e_L = - L \cdot \frac{di}{dt}$$

Áp dụng định luật Kirchhoff 2 cho đoạn mạch ta có: $U_L + e_L = i \cdot R = 0$ (vì $R=0$)

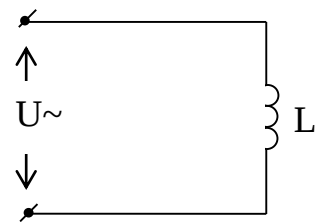
Ta có: $U = - e_L$

4.2. Quan hệ dòng áp

- Trong mạch xoay chiều thuần điện cảm, dòng điện và điện áp biến thiên cùng tần số, nhưng điện áp nhanh pha hơn dòng điện một góc 90° :

$$\varphi = \varphi_u - \varphi_i = 90^\circ$$

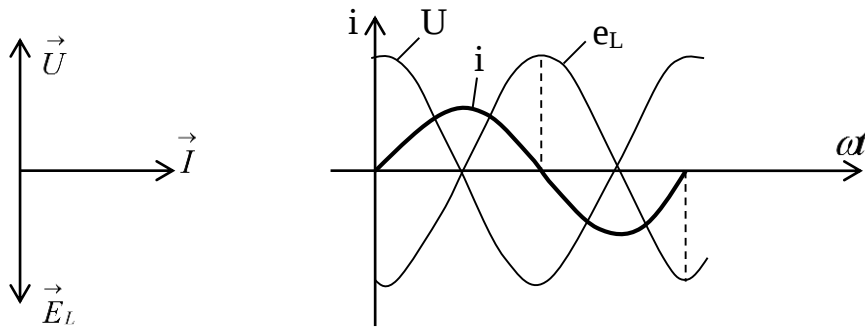
- Biểu thức $i = I_m \sin \omega t$ (A), $u = U_m \sin(\omega t + 90^\circ)$ (V)



Hình 1

- Vẽ đồ thị hình sin và đồ thị vectơ (**Hình 2**)

- Định luật ôm – Cảm kháng:



$$I = \frac{U}{X_L}; \quad X_L = \omega.L = 2.\pi.f.L$$

X_L gọi là cảm kháng điện cảm của mạch xoay chiều gọi tắt là cảm kháng, đơn vị là Ω

Ví dụ:

Một cuộn dây thuần điện cảm $L = 0,015H$, đặt vào nguồn điện xoay chiều có điện áp: $u = 100\sqrt{2}\sin(314t + 60^\circ)$ V. Tính trị số hiệu dụng I và góc pha ban đầu dòng điện

Giải:

Cảm kháng điện cảm: $X_L = \omega.L = 314.0,015 = 4,71 \Omega$

Trị số hiệu dụng I : $I = \frac{U}{X_L} = \frac{100}{4,71} = 21,23$ (A)

Góc pha ban đầu dòng điện: $\varphi_i = \varphi_u - \varphi = 60 - 90 = -30^\circ$

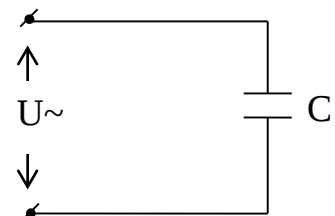
Trị số tức thời dòng điện là:

$$u = 21,23\sqrt{2}\sin(314t - 30^\circ)$$

5. Mạch xoay chiều thuần dung

5.1. Sơ đồ mạch điện

Mạch xoay chiều có tụ điện, điện dẫn không đáng kể, hệ số tự cảm L rất nhỏ, chỉ có thành phần điện dung C gọi là mạch xoay chiều thuần điện dung (**Hình 1**)



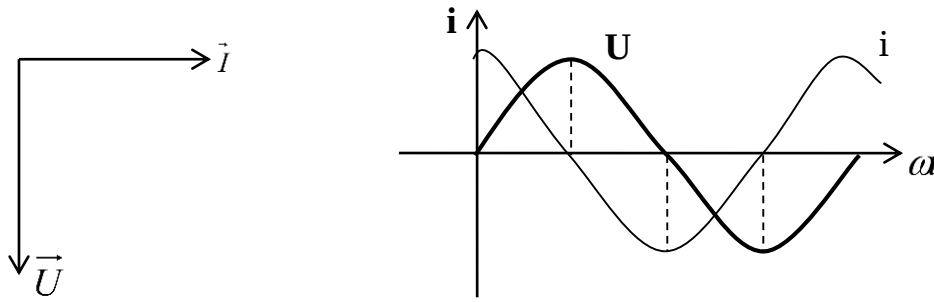
Hình 1

5.2. Quan hệ dòng áp:

- Trong mạch xoay chiều thuần điện dung, dòng điện và điện áp biến thiên cùng tần số, nhưng điện áp chậm pha sau dòng điện một góc 90° :

$$\varphi = \varphi_u - \varphi_i = -90^\circ$$

- Biểu thức: $i = I_m \sin(\omega t + 90^\circ)$, $u = U_m \sin(\omega t)$
- Vẽ đồ thị hình sin và đồ thị vectơ (**Hình 2**)



Hình 2

- Định luật ôm – dung kháng:

$$I = \frac{U}{X_C} \Rightarrow X_C = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{2\pi f C}$$

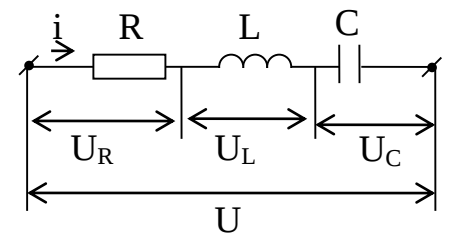
X_C : gọi là trở kháng điện dung của mạch xoay chiều gọi tắt là dung kháng.

Đơn vị: Ω

6. Mạch xoay chiều R-L-C nối tiếp

6.1. Hiện tượng vật lý

- Mạch xoay chiều không phân nhánh có cả 3 thành phần R, L, C nối tiếp. Giả sử đặt điện áp xoay chiều U vào mạch điện, trong mạch có dòng $i = I_m \sin \omega t$. Dòng điện qua R- L- C làm giáng trên đó những thành phần điện áp tương ứng (**Hình 1**)



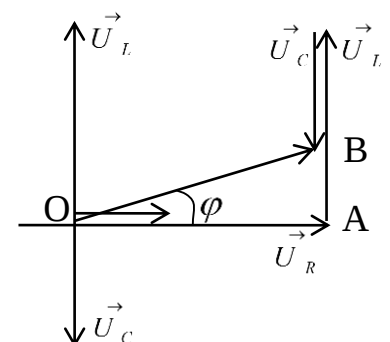
Hình 1

- Thành phần trên điện trở U_R gọi là thành phần tác dụng của điện áp trùng pha với dòng điện có trị số: $U_R = I \cdot R$

- Thành phần trên điện cảm U_L nhanh pha dòng điện 90° có trị số: $U_L = X_L \cdot I$

- Thành phần trên điện dung U_C chậm pha hơn dòng điện 90° có trị số: $U_C = X_C \cdot I$

- Đồ thị vectơ: (**Hình 2**)



Hình 2

- Vector U là cạnh huyền của tam giác vuông OAB. Hai cạnh góc vuông:
- Cạnh OA = $U_R = I \cdot R$ là thành phần tác dụng
- Cạnh AB = $U_L - U_C = I \cdot (X_L - X_C) = I \cdot X = U_X$ là thành phần phản kháng.

Tam giác vuông có 2 cạnh vuông góc là 2 thành phần điện áp, cạnh huyền là véctơ điện áp tổng, được gọi là tam giác điện áp của mạch xoay chiều không phân nhánh. Từ tam giác điện áp theo định lý pitago ta có:

$$U = \sqrt{U_R^2 + U_X^2} = \sqrt{U_R^2 + (U_L - U_C)^2}$$

- Về góc lệch pha điện áp lệch pha với dòng điện 1 góc φ

$$\operatorname{tg}\varphi = \frac{AB}{OA} = \frac{U_X}{U_R} = \frac{U_L - U_C}{U_R}$$

Biểu thức hình sin của điện áp: $u = U_m \sin(\omega t + \varphi_u)$ (V)

- Khi $X_L > X_C$ ($U_L > U_C$), $\varphi > 0$ điện áp nhanh pha hơn dòng điện 1 góc φ , mạch có tính chất điện cảm.

