

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

GIÁO TRÌNH

MÔN HỌC: ĐIỆN KỸ THUẬT

**NGHỀ: KỸ THUẬT MÁY LẠNH VÀ
ĐIỀU HÒA KHÔNG KHÍ**

TRÌNH ĐỘ: TRUNG CẤP

*Ban hành kèm theo Quyết định số: /QĐ-TCNTH ngày ... tháng ... năm 2024
của Hiệu trưởng trường Trung cấp nghề Tổng hợp Hà Nội*

Hà Nội, năm 2024

TUYÊN BỐ BẢN QUYỀN

Tài liệu này thuộc loại sách giáo trình nên các nguồn thông tin có thể được phép dùng nguyên bản hoặc trích dùng 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

Khi tính toán các thông số trong mạch điện, giải thích các hiện tượng điện từ giúp ta chọn đúng các thiết bị điện, tận dụng được khả năng làm việc của các thiết bị điện, tiết kiệm được vật liệu và các chi phí khác.

Cùng với các môn học, môn khác, môn học Điện kỹ thuật là môn học quan trọng trong đào tạo nghề Kỹ thuật máy lạnh và điều hòa không khí. Để thuận lợi cho việc học tập và nghiên cứu môn học của học sinh, nhà trường và khoa Điện – Điện tử Tin học trường Trung cấp nghề Tổng hợp Hà Nội tổ chức biên soạn giáo trình “**Điện kỹ thuật**” làm tài liệu lưu hành nội bộ.

Giáo trình Điện kỹ thuật được biên soạn theo nội dung chương trình môn học Điện kỹ thuật của hệ đào tạo trung cấp thuộc nghề Kỹ thuật máy lạnh và điều hòa không khí, được Sở lao động thương binh & xã hội Hà Nội phê duyệt. Nội dung biên soạn ngắn gọn, dễ hiểu, tích hợp kiến thức và kỹ năng logic, chặt chẽ với nhau.

Nội dung giáo trình được biên soạn với thời lượng 45 giờ, 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

Trong quá trình sử dụng giáo trình, tùy theo yêu cầu cũng như khoa học và công nghệ phát triển có thể điều chỉnh thời gian, bổ sung những kiến thức mới và trang thiết bị phù hợp với điều kiện giảng dạy.

Mặc dù đã cố gắng tổ chức biên soạn để đáp ứng được mục tiêu đào tạo nhưng không tránh được những khiếm khuyết. Rất mong nhận được đóng góp ý kiến của các thầy, cô giáo, bạn đọc để nhóm biên soạn sẽ hiệu chỉnh hoàn thiện hơn. Các ý kiến đóng góp xin gửi về Khoa Điện - Điện tử Tin học, Trường Trung cấp nghề Tổng hợp Hà Nội.

Hà Nội, ngày ... tháng ... năm 2024

Nhóm biên soạn

MỤC LỤC

TUYÊN BỐ BẢN QUYỀN	1
LỜI GIỚI THIỆU	3
MỤC LỤC	5
CHƯƠNG 1: MẠCH ĐIỆN MỘT CHIỀU	9
1. Những khái niệm cơ bản về mạch điện một chiều	9
1.1. Nguồn điện, dòng điện một chiều	9
1.2. Mạch điện	9
2. Các đại lượng đặc trưng quá trình năng lượng trong mạch điện	10
2.1. Dòng điện.....	10
2.2. Điện áp.....	11
2.3. Công suất	11
3. Mô hình mạch điện một chiều	12
3.1. Nguồn áp $u(t)$	12
3.2. Nguồn dòng $j(t)$	12
3.3. Phần tử điện trở.....	12
3.4. Phần tử điện cảm	13
3.5. Phần tử điện dung.....	13
4. Các định luật của mạch điện	14
4.1. Định luật ôm	14
4.2. Định luật kirchhoff 1	14
4.3. Định luật kirchhoff 2.....	15
5. Các biến đổi tương đương	15
5.1. Mắc nối tiếp	15
5.2. Mắc song song	16
5.3. Ghép hỗn hợp các điện trở	17
CHƯƠNG 2: MẠCH ĐIỆN XOAY CHIỀU HÌNH SIN	21
1. Các định nghĩa về dòng điện hình sin.....	21
1.1. Dòng điện xoay chiều:	21
1.2. Chu kỳ, tần số, tần số góc	22
2. Các đại lượng đặc trưng	22
2.1. Trị số tức thời.....	22
2.2. Trị số cực đại	22
2.3. Trị số hiệu dụng	22
3. Mạch xoay chiều thuần điện trở	23
3.1. Sơ đồ mạch điện.....	23
3.2. Quan hệ dòng áp.....	23
4. Mạch xoay chiều thuần cảm	23
4.1. Sơ đồ mạch điện.....	23

4.2. Quan hệ dòng áp.....	24
5. Mạch xoay chiều thuần dung.....	24
5.1. Sơ đồ mạch điện.....	24
5.2. Quan hệ dòng áp.....	24
6. Mạch xoay chiều R-L-C nối tiếp	25
6.1. Hiện tượng vật lý.....	25
6.2. Định luật ôm - Tổng trở - Tam giác trở kháng.....	26
7. Công suất của dòng điện sin	27
7.1. Công suất tác dụng	27
7.2. Công suất phản kháng	27
7.3. Công suất biểu kiến.....	27
8. Bài tập áp dụng	28
CHƯƠNG 3: MẠCH ĐIỆN XOAY CHIỀU BA PHA.....	31
1. Khái niệm chung.....	31
1.1. Hệ thống ba pha cân bằng.....	31
1.2. Nguyên lý tạo ra nguồn điện xoay chiều ba pha	31
1.3. Đặc điểm và ý nghĩa	33
2. Sơ đồ đấu dây mạch ba pha.....	33
2.1. Các định nghĩa.....	33
2.2. Mạch ba pha cân bằng nối sao.....	33
2.3. Mạch ba pha cân bằng nối tam giác.....	35
3. Công suất mạch điện ba pha cân bằng.....	37
3.1. Công suất tác dụng	37
3.2. Công suất phản kháng	38
3.3. Công suất biểu kiến.....	38
4. Phương pháp giải mạch ba pha cân bằng	39
5. Bài tập áp dụng	43
HƯỚNG DẪN SỬ DỤNG GIÁO TRÌNH.....	49
TÀI LIỆU THAM KHẢO	51

GIÁO TRÌNH MÔN HỌC

Tên môn học: Điện kỹ thuật

Mã số của môn học: MH 09

I. 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 song song các môn Vẽ điện, Vật liệu điện - lạnh.

- 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 Kỹ thuật máy lạnh và điều hoà không khí.

Sau khi học xong môn học này, người học có đủ kiến thức để phân tích, tính toán được các thông số cơ bản của mạch điện một chiều, mạch điện xoay chiều một pha, mạch điện xoay chiều ba pha.