- Khi $X_L < X_C$ ($U_L < U_C$), $\varphi < 0$ điện áp chậm pha hơn dòng điện 1 góc φ , mạch có tính chất điện dung.

- Khi $X_L = X_C$ ($U_L = U_C$), $\varphi = 0$ điện áp trùng pha với dòng điện, mạch có tính chất thuần trở.

Từ tam giác điện áp nếu biết U và góc lệch pha φ thì sẽ xác định được các thành phần điện áp theo công thức: $U_R = U \cdot \cos\varphi$; $U_X = U \cdot \sin\varphi$

6.2. Định luật ôm - Tổng trở - Tam giác trở kháng

- Định luật ôm:

Từ công thức:

$$U = \sqrt{U_R^2 + (U_L - U_C)^2} = \sqrt{(I \cdot R)^2 + (I \cdot X_L - I \cdot X_C)^2} = I \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2} = I \cdot Z$$

$$\Rightarrow I = \frac{U}{\sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}};$$

$\sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2} = Z$ được gọi là trở kháng toàn phần, hay tổng trở của mạch xoay chiều đơn vị là Ω .

Công thức định luật ôm trong mạch R - L - C nối tiếp: $I = \frac{U}{Z}$

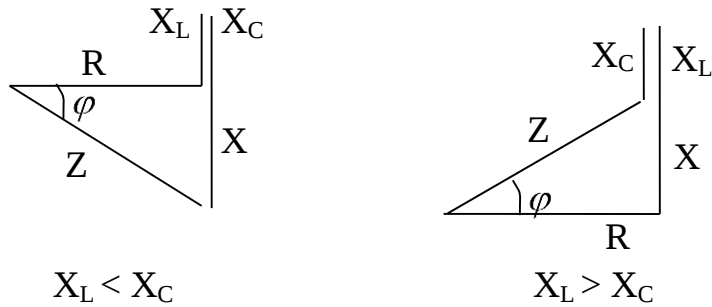
$X_L - X_C = X$ được gọi là trở kháng phản kháng của mạch hay điện kháng.

- Tam giác trở kháng (**Hình 3**)

Nếu chia cả 3 cạnh của tam giác điện áp OAB cho dòng điện I ta được 1 tam giác mới đồng dạng với tam giác cũ có 3 cạnh là 3 thành phần trở kháng được gọi là tam giác trở kháng hay tam giác tổng trở.

- Cạnh huyền $Z = \frac{U}{I}$ là tổng trở

- Hai cạnh góc vuông: $\frac{U_R}{I} = R$, điện trở ; $X = \frac{U_X}{I}$, điện kháng.



Hình 3

- Từ tam giác trở kháng nếu biết R , X thì xác định được Z và góc lệch pha φ :

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

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{X}{R} = \frac{X_L - X_C}{R}$$

Nếu $X_L > X_C$ thì $\varphi > 0$; $X_L < X_C$ thì $\varphi < 0$

- Nếu biết tổng trở Z và góc lệch pha φ thì tìm được 2 thành phần trở kháng:
 $R = Z \cdot \cos \varphi$; $X = Z \cdot \sin \varphi$

Ví dụ 1:

Một mạch điện gồm $R = 10\Omega$, $X_L = 16\Omega$, $X_C = 11\Omega$ nối tiếp. Điện áp nguồn $u = 200\sqrt{2} \sin(\omega t + 50^\circ)$. Viết biểu thức dòng điện trong mạch.

Giải:

Biểu thức dòng điện trong mạch có dạng:

$$i = I_m \sin(\omega t + \varphi_i) \text{ A}$$

- Tính tổng trở của mạch:

$$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2} = \sqrt{10^2 + (16 - 11)^2} = 11,18 \Omega$$

- Tính dòng điện trong mạch:

$$I = \frac{U}{\sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}} = I = \frac{200}{11,18} = 17,88 \text{ A}$$

- Tính φ_i :

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{X}{R} = \frac{X_L - X_C}{R} = \frac{16 - 11}{10} = 0,5$$

$$\varphi = \arctg 0,5 = 26,56^0 = \varphi_u - \varphi_i$$

$$\varphi_i = \varphi_u - \varphi = 50 - 26,56 = 23,44^0$$

Vậy biểu thức cường độ dòng điện có dạng:

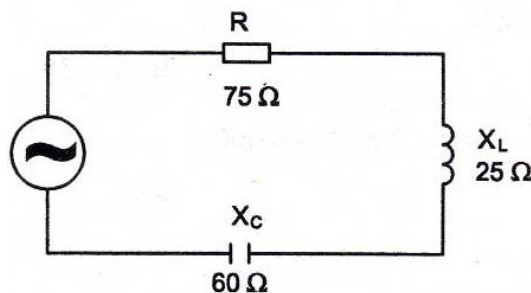
$$i = 17,88\sqrt{2}\sin(\omega t + 23,44^0) \text{ A}$$

Ví dụ 2:

Cho mạch điện R, L, C nối tiếp, các thông số như hình vẽ, biết điện áp đầu cực của nguồn

$$u = 10\sqrt{2}\sin \omega t$$

Tính dòng điện I và điện áp trên các phần tử U_R , U_L , U_C .



Giải:

Tổng trở của mạch điện R, L, C nối tiếp.

$$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2} = \sqrt{75^2 + (25 - 60)^2} = 82,8\Omega$$

Dòng điện I chạy trong mạch

$$I = \frac{U}{Z} = \frac{10}{82,8} = 0,121 \text{ A}$$

Điện áp trên các phần tử:

$$U_R = I.R = 75.0,121 = 9,08 \text{ V}$$

$$U_L = I.X_L = 25.0,121 = 3,03 \text{ V}$$

$$U_C = I.X_C = 60.0,121 = 7,27 \text{ V}$$

Góc lệch pha giữa điện áp và dòng điện:

$$\tg \varphi = \frac{X_L - X_C}{R} = \frac{25 - 60}{75} = -0,466$$

$\varphi = -25^0$, $\varphi < 0$ cho ta biết dòng điện nhanh pha hơn điện áp.

7. Công suất dòng điện xoay chiều hình sin

7.1. Công suất tác dụng

Công suất tác dụng P là công suất điện trở R tiêu thụ, đặc trưng cho quá

trình biến đổi điện năng thành các dạng năng lượng khác như nhiệt năng, quang năng,...

$$P = U.I.\cos \varphi = I^2.R$$

Đơn vị đo: W

Công suất tác dụng còn gọi là công suất hữu công.

7.2. Công suất phản kháng

Công suất phản kháng Q đặc trưng cho khả năng trao đổi năng lượng giữa điện trường và từ trường của mạch điện với nguồn điện.

Công suất phản kháng của mạch:

$$Q = I.U_X = U.I.\sin \varphi = I^2.(X_L - X_C) = I^2.X$$

Đơn vị đo: VAr.

Công suất phản kháng gọi là công suất vô công.

7.3. Công suất biểu kiến

Trong trường hợp tổng quát mạch xoay chiều có 2 loại công suất

Công suất tác dụng P là công suất trung bình tiêu thụ trên điện trở R

Công suất phản kháng Q đặc trưng cho sự trao đổi năng lượng giữa nguồn với các điện trường và từ trường

Nhưng cả 2 loại công suất này chưa đặc trưng cho khả năng làm việc của thiết bị. Để đặc trưng cho khả năng chứa công suất của thiết bị người ta dùng một khái niệm công suất khác đó là công suất biểu kiến hay công suất toàn phần S:

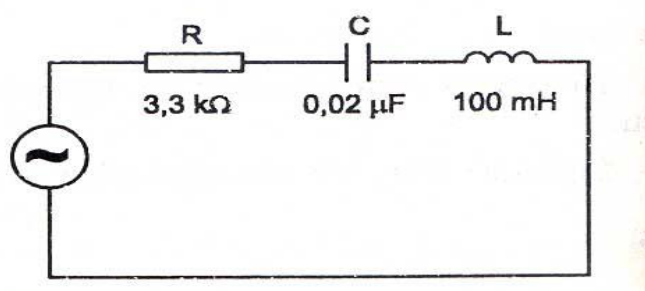
$$S = U.I = I^2.Z$$

Đơn vị của công suất biểu kiến là: VA

8. Bài tập áp dụng:

Bài 1:

Một mạch điện R, L, C nối tiếp. Điện áp đầu cực của nguồn $U = 20V$, tính dòng điện trong mạch khi tần số $f = 1kHz$ và $f = 2kHz$.