II. MỤC TIÊU MÔN HỌC

- Kiến thức:

+ Trình bày được các khái niệm, định luật cơ bản của mạch điện một chiều, xoay chiều 1 pha, xoay chiều ba pha.

+ Giải thích được cách xây dựng mô hình mạch điện, các phần tử chính trong mạch điện

+ Phân biệt được các đặc điểm cơ bản giữa dòng điện một chiều và dòng điện xoay chiều.

+ Phân tích được các dạng sơ đồ đấu dây trong mạng ba pha

- 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.

+ Xác định được cách đấu dây động cơ ba pha.

- Năng lực tự chủ và trách nhiệm:

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

III. NỘI DUNG MÔN HỌC

CHƯƠNG 1: MẠCH ĐIỆN MỘT CHIỀU

Mã bài: MH 09-01

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.
- 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

1.1. Nguồn điện, dòng điện một chiều

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 (Hình 1.1).



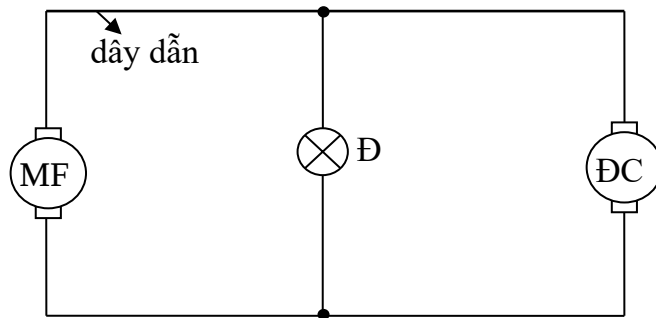
Hình 1.1: Một số hình ảnh nguồn điện một chiều

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

1.2. Mạch điện

Mạch điện là tập hợp các thiết bị điện, được nối với nhau bằng các dây dẫn thành những vòng kín trong đó có dòng điện đi qua (Hình 1.2).

Mạch điện một chiều là mạch điện có giá trị dòng điện và chiều của dòng điện không thay đổi theo thời gian. Ký hiệu mạch điện một chiều là: DC (Direct current).



Hình 1.2: Mạch điện một chiều

Như vậy mạch điện bao gồm:

- Nguồn điện: 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 v.v... thành điện năng. Ví dụ: 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 năng lượng bức xạ mặt trời thành điện năng v.v...

- Phụ tải: Phụ tải là các thiết bị tiêu thụ điện năng và biến đổi điện năng thành các dạng năng lượng khác như cơ năng, nhiệt năng, quang năng v.v...

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



Hình 1.3

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

2.1. Dòng điện

- 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

- Cường độ dòng điện: là đại lượng đặc trưng cho độ lớn của dòng điện. Cường độ dòng điện là lượng điện tích 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 (A)

t: là thời gian (s)

q: là lượng điện tích (C)

- Mật độ dòng điện: Mật độ dòng điện là đại lượng đo bằng tỷ số giữa dòng điện qua dây dẫn và tiết diện dây.

$$\delta = \frac{I}{S}$$

Nếu $S = 1 \Rightarrow \delta = I$. Vậy mật độ dòng điện chính là cường độ dòng điện qua 1 đơn vị tiết diện dây.

I: tính ra (A) ; S tính ra mm^2 nên đơn vị của mật độ dòng điện là A/mm^2

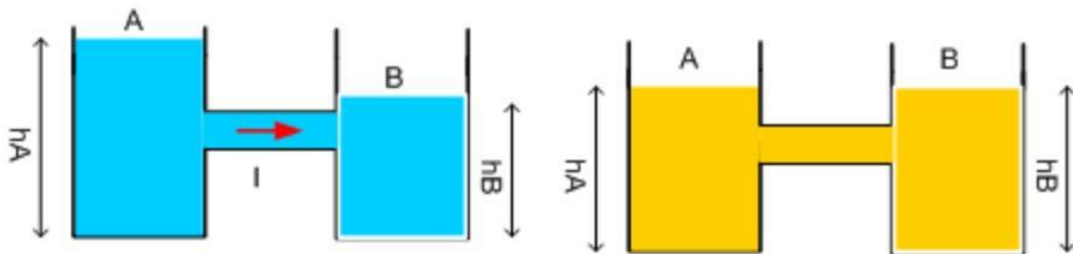
Ví dụ 1.1: dây dẫn có tiết diện 95mm^2 dòng điện $I = 200\text{A}$ qua. Tính mật độ dòng điện.

Giải: Mật độ dòng điện là: $\delta = \frac{I}{S} = \frac{200}{95} = 2,05 (\text{A/mm}^2)$

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

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



Hình 1.4

Điện áp có thể ví như độ cao của một bình nước (Hình 1.4), 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. Ký hiệu: P. Đơn vị: W(oát)

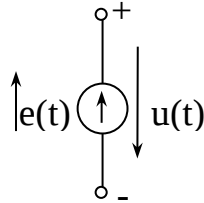
$$P = U \cdot I$$

3. Mô hình mạch điện một chiều

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 1.5)



Hình 1.5

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:

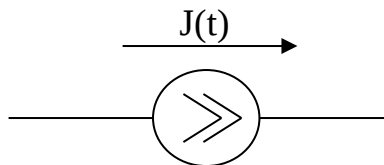
$$u(t) = -e(t)$$

Đơn vị : V(vôn).

3.2. Nguồn dòng $j(t)$

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

Kí hiệu: bằng một vòng tròn với mũi tên kép (Hình 1.6)



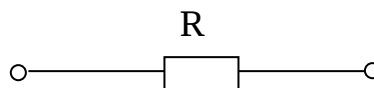
Hình 1.6

Đơn vị: A(ampe).

3.3. Phần tử điện trở

Điện trở R đặc trưng cho hiện tượng tiêu tán năng lượng dưới dạng nhiệt năng của một phần tử.

Kí hiệu (Hình 1.7):



Hình 1.7

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

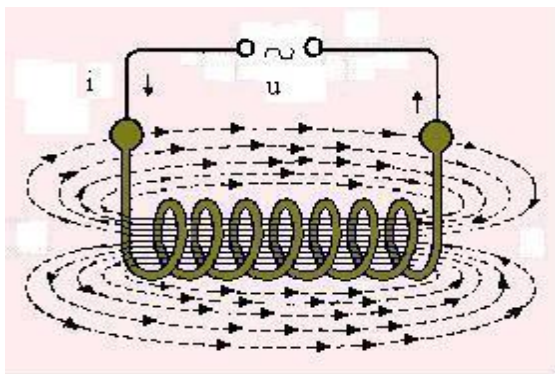
Hình ảnh điện trở trong thực tế:



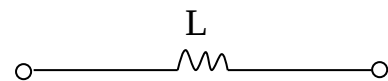
3.4. Phần tử điện cảm

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 1.8). Do đó, điện cảm L đặc trưng cho khả năng tiêu tán năng lượng dưới dạng từ trường

Kí hiệu (Hình 1.9):



Hình 1.8



Hình 1.9

Đơn vị của điện cảm là H (Henry).

$$1 \text{ mH} = 10^{-3} \text{ H}, 1 \text{ }\mu\text{H} = 10^{-6} \text{ H}, 1 \text{ MH} = 10^6 \text{ H}$$

Hình ảnh điện cảm trong thực tế:

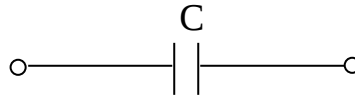


3.5. Phần tử điện dung

Khi đặt một điện áp u vào hai bản cực của tụ điện trên các bản cực tụ sẽ được nạp những điện tích $\pm q$ ($q = C \cdot u_C$) và trong không gian giữa hai bản cực sẽ có một điện trường với cường độ E và do đó 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 (Hình 1.10)



Hình 1.10

Đơn vị của điện dung là Fara (F).

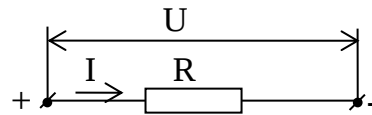
Hình ảnh tụ điện trong thực tế:



4. Các định luật của mạch điện

4.1. Định luật ôm

* Định luật Ôm: Cường độ dòng điện (I) trong 1 đoạn mạch tỷ lệ thuận với điện áp 2 đầu đoạn mạch và tỷ lệ nghịch với điện trở của đoạn mạch (Hình 1.11)



Hình 1.11

* Công thức: $I = \frac{U}{R} \Rightarrow U = I \cdot R$

Trong đó: I – cường độ dòng điện, đơn vị là A

U – điện áp 2 đầu mạch, đơn vị là V

R – điện trở, đơn vị Ω

Điện áp đặt vào điện trở (còn gọi là sụt áp trên điện trở) tỷ lệ với trị số điện trở và dòng điện qua điện trở.

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 1.12, định luật Kiéc khốp 1 được viết:

$$I_1 = I_3 + I_4 \quad I_1 - I_3 - I_4 = 0$$

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

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

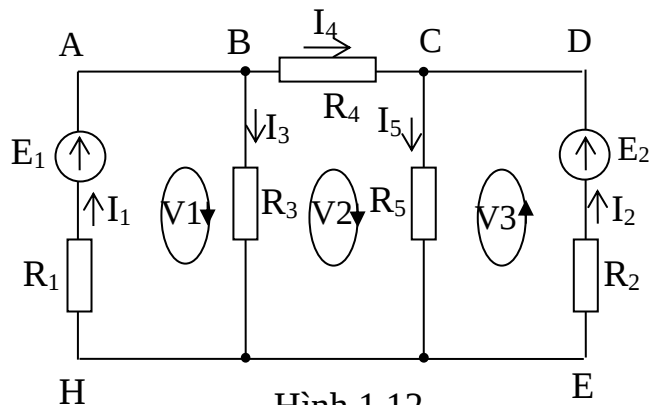
Hoặc có thể phát biểu như sau : Trong mạch điện, đi theo một vòng kín theo chiều tùy ý, tổng đại số các điện áp rơi trên các phần tử không nguồn (R,L,C) bằng tổng các sức điện động trong vòng kín đó.

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: $I_2.R_2 + I_5.R_5 = E_2$

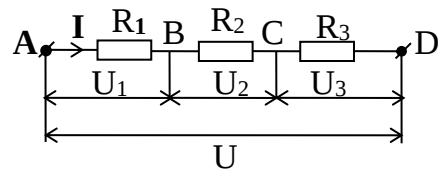


Hình 1.12

5. Các biến đổi tương đương

5.1. Mắc nối tiếp

Ghép nối tiếp các điện trở là cách ghép sao cho chỉ có 1 dây điện duy nhất chạy qua tất cả các điện trở. Ghép nối tiếp có thể hiểu là cuối của điện trở này nối với đầu của điện trở kia. (Hình 1.13)



Hình 1.13

Điện trở tương đương của các điện trở

R_1, R_2, R_3 mắc nối tiếp là:

$$R_{td} = R_1 + R_2 + R_3$$

Nếu có n điện trở mắc nối tiếp thì: $R_{td} = R_1 + R_2 + \dots + R_n$

$$U = U_1 + U_2 + \dots + U_n$$

$$I = I_1 = I_2 = \dots = I_n$$

* Ví dụ 1:

Hộp điện trở gồm 4 điện trở: $R_1 = 1\Omega$; $R_2 = 2\Omega$; $R_3 = 3\Omega$; $R_4 = 4\Omega$ nối tiếp. Mỗi điện trở đều có thể nối tắt 2 cực. Xác định điện trở tương đương của hộp điện trở khi:

- Nối tắt 2 cực của R_2
- Không nối tắt 2 cực của điện trở nào

Giải:

Khi nối tắt 2 cực của R_2 mạch còn 3 điện trở R_1, R_3, R_4 đấu nối tiếp.

$$R_{td} = R_1 + R_3 + R_4 = 1 + 3 + 4 = 8 \Omega$$

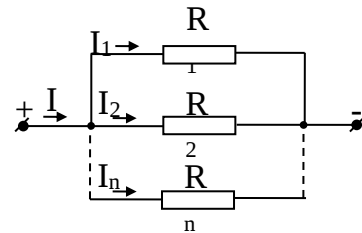
b. Khi không nối tắt điện trở nào mạch có 4 điện trở R_1, R_2, R_3, R_4 đấu nối tiếp

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

* Ví dụ 2: Hai bóng đèn ghi 120V – 60W và 120V – 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. Mắc song song

* Ghép song song các điện trở là cách ghép sao cho tất cả các điện trở đều đặt vào cùng 1 điện áp. Ghép song song có thể được hiểu là đầu điện trở này nối với đầu điện trở kia, cuối điện trở này nối với cuối điện trở kia (Hình 1.14)



Hình 1.14

Dòng điện mạch chính: $I = I_1 + I_2 + \dots + I_n$

Điện áp trên các điện trở: $U = U_1 = U_2 = \dots = U_n$

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

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

* Các trường hợp riêng:

- Hai điện trở đấu 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

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

* Ví dụ 1:

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

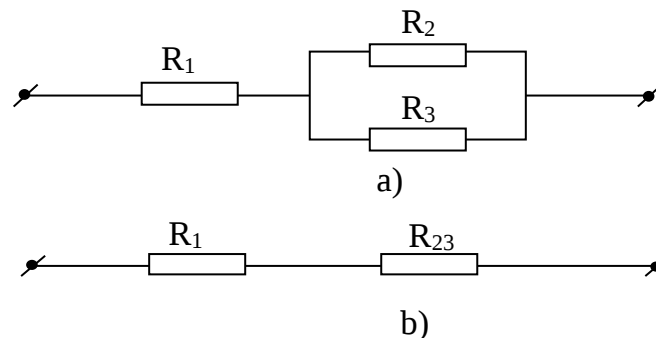
Giải:

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

5.3. Ghép hỗn hợp các điện trở

* Là mạch kết hợp giữa đấu nối tiếp và đấu song song

* Ví dụ: Có ba điện trở R_1, R_2, R_3 , thực hiện đấu hỗn hợp như hình 1.15a



* **Cách giải**

Hình 1.15

+ Đưa mạch điện phân nhánh về mạch điện không phân nhánh bằng cách thay các nhánh song song bằng một nhánh có điện trở tương đương.