Giải:a. Khi $f = 1\text{kHz}$

$$X_L = 2\pi fL = 2\pi \cdot 10^3 \cdot 100 \cdot 10^{-3} = 628\Omega$$

$$X_C = \frac{1}{2\pi fC} = \frac{1}{2\pi \cdot 10^3 \cdot 2 \cdot 10^{-8}} = 7960\Omega$$

$$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2} = \sqrt{3300^2 + (628 - 7960)^2} = 8040\Omega$$

$$I = \frac{U}{Z} = \frac{20}{8,04 \cdot 10^3} = 2,48 \cdot 10^{-3} \text{ A}$$

b. Khi $f = 2\text{kHz}$

$$X_L = 2\pi fL = 2\pi \cdot 2 \cdot 10^3 \cdot 100 \cdot 10^{-3} = 1260\Omega$$

$$X_C = \frac{1}{2\pi fC} = \frac{1}{2\pi \cdot 2 \cdot 10^3 \cdot 2 \cdot 10^{-8}} = 3980\Omega$$

$$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2} = \sqrt{3300^2 + (1260 - 3980)^2} = 4280\Omega$$

$$I = \frac{U}{Z} = \frac{20}{4,28 \cdot 10^3} = 4,67 \cdot 10^{-3} \text{ A}$$

Bài 2:

Một mạch điện R, L nối tiếp. Biết điện trở $R=10\text{k}\Omega$, $L=100\text{ mH}$ dòng điện $I=0,2\text{mA}$, tần số dòng điện $f = 10\text{kHz}$.

a. Xác định điện áp U_R , U_L , U .b. Thay $L = C$, cho biết dòng điện I có trị số không đổi. Xác định C **Giải:**

a, Mạch RL nối tiếp:

$$X_L = 2\pi fL = 2\pi \cdot 10 \cdot 10^3 \cdot 100 \cdot 10^{-3} = 6280\Omega$$

$$Z = \sqrt{R^2 + X_L^2} = \sqrt{10000^2 + 6280^2} = 11800\Omega$$

$$U = ZI = 11,8 \cdot 10^3 \cdot 0,2 \cdot 10^{-3} = 2,36\text{V}$$

$$U_L = X_L I = 6,28 \cdot 10^3 \cdot 0,2 \cdot 10^{-3} = 1,256\text{V}$$

$$U_R = RI = 10 \cdot 10^3 \cdot 0,2 \cdot 10^{-3} = 2\text{V}$$

b. Mạch RC nối tiếp:

Vì I không đổi, nên tổng trở Z không đổi. Từ biểu thức:

$$Z = \sqrt{R^2 + X_C^2}$$

ta có:

$$X_C = \sqrt{Z^2 - R^2} = \sqrt{11800^2 - 10000^2} = 6280\Omega$$

$$C = \frac{1}{2\pi f X_C} = \frac{1}{2\pi \cdot 10 \cdot 10^3 \cdot 6,28 \cdot 10^3} = 2,53 \cdot 10^{-9} F$$

Bài 3:

Biểu thức trị số tức thời của dòng điện và điện áp một nhánh là $i = 10\sqrt{2} \sin(\omega t - 15^\circ)$ và $u = 200\sqrt{2} \sin(\omega t + 25^\circ)$. Hãy xác định $I_m, U_m, I, U, \varphi_i, \varphi_u, \varphi$. Đây là nhánh có tính chất gì?

Đáp số: $I_m = 10\sqrt{2} A$; $U_m = 200\sqrt{2} V$; $I = 10 A$, $U = 200V$; $\varphi_i = -15$; $\varphi_u = 25$; $\varphi = 40$. Nhánh có tính chất cảm kháng.

Bài 4:

Nguồn điện $U = 230V$ đấu vào mạch điện có $R = 57\Omega$; $X_L = 100\Omega$ mắc nối tiếp. Tính I ; U_R ; U_L ; $\cos\varphi$; P ; Q của mạch

Đáp số: $I = 2 A$; $U_R = 114V$; $U_L = 200V$; $\cos\varphi = 0,495$; $P = 228W$; $Q = 400Var$

Bài 5:

Một nguồn điện có tần số $f = 10kHz$ cung cấp điện cho tải có $R = 10k\Omega$; $L = 100mH$ mắc nối tiếp. Người ta muốn có $I = 0,2mA$. Hãy xác định nguồn điện áp U .

Đáp số: $U = 2,36V$

Bài 6:

Một nguồn điện $U = 15V$; $f = 10kHz$ cung cấp điện cho tải có $R = 1k\Omega$; $C = 0,005\mu F$ mắc nối tiếp. Tính I ; $\cos\varphi$; P ; Q ; U_R ; U_C

Đáp số: $I = 4,5mA$; $\cos\varphi = 0,3$; $P = 20,25mW$; $Q = -64,395mVar$; $U_R = 4,5V$; $U_C = 14,31V$

Bài 7:

Một nguồn điện có điện áp U_1 , cung cấp điện cho tải có $R = 15\Omega$; $X_C = 20\Omega$ mắc nối tiếp. Biết công suất tác dụng của mạch điện $P = 240W$. Tính $I, U_R, U_C, U, \cos\varphi, Q$ của mạch điện.

Đáp số: $I = 4A$; $U_R = 60V$; $U_C = 80V$; $U = 100V$; $\cos\varphi = 0,6$ (dòng điện nhanh pha hơn điện áp); $Q = -320Var$

Bài 8:

Cho một cuộn dây có $R = 4\Omega$; $X_L = 25\Omega$ mắc nối tiếp với tụ điện có $X_C = 22\Omega$ đấu vào nguồn $U = 220V$

a. Tính $I, Q_L, Q_C, Q, \cos\varphi$ của mạch

b. Tính điện áp đặt lên cuộn dây và điện áp đặt lên tụ điện

Đáp số:

a. $I = 44\text{A}$; $P = 7744\text{W}$

$Q_L = 48400\text{VAr}$; $Q_C = 42592\text{VAr}$

$Q = 5808\text{VAr}$; $\cos\varphi = 0,8$ (dòng điện chậm pha điện áp góc $36,87^\circ$)

b. $U_L = 1113,99\text{V}$; $U_C = 968\text{V}$

Câu hỏi ôn tập

1. Dòng điện xoay chiều hình sin là gì? Biểu thức trị số tức thời, trị số hiệu dụng ? Ý nghĩa trị số hiệu dụng?

2. Hãy viết biểu thức I , φ , vẽ đồ thị vector cho các nhánh sau: R, L, C, RL, RC, LC, RLC nối tiếp.

3. Các biểu thức tính công suất tác dụng P ? P là công suất tiêu thụ của phần tử nào trong mạch điện ? Ý nghĩa của công suất tác dụng P ? Đơn vị của P ?

4. Các biểu thức tính công suất phản kháng Q ? Q là công suất tiêu thụ của phần tử nào trong mạch điện? Ý nghĩa của công suất phản kháng Q ? Đơn vị của Q ?

5. Các biểu thức tính công suất biểu kiến S ? Ý nghĩa của công suất biểu kiến S ? Đơn vị của S ?

CHƯƠNG 3: MẠCH ĐIỆN XOAY CHIỀU BA PHA

Mã bài: MH 09 - 03

Giới thiệu:

Ngày nay dòng điện xoay chiều ba pha được sử dụng rộng rãi trong các ngành sản xuất vì:

- Động cơ điện ba pha có cấu tạo đơn giản và đặc tính tốt hơn động cơ một pha.
- Truyền tải điện năng ba pha tiết kiệm dây dẫn, giảm bớt tổn thất điện năng và tổn thất điện áp so với truyền tải điện năng bằng dòng điện một pha.

Mục tiêu:

Nội dung chính:

- Phân tích được khái niệm và các ý nghĩa, đặc điểm về mạch xoay chiều ba pha.
- Phân tích và vận dụng được các dạng sơ đồ đấu dây trong mạng ba pha.
- Giải được các dạng bài toán về mạng ba pha cân bằng.
- Lắp sơ đồ đấu dây động cơ ba pha, xác định cách đấu dây.
- Phát huy được tính cẩn thận, phương pháp học tư duy và nghiêm túc trong công việc.