+ Áp dụng định luật Ôm cho mạch không phân nhánh để tìm dòng điện mạch chính

+ Tìm dòng điện mạch nhánh

b. Ví dụ.

* VD 1: Cho mạch điện như hình vẽ:

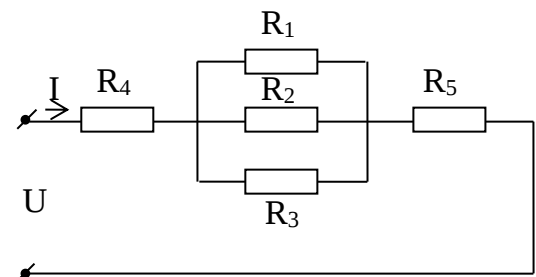
$$U = 128V$$

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

$$R_4 = 10 \Omega$$

$$R_5 = 20 \Omega$$

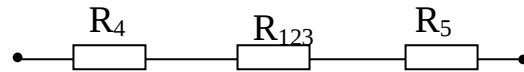
Xác định dòng và áp trên các phần tử của mạch.



Giải:

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

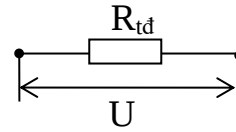
Lúc này mạch trở thành: R_4 nối tiếp R_{123} nối tiếp R_5 :



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

áp dụng định luật ôm cho toàn mạch:

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



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

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

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

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

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

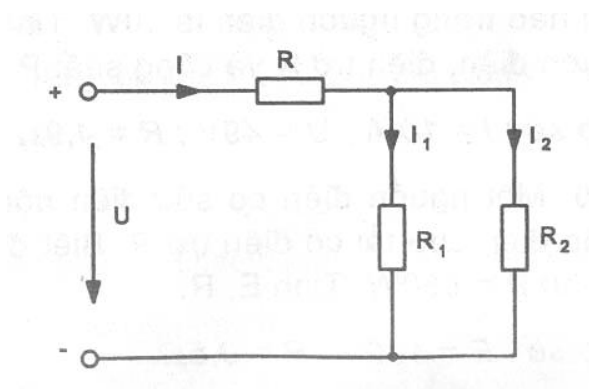
$$\Rightarrow I_1 = \frac{U_1}{R_1} = \frac{8}{6} = 1,3(A) = I_2 = I_3$$

Câu hỏi ôn tập và bài 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?
6. Bốn điện trở R_1, R_2, R_3, R_4 mắc nối tiếp đầu 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 .

7. 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 .
8. 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 .
9. 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 $U = 80V; R = 1,25\Omega; R_1 = 6\Omega; R_2 = 10\Omega$



CHƯƠNG 2: MẠCH ĐIỆN XOAY CHIỀU HÌNH SIN

Mã bài: MH 09-02

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, chi 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.
- 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:

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 sine của thời gian gọi là dòng điện xoay chiều hình sin (Hình 2.1).

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.

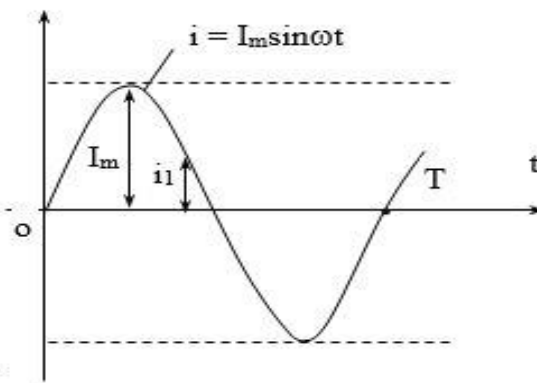
Biểu thức dòng điện, điện áp: $i(t) = I_m \sin(\omega t + \varphi_i)$ (A)

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

Trong đó: $i(t)$, $u(t)$: 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 2.1

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 2.2).

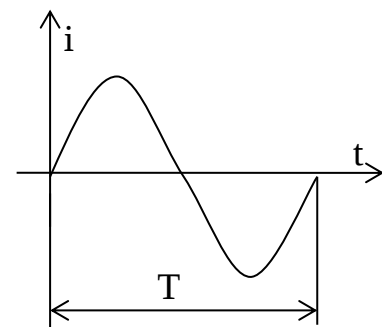
Chu kỳ được kí hiệu là T. Đơn vị là giây (s).

– 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.

– 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: $\omega = 2\pi/T = 2\pi f$



Hình 2.2

2. Các đại lượng đặc trưng

2.1. Trị số tức thời

Dòng điện xoay chiều có trị số biến đổi theo thời gian và trị số ở từng thời điểm gọi là trị số tức thời, kí hiệu e, i, u ...

2.2. Trị số cực đại

Trị số cực đại là trị số tức thời lớn nhất (biên độ) 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 kỳ chúng cùng toả 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

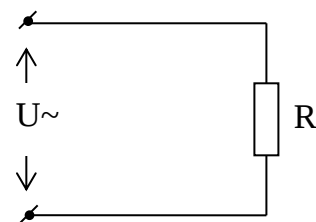
$$I = \frac{I_m}{\sqrt{2}}; E = \frac{E_m}{\sqrt{2}}; U = \frac{U_m}{\sqrt{2}};$$

– 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.

3. Mạch xoay chiều thuần điện trở

3.1. Sơ đồ mạch điện

Mạch xoay chiều có hệ số tự cảm rất nhỏ có thể bỏ qua trong mạch 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 2.3)



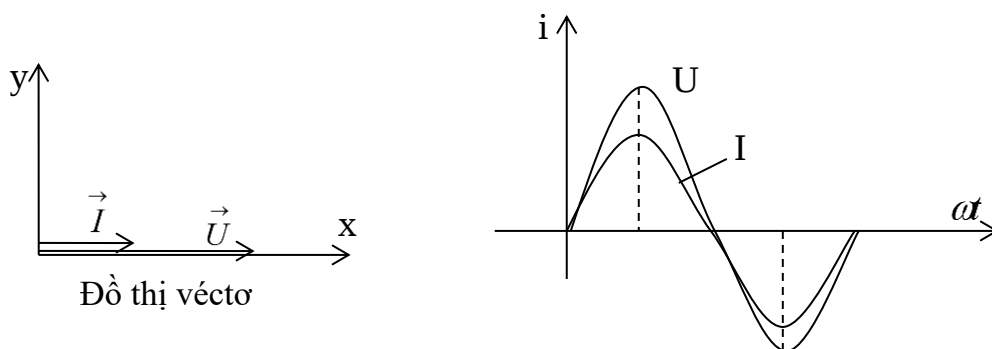
Hình 2.3

3.2. Quan hệ dòng áp

– Trong mạch xoay chiều thuần điện trở dòng điện và điện áp đồng pha

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

– Vẽ đồ thị hình sin và đồ thị vector (Hình 2.4)



Đồ thị hình sin

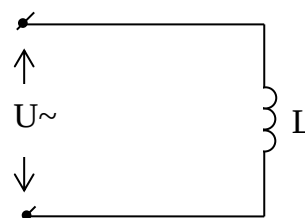
Hình 2.4

Định luật ôm: $I = \frac{U}{R}$

4. Mạch xoay chiều thuần cảm

4.1. Sơ đồ mạch điện

Mạch xoay chiều có cuộn dây hệ số tự cảm L khá lớn, còn điện trở R đủ bé có thể bỏ qua được gọi là mạch thuần điện cảm (Hình 2.5).