1. Khái niệm chung

1.1. Hệ thống ba pha cân bằng

Mạch điện xoay chiều ba pha là mạch điện có nguồn tác động là nguồn điện xoay chiều ba pha.

Mạch xoay chiều 3 pha bao gồm:

- Nguồn 3 pha
- Phụ tải 3 pha
- Dây dẫn 3 pha

Nguồn xoay chiều 3 pha bao gồm 3 nguồn một pha có cùng tần số, cùng biên độ, nhưng lệch pha nhau một góc pha ban đầu là 120° .

Để tạo ra nguồn 3 pha, người ta sử dụng máy phát điện đồng bộ 3 pha.

1.2. Nguyên lý tạo ra nguồn xoay chiều ba pha

a. Cấu tạo:

Về nguyên tắc máy phát điện 3 pha gồm 2 phần:

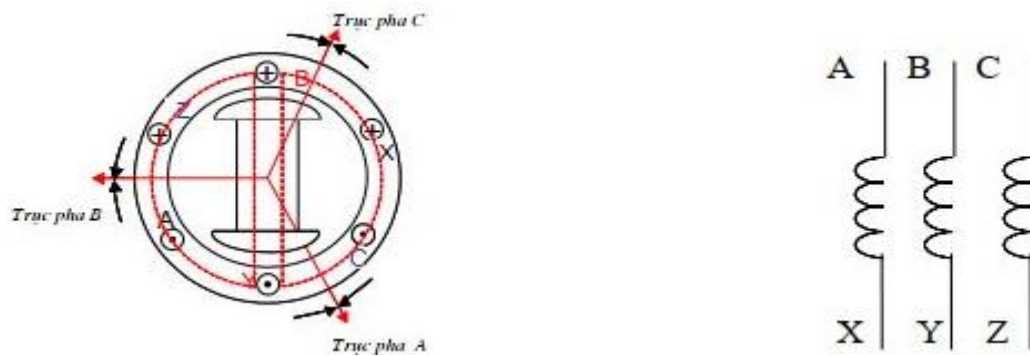
- **Phần tĩnh (Stator):** gồm có 3 cuộn dây có cấu tạo giống nhau đặt rải ở bề mặt lõi thép stato. Trục của chúng lệch nhau 120° trong không gian (1/3 vòng tròn) gọi là các cuộn dây pha. Đầu của các cuộn dây kí hiệu là: A, B, C. Cuối các cuộn dây kí hiệu là X, Y, Z (**Hình 1**).

AX là cuộn dây pha A

BY là cuộn dây pha B

CZ là cuộn dây pha C

- **Phần quay (Rotor):** là nam châm điện N-S (có lõi thép và cuộn dây). Trên hình vẽ là nam châm điện có 2 cực N và S. Hệ thống cực từ thường được chế tạo để có cường độ từ cảm phân bố trên mặt cực theo quy luật hình sin (đặt ở rôto)



Hình 1

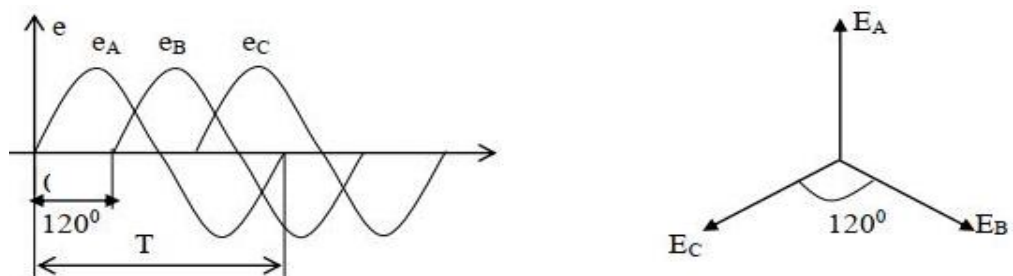
b. Nguyên lý làm việc

Khi động cơ sơ cấp kéo phần quay (Rotor) quay, từ trường sẽ quét qua các cuộn dây pha A, pha B, pha C của stato và trong cuộn dây pha Stato xuất hiện sức điện động cảm ứng, sức điện động này có dạng hình sin cùng biên độ, cùng tần số góc ω và lệch pha nhau một góc 120° (**Hình 2**). Nếu coi sức điện động pha A có góc pha đầu bằng 0 thì biểu thức của sức điện động 3 pha là:

$$e_A = E \sqrt{2} \sin \omega t$$

$$e_B = E \sqrt{2} \sin(\omega t - 120^\circ)$$

$$e_C = E \sqrt{2} \sin(\omega t + 120^\circ)$$



Hình 2

1.3. Đặc điểm và ý nghĩa

Nếu mỗi pha của nguồn điện ba pha nối riêng rẽ với mỗi pha của tải, thì ta có hệ thống ba pha không liên hệ nhau. Mỗi mạch điện như vậy gọi là một pha của mạch điện ba pha.

Mạch điện ba pha không liên hệ nhau cần 6 dây dẫn, không tiết kiệm nên thực tế không dùng.

Thường ba pha của nguồn điện nối với nhau, ba pha của tải nối với nhau và có đường dây ba pha nối nguồn với tải, dẫn điện năng từ nguồn với tải. Thông thường dùng 2 cách nối: nối hình sao ký hiệu là Y và nối hình tam giác ký hiệu là Δ .

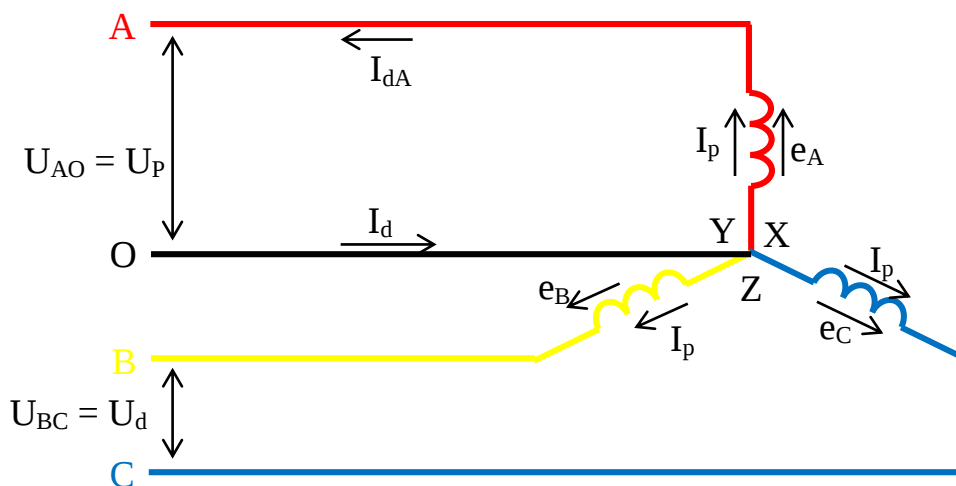
Điện áp, dòng điện mỗi pha của nguồn điện (hoặc tải) gọi là điện áp pha ký hiệu là U_p , dòng điện pha ký hiệu là I_p .

Dòng điện chạy trên đường dây pha từ nguồn đến tải gọi là dòng điện dây ký hiệu là I_d , điện áp giữa các đường dây gọi là điện áp dây, ký hiệu là U_d .

Các quan hệ giữa đại lượng pha và đại lượng dây phụ thuộc vào cách nối (hình sao hay tam giác) sẽ xét kỹ ở các phần tiếp theo.

2. Sơ đồ đấu dây mạch ba pha

2.1. Các định nghĩa



Hình 3

Mạch ba pha cân bằng (Mạch ba pha đối xứng) khi nguồn, phụ tải và đường dây cân bằng (**Hình 3**).

Mạch ba pha không cân bằng nếu không thỏa mãn một trong các điều kiện nêu trên.

Dây dẫn nối với các điểm đầu A, B, C gọi là dây pha.

Dây dẫn nối với điểm trung tính gọi là dây trung tính.

Mạch điện chỉ có 3 dây pha A, B, C gọi là mạch 3 pha 3 dây

Mạch có 3 dây pha A, B, C và có dây trung tính O thì gọi là mạch 3 pha 4 dây.