Hình 2.5

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 suất 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: $U_L + e_L = i.R = 0$ (vì $R=0$)

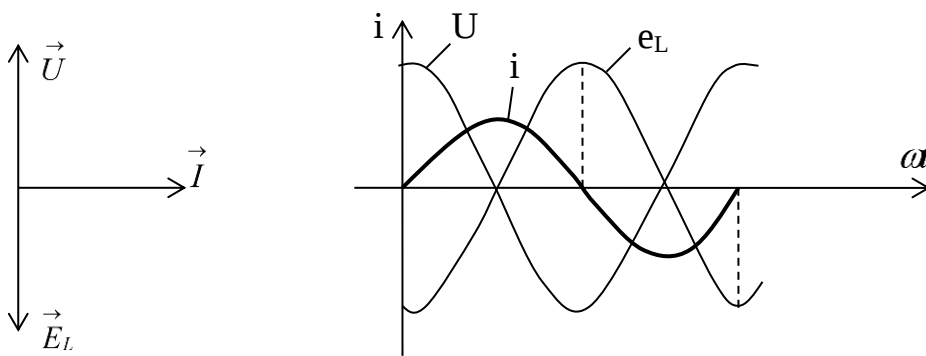
Ta có: $U = -e_L$

4.2. Quan hệ dòng áp

– Trong mạch xoay chiều thuần điện cảm, điện áp vượt pha trước dòng điện 1 góc $\pi/2$ hay 90° .

– Biểu thức $i = I_m \sin \omega t$, $u = U_m \sin(\omega t + \pi/2)$

– Vẽ đồ thị hình sin và đồ thị vectơ (Hình 2.6)



Hình 2.6

– Định luật Ôm – Cảm kháng

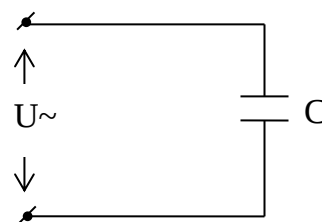
$$I = \frac{U}{X_L} \quad X_L = \omega.L = 2.\pi.f.L$$

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

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 2.7)



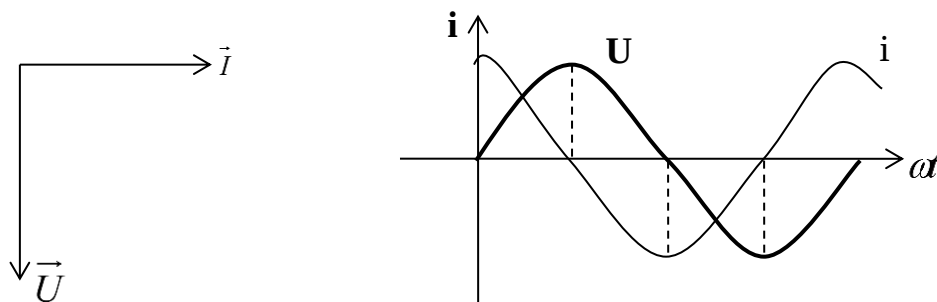
Hình 2.7

5.2. Quan hệ dòng áp

– Trong mạch xoay chiều thuần điện dung dòng điện vượt pha trước điện áp 1 góc $\pi/2$.

– Biểu thức: $i = I_m \sin(\omega t + \pi/2)$, $u = U_m \sin \omega t$

– Vẽ đồ thị hình sin và đồ thị vectơ (Hình 2.8)



Hình 2.8

– Định luật ôm – dung kháng

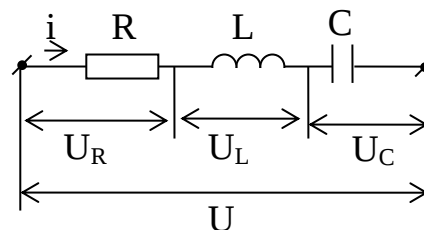
$$I = \frac{U}{X_C} \Rightarrow X_C = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{2\pi f C}$$

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



Hình 2.9

$i = I_m \cdot \sin \omega t$. Dòng điện qua R- L- C làm

giáng trên đó những thành phần điện áp tương ứng (Hình 2.9)

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

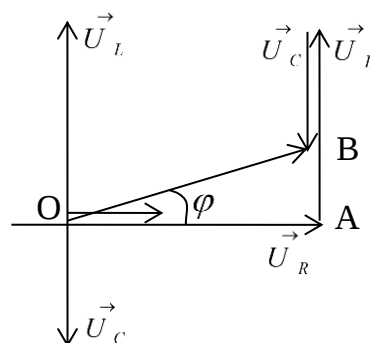
– Thành phần trên điện cảm U_L vượt pha trước dòng điện 90° có trị số: $U_L = X_L \cdot I$

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

– Vẽ đồ thị véctơ: (Hình 2.10)

– Vectơ U là cạnh huyền của Δ vuông

OAB. Hai cạnh góc vuông:



Hình 2.10

- 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 vectơ điện áp tổng, được gọi là tam giác điện áp của mạch xoay chiều 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 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: $u = U_m \sin(\omega t + \varphi)$ (V)

- Khi $X_L > X_C \rightarrow U_L > U_C$, $\varphi > 0$ điện áp vượt pha trước dòng điện, mạch có tính chất điện cảm.

- Khi $X_L < X_C \rightarrow U_L < U_C$, $\varphi < 0$ điện áp chậm pha sau dòng điện, mạch có tính chất điện dung.

- Khi $X_L = X_C \rightarrow U_L = U_C$, $\varphi = 0$ 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

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

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

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

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

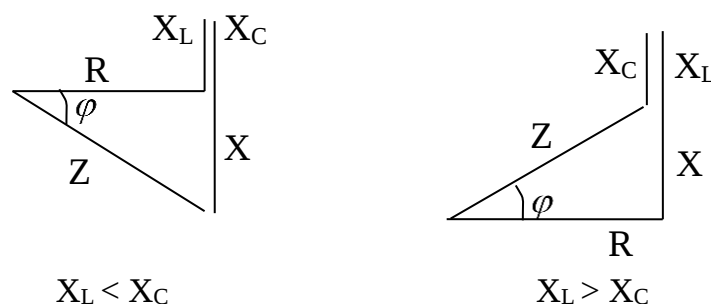
$X_L - X_C = X$ được gọi là trở kháng phản kháng của mạch hay điện kháng.