Dòng điện đi trong các cuộn dây pha gọi là dòng điện pha. Ký hiệu: I_p

Dòng điện đi trong các dây pha gọi là dòng điện dây. Ký hiệu: I_d

Dòng điện đi trong dây trung tính ký hiệu là I_0

Điện áp pha là điện áp giữa điểm đầu và điểm cuối của mỗi pha hoặc giữa dây pha và dây trung tính. Ký hiệu: $U_p = U_{AO} = U_{BO} = U_{CO}$

Điện áp dây là điện áp giữa hai dây pha với nhau. Ký hiệu: $U_d = U_{AB} = U_{BC} = U_{CA}$

2.2. Mạch ba pha cân bằng nối sao

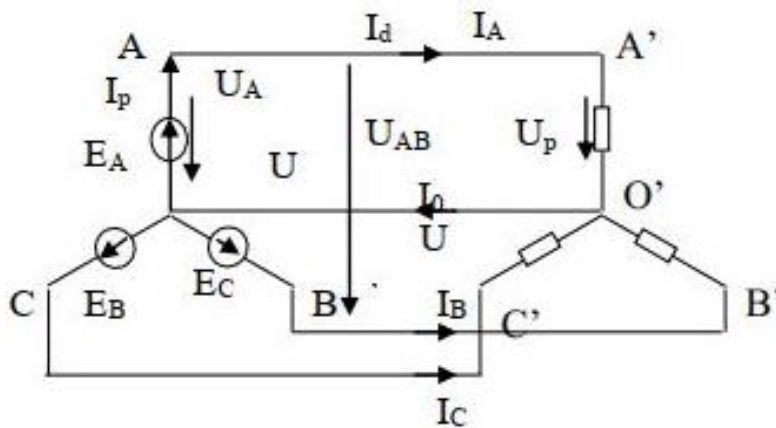
a. Nguyên tắc nối dây: Hình 4

Khi nối hình sao ta nối 3 điểm cuối của pha với nhau tạo thành điểm trung tính.

Đối với nguồn, ta nối X, Y, Z với nhau tạo thành điểm trung tính O của nguồn.

Đối với tải, ta nối X', Y', Z' với nhau tạo thành điểm trung tính O' của tải.

Ba dây nối các điểm đầu của nguồn và tải là AA', BB', CC' gọi là dây pha, dây nối OO' gọi là dây trung tính



Hình 4

b. Quan hệ giữa đại lượng dây và pha:

- Quan hệ giữa dòng điện dây và dòng điện pha:

Dòng điện pha là dòng điện chạy trong mỗi pha của nguồn hoặc tải. Ký hiệu: I_p .

Dòng điện dây là dòng chạy trong các dây nối giữa nguồn và tải. Ký hiệu: I_d .

Từ hình vẽ ta thấy dòng điện dây có giá trị bằng dòng điện pha: $I_d = I_p$

- Quan hệ giữa điện áp dây và điện áp pha:

Điện áp pha là điện áp giữa điểm đầu và điểm cuối của mỗi pha hoặc giữa dây pha và dây trung tính. Ký hiệu: U_p

Điện áp dây là điện áp giữa 2 dây pha. Ký hiệu: U_d

Mối quan hệ giữa U_p , U_d :

$$U_d = \sqrt{3} \cdot U_p$$

Ví dụ 1:

Một nguồn điện ba pha đối xứng nối hình sao điện áp ba pha nguồn $U_p = 220V$.

Nguồn cung cấp điện cho tải R ba pha đối xứng. Biết dòng điện dây $I_d = 10A$. Tính điện áp dây U_d , điện áp pha của tải, dòng điện pha của tải và của nguồn. Vẽ đồ thị vector.

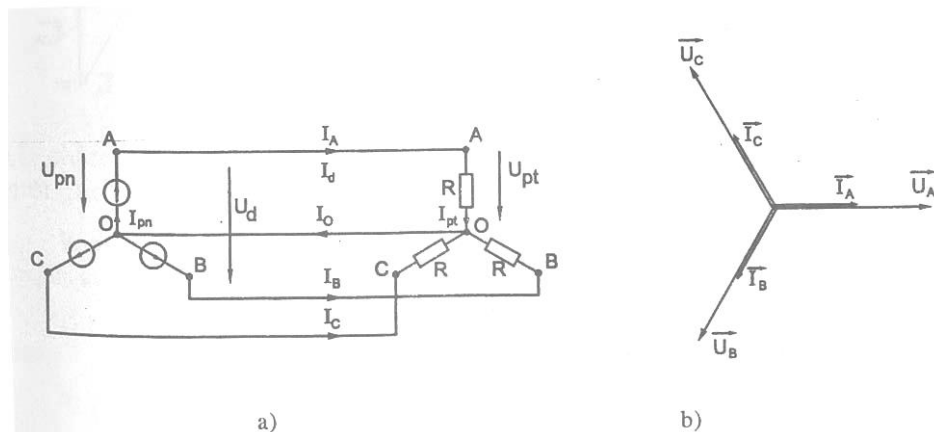
Giải:

Nguồn nối hình sao, áp dụng công thức tính để điện áp dây là:

$$U_d = \sqrt{3} \cdot U_p = \sqrt{3} \cdot 220 = 380V$$

Tải nối hình sao, biết: $U_d = 380V$,

$$\text{Điện áp pha của tải là: } U_{pt} = \frac{U_d}{\sqrt{3}} = \frac{380}{\sqrt{3}} = 220V$$



Nguồn nối sao, tải nối sao, áp dụng công thức ta có

Dòng điện pha nguồn: $I_{pn} = I_d = 10A$

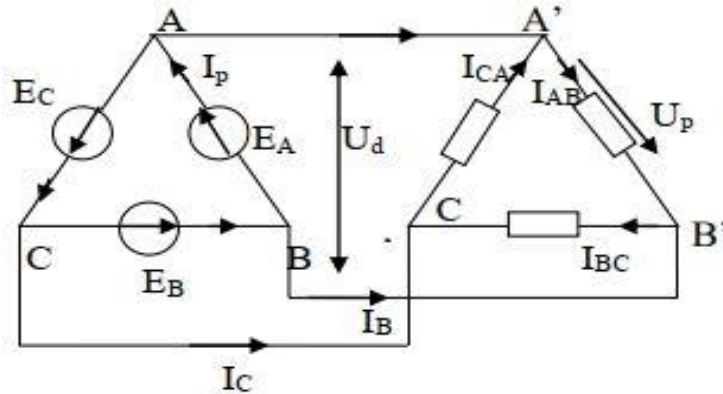
Dòng điện pha của tải: $I_{pt} = I_d = 10A$

Vì tải thuần điện trở R, điện áp pha của tải trùng pha với dòng điện pha của tải I_{pt}

2.3. Mạch ba pha cân bằng nối tam giác

a. Nguyên tắc nối dây: Hình 5

Khi nối hình tam giác ta lấy đầu pha này nối với cuối pha kia, ví dụ: A nối với Z, B nối với X, C nối với Y.



Hình 5

b. Quan hệ giữa đại lượng dây và pha:

- Quan hệ giữa dòng điện dây và dòng điện pha:

Mối quan hệ giữa I_p , I_d :

$$I_d = \sqrt{3} \cdot I_p$$

- Quan hệ giữa điện áp dây và điện áp pha:

Từ hình vẽ ta thấy điện áp dây chính là điện áp pha:

$$U_d = U_p$$

Ví dụ 1:

Một mạch điện ba pha, nguồn điện nối sao, tải nối hình tam giác (**Hình 6**).

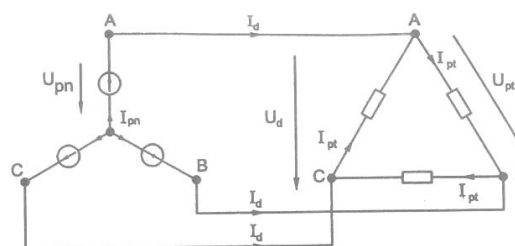
Biết tiết điện áp pha của nguồn $U_{pn} = 2\text{kV}$, dòng điện pha của nguồn $I_{pn} = 20\text{A}$.

a. Hãy vẽ sơ đồ nối dây mạch ba pha và trên sơ đồ ghi rõ các đại lượng pha và dây.

b. Hãy xác định dòng điện pha và điện áp pha của tải I_{pt} , U_{pt} .

Giải:

a. Sơ đồ nối dây mạch điện



Hình 6

b. Vì nguồn nối hình sao, nên dòng điện dây bằng dòng điện pha.

$$I_d = I_{pn} = 20A$$

Điện áp dây bằng $\sqrt{3}$ lần điện áp pha nguồn.

$$U_d = \sqrt{3} U_{pn} = \sqrt{3} . 2 = 3,464 \text{ kV}$$

Vì tải nối hình tam giác, nên điện áp pha của tải U_{pt} bằng điện áp dây

$$U_{pt} = U_d = 3,464 \text{ kV}$$

Dòng điện pha của tải nhỏ hơn dòng điện dây $\sqrt{3}$ lần

$$I_{pt} = \frac{I_d}{\sqrt{3}} = \frac{20}{\sqrt{3}} = 11,547A$$

Ví dụ 2:

Một mạch điện ba pha, tải nối hình sao, nguồn nối hình tam giác (**Hình 7**)

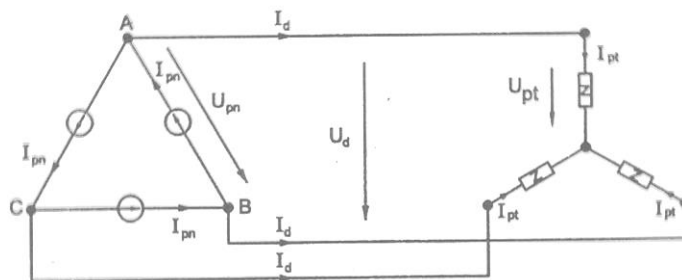
Nguồn và tải đều đối xứng. Biết dòng điện pha của tải $I_{pt} = 50A$, điện áp pha của tải $U_{pt} = 220V$.

a. Hãy vẽ sơ đồ nối dây mạch ba pha. Trên sơ đồ chỉ rõ đại lượng pha và dây.

b. Hãy xác định dòng điện pha và điện áp pha của nguồn I_{pn} , U_{pn} .

Giải:

a. Sơ đồ nối dây mạch điện ba pha vẽ trên hình 4.8.



Hình 7

b. Vì tải nối hình sao nên

$$I_d = I_{pt} = 50A$$

$$U_d = \sqrt{3} U_{pt} = \sqrt{3} . 220 = 380V$$

Biết dòng điện dây và điện áp dây, ta có thể tính được dòng điện pha và điện áp pha của nguồn. Vì nguồn đối xứng nối hình tam giác, nên ta có điện áp pha U_{pn} của nguồn là:

$$U_{pn} = U_d = 380V$$

Dòng điện pha của nguồn là:

$$I_{pn} = \frac{I_d}{\sqrt{3}} = \frac{30}{\sqrt{3}} = 28,868A$$

3. Công suất mạch ba pha cân bằng

3.1. Công suất tác dụng

Công suất tác dụng P: của mạch ba pha bằng tổng công suất tác dụng của các pha cộng lại. Gọi P_A , P_B , P_C tương ứng là công suất tác dụng của pha A, B, C ta có:

$$P = P_A + P_B + P_C = U_A.I_A.\cos\varphi_A + U_B.I_B.\cos\varphi + U_C.I_C.\cos\varphi_C$$

Khi mạch ba pha cân bằng:

$$\text{Điện áp pha: } U_A = U_B = U_C = U_p$$

$$\text{Dòng điện pha: } I_A = I_B = I_C = I_p$$

$$\text{Hệ số công suất: } \cos\varphi_A = \cos\varphi_B = \cos\varphi_C = \cos\varphi$$

$$\text{Do đó: } P = 3U_p.I_p.\cos\varphi$$

$$\text{hoặc: } P = 3R_p I_p^2$$

- Nếu mạch 3 pha đấu Y thì:

$$U_p = \frac{U_d}{\sqrt{3}} \quad ; \quad I_d = I_p$$

$$\text{Nên: } P = 3.U_p.I_p.\cos\varphi = 3. \frac{U_d}{\sqrt{3}} .I_d.\cos\varphi = \sqrt{3}.U_d.I_d.\cos\varphi$$

- Nếu mạch 3 pha đấu Δ thì:

$$I_p = \frac{I_d}{\sqrt{3}} \quad ; \quad U_p = U_d$$

Nên:

$$P = 3.U_p.I_p.\cos\varphi = 3.U_d. \frac{I_d}{\sqrt{3}}.\cos\varphi = \sqrt{3}.U_d.I_d.\cos\varphi$$

Ta có biểu thức công suất viết theo đại lượng dây, áp dụng cho cả trường hợp hình sao và hình tam giác đối xứng:

$$P_{3pha} = \sqrt{3}.U_d.I_d.\cos\varphi$$

Trong đó φ : góc lệch pha giữa điện áp pha và dòng điện pha tương ứng

$$\cos\varphi = \frac{R_p}{\sqrt{R_p^2 + X_p^2}}$$

3.2. Công suất phản kháng

Công suất phản kháng Q trong mạch 3 pha

$$Q = Q_A + Q_B + Q_C = U_A \cdot I_A \cdot \sin\varphi_A + U_B \cdot I_B \cdot \sin\varphi_B + U_C \cdot I_C \cdot \sin\varphi_C$$

Khi mạch 3 pha cân bằng:

$$Q_{3pha} = 3 \cdot U_p \cdot I_p \cdot \sin\varphi = \sqrt{3} \cdot U_d \cdot I_d \cdot \sin\varphi$$

3.3. Công suất biểu kiến

Trong mạch 3 pha cân bằng công suất biểu kiến được xác định theo công thức:

$$S_{3pha} = 3U_p \cdot I_p = \sqrt{3} \cdot U_d \cdot I_d$$

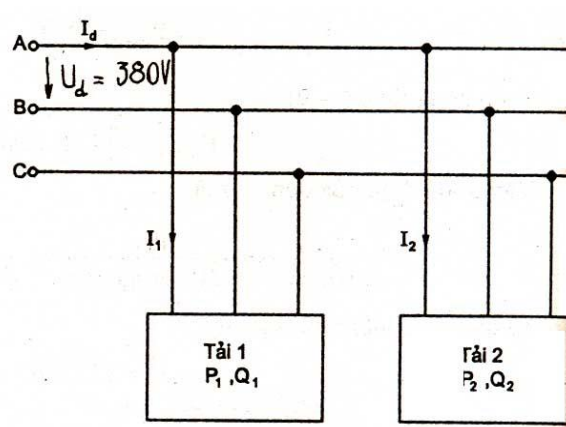
Ví dụ 1:

Một mạch điện ba pha đối xứng $U_d = 380V$ cung cấp điện cho 2 tải đối xứng: Tải 1 tiêu thụ $P_1 = 6kW$; $Q_1 = 4kVar$. **(Hình 1)**

Tải 2 tiêu thụ $P_2 = 8kW$; $Q_2 = 2kVar$.

a. Tính dòng điện dây của mỗi tải

b. Tính dòng điện dây I_d của nguồn cung cấp cho 2 tải trên.



Hình 1

Giải:

Công suất biểu kiến tải 1:

$$S_1 = \sqrt{P_1^2 + Q_1^2} = \sqrt{6^2 + 4^2} = 7,211kVA$$

Công suất biểu kiến tải 2:

$$S_2 = \sqrt{P_2^2 + Q_2^2} = \sqrt{8^2 + 2^2} = 8,246kVA$$

Dòng điện dây của tải 1:

$$I_1 = \frac{S_1}{\sqrt{3}U_d} = \frac{7211}{\sqrt{3} \cdot 380} = 10,956A$$

Dòng điện của dây tải 2:

$$I_2 = \frac{S_2}{\sqrt{3}U_d} = \frac{8246}{\sqrt{3}.380} = 12,528A$$

Để tính dòng điện I_d của nguồn cung cấp cho tải, ta cần tính công suất của nguồn.

Công suất tác dụng nguồn cung cấp cho 2 tải

$$P = P_1 + P_2 = 6+8 = 14kW$$

Công suất phản kháng nguồn cung cấp cho 2 tải

$$Q = Q_1 + Q_2 = 4 + 2 = 6kVAr$$

Công suất biểu kiến nguồn

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2} = \sqrt{14^2 + 6^2} = 15,231kVAr$$

Ta có dòng điện dây nguồn cung cấp cho 2 tải

$$I_d = \frac{S}{\sqrt{3}U_d} = \frac{15231}{\sqrt{3}.380} = 23,14A$$

Ví dụ 2:

Một động cơ điện ba pha có công suất định mức $P_{dm} = 14kW$, hiệu suất định mức $\eta_{dm} = 0,98$, hệ số công suất định mức $\cos\varphi_{dm} = 0,88$. Dây quấn động cơ điện nối hình sao, điện áp dây mạng điện $U_d = 380V$.

a. Tính điện áp đặt lên mỗi pha dây quấn.

b. Tính dòng điện dây và dòng điện pha của động cơ điện.