- Tam giác trở kháng (Hình 2.11)

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 2.11

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

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

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

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: $R = Z \cdot \cos \varphi$; $X = Z \sin \varphi$

7. Công suất của dòng điện 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, ...

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

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.

$$\text{Công suất phản kháng của mạch: } Q = I \cdot U_X = U \cdot I \cdot \sin \varphi = I^2 \cdot (X_L - X_C) = I^2 \cdot X$$

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

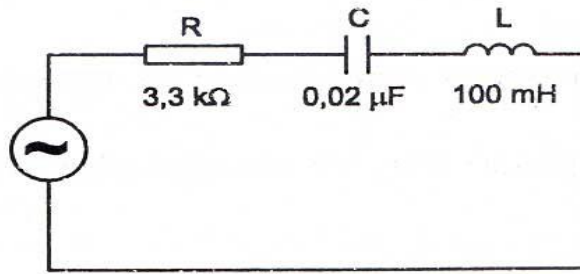
khái niệm công suất khác đó là công suất biểu kiến hay công suất toàn phần S: $S = U.I = I^2.Z$

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 $f = 1kHz$

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

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

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

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

b. Khi $f = 2kHz$

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

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

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

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

Bài 2:

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

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:

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

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

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

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

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

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 , φ_i , φ_u , φ . Đây là nhánh có tính chất gì?

Đáp số: $I_m = 10\sqrt{2} A$; $U_m = 200\sqrt{2} V$; $I = 10 A$, $U = 200V$; $\varphi_i = -15^\circ$; $\varphi_u = 25^\circ$; $\varphi = 40^\circ$. 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 $U = 220V$

- Tính I , Q_L , Q_C , Q ; $\cos\varphi$ của mạch
- Tính điện áp đặt lên cuộn dây và điện áp đặt lên tụ điện

Đáp số:

- $I = 44A$; $P = 7744W$
 $Q_L = 48400Var$; $Q_C = 42592Var$
 $Q = 5808Var$; $\cos\varphi = 0,8$ (dòng điện chậm pha điện áp góc $36,87^\circ$)
- $U_L = 1113,99V$; $U_C = 968V$

Câu hỏi ôn tập và bài tập

- Dòng điện xoay chiều hình sin là gì? Biểu thức trị số tức thời, trị số hiệu dụng? Ý nghĩa trị số hiệu dụng?
- Hãy viết biểu thức I , φ , vẽ đồ thị vectơ cho các nhánh sau: R , L , C , RL , RC , LC , RLC nối tiếp.
- 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 ?
- 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 ?
- Các biểu thức tính công suất biểu kiến S ? Ý nghĩa của công suất biểu kiến S ? Đơn vị của S ?
- 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 $I_{\max}$, $U_{\max}$, I , U , ψ_i , ψ_u , φ , Đây là nhánh có tính chất gì?

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:

- 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.
- Xác định được cách đấu dây động cơ ba pha.
- Phát huy được tính cẩn thận, phương pháp học tư duy và nghiêm túc trong công việc.

Nội dung chính:

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 $2\pi/3$ (rad/s).

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

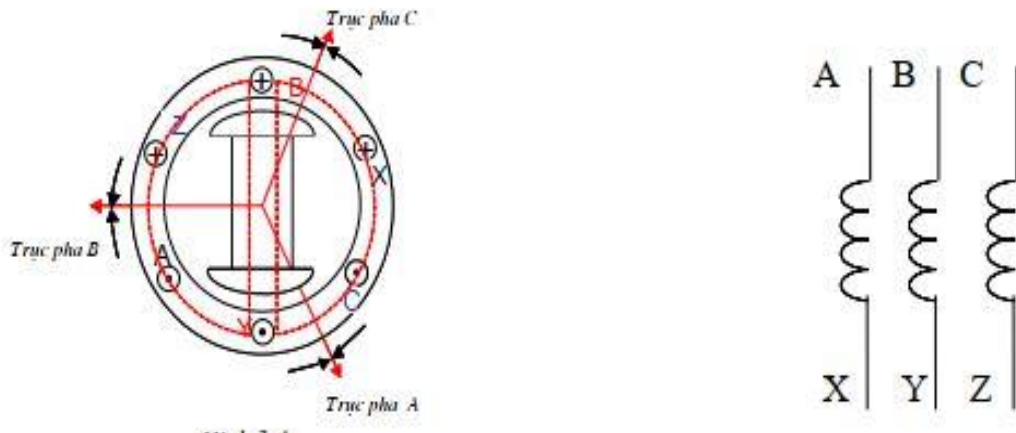
1.2. Nguyên lý tạo ra nguồn điện xoay chiều ba pha

a. Cấu tạo: Về nguyên tắc máy phát điện 3 pha gồm 2 phần:

- Phần ứng (phần tĩnh): gồm có 2 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. AX là cuộn dây pha A, BY là cuộn dây pha B; CZ là cuộn dây pha C (Hình 3.1).

- Phần cảm: là 1 hệ thống cực từ thường là nam châm điện (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 3.1

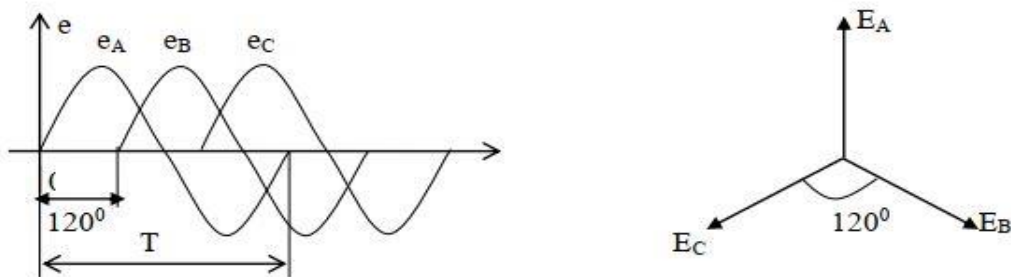
b. Nguyên lý làm việc

Khi động cơ sơ cấp kéo phần cảm(rôto) quay, đường sức từ lần lượt cắt qua các cuộn dây biến thiên tuần hoàn sinh ra sđđ hình sin trên mỗi cuộn dây. Vì các cuộn dây có cấu tạo giống nhau và trục của chúng lệch nhau trong không gian 1 góc 120^0 , nên các sđđ này cùng biên độ và lệch pha nhau về thời gian là 120^0 hay $2\pi/3$ rad (Hình 3.2). Nếu coi sđđ pha A có góc pha đầu bằng 0 thì biểu thức của hệ sđđ 3 pha là:

$$e_A = E_m \cdot \sin \omega t$$

$$e_B = E_m \cdot \sin(\omega t - 120^0) = E_m \cdot \sin(\omega t - 2\pi/3)$$

$$e_C = E_m \cdot \sin(\omega t + 120^0) = E_m \cdot \sin(\omega t + 2\pi/3)$$



Hình 3.2

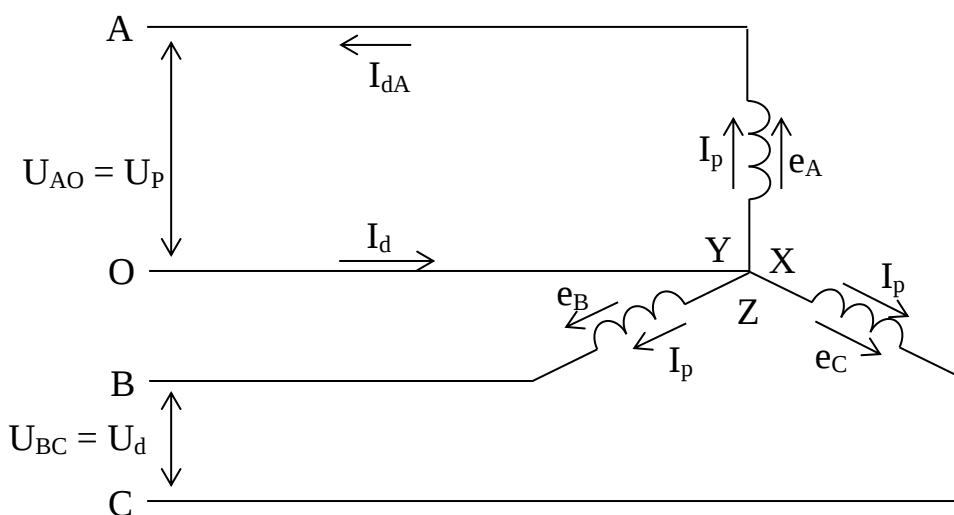
1.3. Đặc điểm và ý nghĩa

Hệ 3 pha so với 1 pha thì tiện lợi hơn và kinh tế hơn. Để dẫn điện 3 pha ta chỉ cần dùng 4 dây hay 3 dây dẫn, do đó tiết kiệm được vật liệu, nối dây tiện lợi.

Hệ 3 pha dễ dàng tạo ra được từ trường quay, làm cho việc chế tạo động cơ điện đơn giản và kinh tế hơn.

2. Sơ đồ đấu dây mạch ba pha

2.1. Các định nghĩa



Hình 3.2

Mạch ba pha cân bằng (hay mạch ba pha đối xứng) khi nguồn, phụ tải và đường dây cân bằng (đối xứng). Hình 3.2

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

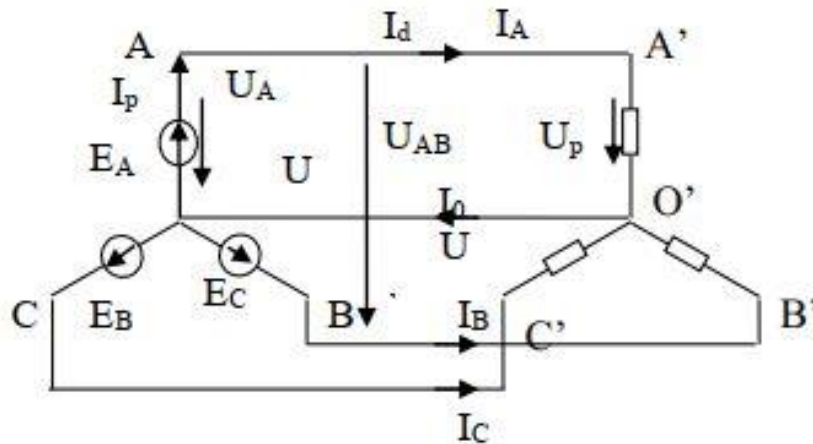
2.2. Mạch ba pha cân bằng nối sao

* Nguyên tắc nối dây: Hình 3.3.

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 AA', BB', CC' gọi là dây pha, dây nối OO' gọi là dây trung tính



Hình 3.3

* 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 I_p
Dòng điện dây là dòng chạy trong các dây nối giữa nguồn và tải 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 U_p

Điện áp dây là điện áp giữa 2 dây pha U_d

Mối quan hệ giữa U_p, U_d : $U_d = \sqrt{3} U_p$

Ví dụ 3.1: Một nguồn điện ba pha đối xứng nối hình sao điện áp ba pha nguồn $U_p=220V$.

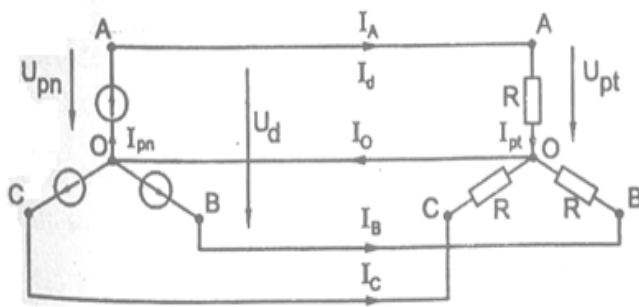
Nguồn cung cấp điện cho tải R ba pha đối xứng. Biết dòng điện dây $I_d = 10A$. Tính điện áp dây U_d , điện áp pha của tải, dòng điện pha của tải và của nguồn. Vẽ đồ thị vectơ.

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

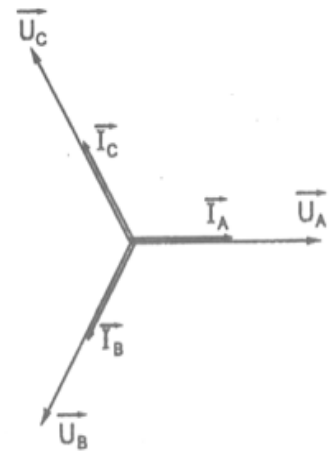
$$U_d = \sqrt{3} U_p = \sqrt{3} . 220 = 380V$$

Tải nối hình sao, biết $U_d=380V$,

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



a)



b)

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

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

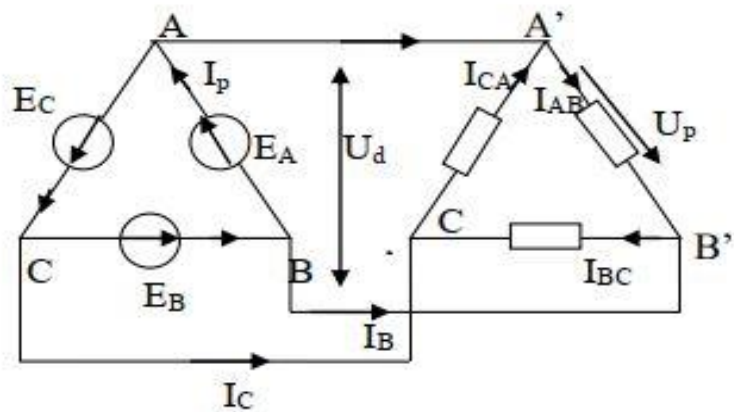
Dòng điện pha của tải: $I_{pt} = I_d = 10A$