Giải:

a. Vì dây quấn động cơ nối hình sao nên điện áp pha đặt vào mỗi dây quấn pha là:

$$U_p = \frac{U_d}{\sqrt{3}} = \frac{380}{\sqrt{3}} = 220V$$

b. Đối với động cơ điện, công suất định mức P_{dm} là công suất cơ có ích ở trục động cơ, vậy công suất điện động cơ tiêu thụ là:

$$P_{điện} = \frac{P_{dm}}{\eta_{dm}}$$

Mà:

$$P_{điện} = \sqrt{3} U_d I_d \cos\varphi$$

Vậy dòng điện của động cơ là:

$$I_d = \frac{P_{dien}}{\sqrt{3}U_d \cos \varphi} = \frac{P_{dm}}{\sqrt{3}U_d \cos \varphi_{dm} \cdot \eta_{dm}} = \frac{14.10^3}{\sqrt{3} \cdot 380.0,88.0,89} = 27,16A$$

Vì đây quần nối hình sao nên:

$$I_p = I_d = 27,16A$$

4. Phương pháp giải mạch ba pha cân bằng

Đối với mạch điện ba pha cân bằng, dòng điện (điện áp) các pha có giá trị hiệu dụng bằng nhau, và lệch pha nhau một góc. Vì vậy khi mạch cân bằng, ta tách ra một pha để tính. Khi biết được dòng điện của một pha, ta có thể suy ra dòng điện của các pha còn lại.

Khi tải nối vào nguồn có điện áp dây U_d , Bỏ qua tổng trở đường dây, nếu biết tổng trở tải, các bước tính toán thực hiện như sau:

Bước 1:

- Xác định cách nối dây của tải (hình sao hay hình tam giác)

Bước 2:

- Xác định điện áp pha U_p của tải
- + *Nếu tải nối hình sao:*

$$U_d = \frac{U_p}{\sqrt{3}}$$

- + *Nếu tải nối hình tam giác:*

$$U_p = U_d$$

Bước 3:

- Xác định tổng trở pha Z_p và hệ số công suất của tải
- + *Tổng trở pha của tải:*

$$Z_p = \sqrt{R_p^2 + X_p^2}$$

- + *Hệ số công suất:*

$$\cos \varphi = \frac{R_p}{Z_p} = \frac{R_p}{\sqrt{R_p^2 + X_p^2}}$$

- Trong đó R_p , X_p tương ứng là điện trở pha, điện kháng pha của mỗi pha của tải.

Bước 4:

- Tính dòng điện pha I_p của tải:

$$I_p = \frac{U_p}{Z_p}$$

- Từ dòng điện pha I_p , tính dòng điện dây I_d của tải

+ Nếu tải nối hình sao:

$$I_d = I_p$$

+ Nếu tải nối hình tam giác:

$$I_d = \sqrt{3} I_p$$

Bước 5:

- Tính công suất tải tiêu thụ:

$$P = 3 \cdot R_p I_p^2 = 3 U_p \cdot I_p \cdot \cos \varphi = \sqrt{3} U_d \cdot I_d \cdot \cos \varphi$$

$$Q = 3 \cdot X_p I_p^2 = 3 U_p \cdot I_p \cdot \sin \varphi = \sqrt{3} U_d \cdot I_d \cdot \sin \varphi$$

$$S = 3 \cdot Z_p I_p^2 = 3 \cdot U_p \cdot I_p = \sqrt{3} \cdot U_d \cdot I_d$$

5. Bài tập áp dụng:

Bài 1:

Một tải ba pha có điện trở pha $R_p = 20 \, \Omega$, điện kháng pha $X_p = 15 \, \Omega$ nối hình tam giác, đầu vào mạng điện có điện áp dây $U_d = 220V$. Tính dòng điện pha I_p , dòng điện dây I_d , công suất tải tiêu thụ và vẽ đồ thị vectơ điện áp dây và dòng điện pha tải.

Giải:

Theo sơ đồ nối dây mạch điện, tải nối tam giác.

- Điện áp pha của tải:

$$U_p = U_d = 220V$$

- Tổng trở pha của tải:

$$Z_p = \sqrt{R_p^2 + X_p^2} = \sqrt{20^2 + 15^2} = 25 \, \Omega$$

- Dòng điện pha của tải:

$$I_p = \frac{U_p}{Z_p} = \frac{220}{25} = 8,8A$$

- Vì tải nối tam giác dòng điện dây của tải:

$$I_d = \sqrt{3} I_p = \sqrt{3} \cdot 8,8 = 15,24 \, A$$

- Công suất tải tiêu thụ:

$$P = 3 R_p I_p^2 = 3 \cdot 20 \cdot 8,8^2 = 4646,4 \, W$$

$$Q = 3 X_p I_p^2 = 3.15.8,8^2 = 3484,8 \text{ VAr}$$

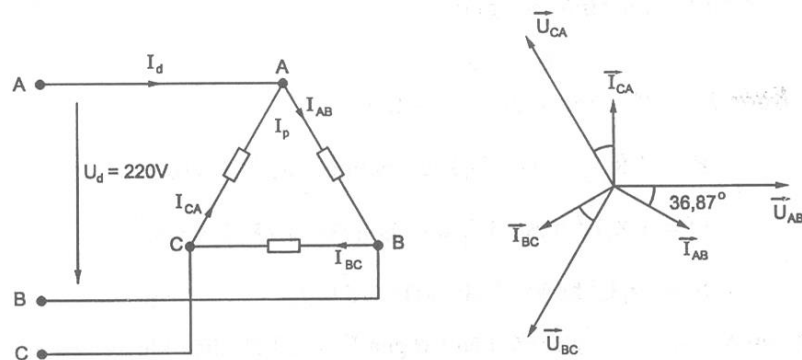
$$S = \sqrt{3} U_d. I_d = \sqrt{3} .380.15,24 = 10030,35 \text{ VA}$$

- Hệ số công suất của tải:

$$\cos\varphi = \frac{R_p}{Z_p} = \frac{20}{25} = 0,8 \quad \rightarrow \varphi = 36,87^\circ$$

Dòng điện pha chậm sau điện áp pha một góc $\varphi = 36,87^\circ$

Đồ thị vectơ dòng điện và điện áp pha (**Hình 1**)



Hình 1

Bài 2:

Một tải ba pha gồm 3 cuộn dây đấu vào mạng điện ba pha có điện áp dây là 380V. Cuộn dây được thiết kế cho làm việc với điện áp định mức 220V. Cuộn dây có điện trở $R = 2\Omega$, điện kháng $X = 8\Omega$.

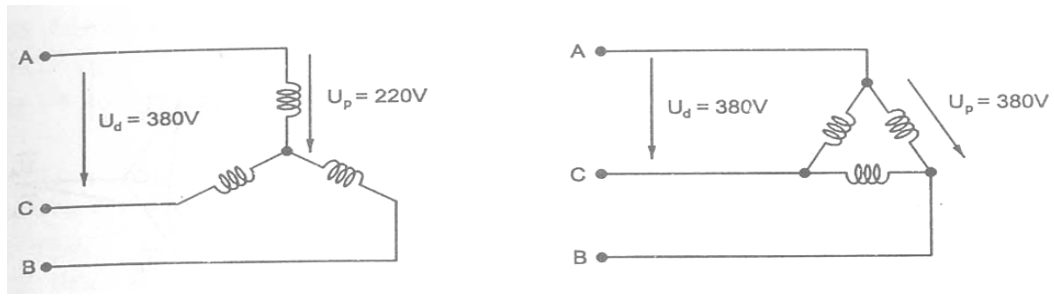
- Xác định tính cách nối các cuộn dây thành tải ba pha.
- Tính công suất P , Q , $\cos\varphi$ của tải.

Giải:

a. Các cuộn dây nối hình sao đấu vào mạng điện, vì khi nối hình sao, điện áp pha đặt lên cuộn dây là:

$$U_p = \frac{U_d}{\sqrt{3}} = \frac{380}{\sqrt{3}} = 220V = \text{điện áp định mức của cuộn dây}$$

Nếu tải nối tam giác điện áp pha đặt lên cuộn dây là $U_p = U_d = 380V >$ điện áp định mức của cuộn dây, cuộn dây sẽ bị cháy (**Hình 2**):



Hình 2

b. Tổng trở pha của tải:

$$Z_p = \sqrt{R_p^2 + X_p^2} = \sqrt{2^2 + 8^2} = 8,24\Omega$$

Hệ số công suất $\cos\varphi$ của tải:

$$\cos\varphi = \frac{R_p}{Z_p} = \frac{2}{8,24} = 0,242$$

$$\sin\varphi = \frac{X_p}{Z_p} = \frac{8}{8,42} = 0,97$$

Dòng điện pha I_p của tải:

$$I_p = \frac{U_p}{Z_p} = \frac{220}{8,24} = 26,7A$$

Dòng điện dây I_d của tải:

$$I_d = I_p = 26,7A$$

Công suất tác dụng P của tải

$$P = \sqrt{3} U_d \cdot I_d \cdot \cos\varphi = \sqrt{3} \cdot 380 \cdot 26,7 \cdot 0,242 = 4252,6W$$

Công suất phản kháng Q của tải

$$Q = \sqrt{3} U_d \cdot I_d \cdot \sin\varphi = \sqrt{3} \cdot 380 \cdot 26,7 \cdot 0,97 = 17045,7VA$$

Công suất biểu kiến S

$$S = \sqrt{3} U_d \cdot I_d = \sqrt{3} \cdot 380 \cdot 26,7 = 17572,8VA$$

Bài 3:

Động cơ 3 pha, cuộn dây mỗi pha ở trạng thái làm việc ổn định có $R = 8\Omega$, cảm kháng $X = 6\Omega$ đấu hình Y đặt vào nguồn có điện áp 3 pha đối xứng là $U_d = 380V$. Xác định dòng điện qua các cuộn dây, điện áp đặt vào mỗi cuộn dây và hệ số $\cos\varphi$.

Giải:

- Trở kháng mỗi pha:

$$Z = \sqrt{R^2 + X^2} = \sqrt{8^2 + 6^2} = 10 \text{ (} \Omega \text{)}$$

- Điện áp đặt vào mỗi cuộn dây là điện áp pha

$$U_p = \frac{U_d}{\sqrt{3}} = \frac{380}{\sqrt{3}} = 220V$$

- Dòng điện trong mỗi pha:

$$I_p = \frac{U_p}{Z} = \frac{220}{10} = 22A$$

- Hệ số công suất:

$$\cos\varphi = \frac{R}{Z} = \frac{8}{10} = 0,8$$

Bài 4:

Ba cuộn dây giống nhau có: $R = 8 \Omega$, $X_L = 6 \Omega$, nối Δ đặt vào điện áp 3 pha đối xứng có $U_d = 220V$. Tìm dòng điện pha, dòng điện dây, và $\cos\varphi$. Công suất tác dụng, công suất phản kháng, công suất biểu kiến và điện năng tác dụng trong 24h.

Giải

- Trở kháng mỗi pha:

$$Z = \sqrt{R^2 + X^2} = 10 \Omega$$

- Phụ tải đấu Δ nên:

$$U_d = U_p = 220V$$

- Dòng điện mỗi pha:

$$I_p = \frac{U_p}{Z} = \frac{220}{10} = 22A$$

- Dòng điện dây:

$$I_d = \sqrt{3}I_p = \sqrt{3}.22 = 38A$$

- Hệ số $\cos\varphi$:

$$\cos\varphi = \frac{R}{Z} = \frac{8}{10} = 0,8$$

- Công suất tác dụng:

$$P = \sqrt{3}.U_d.I_d.\cos\varphi = \sqrt{3}.220.38.0,8 = 11500W$$

- Công suất phản kháng:

$$Q = \sqrt{3}.U_d.I_d.\sin\varphi = \sqrt{3}.220.38.0,6 = 8660 \text{ Var}$$

- Công suất biểu kiến:

$$S = \sqrt{3}.U_d.I_d = \sqrt{3}.220.38 = 14440 \text{ VA}$$

- Điện năng tiêu thụ trong 24h:

$$W_R = P.t = 11,5.24 = 276 \text{ KWh}$$

Bài 5:

Một nguồn điện ba pha nối sao, $U_{pn} = 120V$ cung cấp điện cho tải nối sao có dây trung tính. Tải có điện trở pha $R_p = 180\Omega$.

Tính U_d , I_d , I_p , I_0 , P của mạch 3 pha.

Đáp số: $U_d = 207,84V$; $I_d = I_p = 667mA$; $I_0 = 0$; $P = 240W$

Bài 6:

Một nguồn điện ba pha đối xứng đầu sao cung cấp cho tải ba pha đối xứng đầu tam giác. Biết dòng điện pha của nguồn $I_{pn} = 17,32A$, điện trở mỗi pha của tải $R_p = 38\Omega$. Tính điện áp pha của nguồn và công suất P của nguồn cung cấp cho tải 3 pha.

Đáp số: $U_{pn} = 220V$; $P_n = P_t = 11400W$

Bài 7:

Một tải ba pha đối xứng đầu hình tam giác, biết $R_p = 15\Omega$; $X_p = 6\Omega$, đấu vào mạng điện 3 pha $U_d = 380V$. Tính I_p , I_d , P , Q của tải.

Đáp số: $I_p = 23,5A$; $I_d = 40,7A$; $P = 24893,5W$; $Q = 9957,4A$

Bài 8:

Một động cơ điện 3 pha đấu vào mạng 3 pha $U_d = 380V$, biết dòng điện dây $I_d = 26,81A$; hệ số công suất $\cos\varphi = 0,85$. Tính dòng điện pha của động cơ, công suất điện động cơ tiêu thụ.

Đáp số: $I_p = I_d = 26,81A$; $P_{điện} = 15kW$

Bài 9:

Một động cơ không đồng bộ có số liệu định mức sau: công suất cơ định mức $P_{đm} = 14kW$. Hiệu suất $\eta_{đm} = 0,88$; hệ số công suất $\cos\varphi_{đm} = 0,89$; Y/Δ -380V/220V. Người ta đấu động cơ vào mạng 220V/127V.

a. Xác định cách đấu dây động cơ.

b. Tính công suất điện động cơ tiêu thụ khi định mức.

c. Tính dòng điện dây I_d và dòng điện pha I_p của động cơ.

Đáp số:

a. Động cơ nối hình tam giác Δ

b. $P_{\text{điện}} = \frac{P_{\text{co}}}{\eta_{dm}} = 15,9\text{kW}$

c. $I_d = 46,9\text{A}; I_p = 27\text{A}$

Bài 10:

Một động cơ điện đấu hình sao, làm việc với mạng điện có $U_d = 380\text{V}$, động cơ tiêu thụ công suất điện 20kW ; $\cos\varphi = 0,885$. Tính công suất phản kháng của động cơ tiêu thụ, dòng điện I_d và dòng điện pha của động cơ.

Đáp số: $Q = 10,52\text{kVAr}; I_p = I_d = 34,33\text{A}$

Câu hỏi ôn tập

1. Nêu những ưu điểm của mạch điện ba pha.
2. Các đặc điểm của mạch điện ba pha đối xứng.
3. Định nghĩa điện áp pha, điện áp dây; dòng điện pha, dòng điện dây và quan hệ giữa chúng khi nối sao và nối tam giác.
4. Các biểu thức của công suất P , Q , S trong mạch ba pha đối xứng.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1] PGS.TS Đặng Văn Đào, PGS.TS Lê Văn Doanh, *Giáo trình kỹ thuật điện*, NXB Giáo dục, 2004.

[2] PTS Trương Tri Ngô, PTS Ngô Xuân Tùng, *Bài tập mạch điện*, NXB Xây dựng, 2015.

[3] Hoàng Hữu Thận, *Cơ sở Kỹ thuật điện*, NXB Giao thông vận tải, 2000.

[4] Th.S Nguyễn Trọng Thắng, Th.S Lê Thị Thanh Hoàng, *Giáo trình kỹ thuật điện*, NXB Trường Đại học Quốc gia TP HCM, 2008.

[5] TS Lê Mỹ Hà, *Bài tập mạch điện*, NXB Thanh Niên, 2017.