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

*Nguyên tắc nối dây: Hình 3.4

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 3.4

* Quan hệ giữa đại lượng dây và pha:

- Quan hệ giữa dòng điện dây và dòng điện pha: Từ hình vẽ ta thấy dòng điện dây có giá trị bằng dòng điện pha: $I_d = \sqrt{3}I_p$

- Quan hệ giữa điện áp dây và điện áp pha: Từ hình vẽ ta thấy điện áp dây chính là điện áp pha: $U_d = U_p$

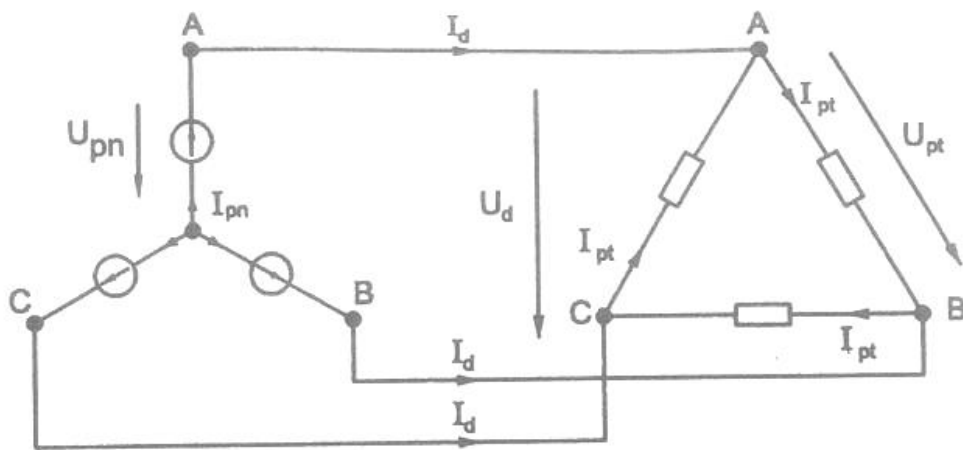
Ví dụ 3.2: Một mạch điện ba pha, nguồn điện nối sao, tải nối hình tam giác (Hình 3.5). Biết tiết điện áp pha của nguồn $U_{pn} = 2\text{kV}$, dòng điện pha của nguồn $I_{pn} = 20\text{A}$.

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 3.5

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

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

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

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

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

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

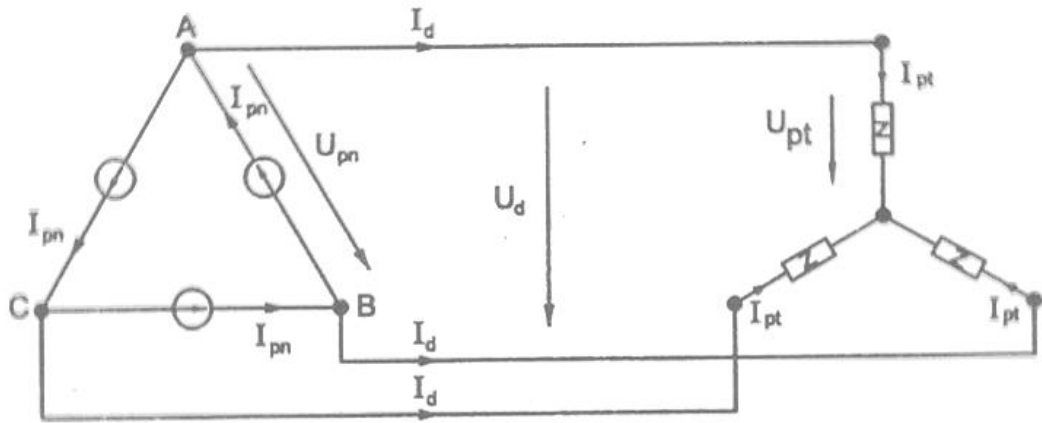
Ví dụ 3.3: Một mạch điện ba pha, tải nối hình sao, nguồn nối hình tam giác (Hình 3.6). Nguồn và tải đều đối xứng. Biết dòng điện pha của tải $I_{pt} = 50\text{A}$, điện áp pha của tải $U_{pt} = 220\text{V}$.

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 3.6



Hình 3.6

b. Vì tải nối hình sao nên

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

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

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 điện ba pha cân bằng

3.1. Công suất tác dụng

Công suất tác dụng P trong mạch ba pha bằng tổng công suất tác dụng của các pha

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

Khi mạch ba pha cân bằng:

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

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

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

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

- Nếu mạch 3 pha đầu Y thì:

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

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

$$\text{- Nếu mạch 3 pha đấu } \Delta \text{ thì: } I_p = \frac{I_d}{\sqrt{3}}; U_p = U_d$$

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

$$\text{Nhu vậy trong mạch 3 pha đối xứng } P_{3\text{pha}} = \sqrt{3}.U_d.I_d.\cos\varphi$$

3.2. Công suất phản kháng

Công suất phản kháng Q trong mạch 3 pha

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

Khi mạch 3 pha cân bằng:

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

3.3. Công suất biểu kiến

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

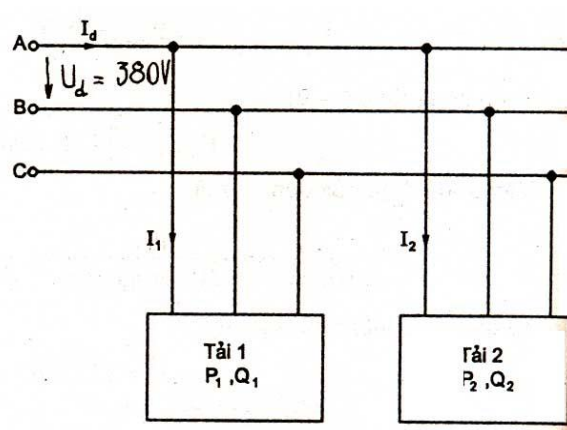
$$S_{3\text{pha}} = 3U_p.I_p = \sqrt{3}.U_d.I_d$$

Ví dụ 3.4: 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 3.7)

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 3.7

Giải:

$$\text{Công suất biểu kiến tải 1: } S_1 = \sqrt{P_1^2 + Q_1^2} = \sqrt{6^2 + 4^2} = 7,211kVA$$

$$\text{Công suất biểu kiến tải 2: } S_2 = \sqrt{P_2^2 + Q_2^2} = \sqrt{8^2 + 2^2} = 8,246kVA$$

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

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

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

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

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

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

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

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

Ví dụ 3.5: 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 vector 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:

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

Công suất tải tiêu thụ:

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

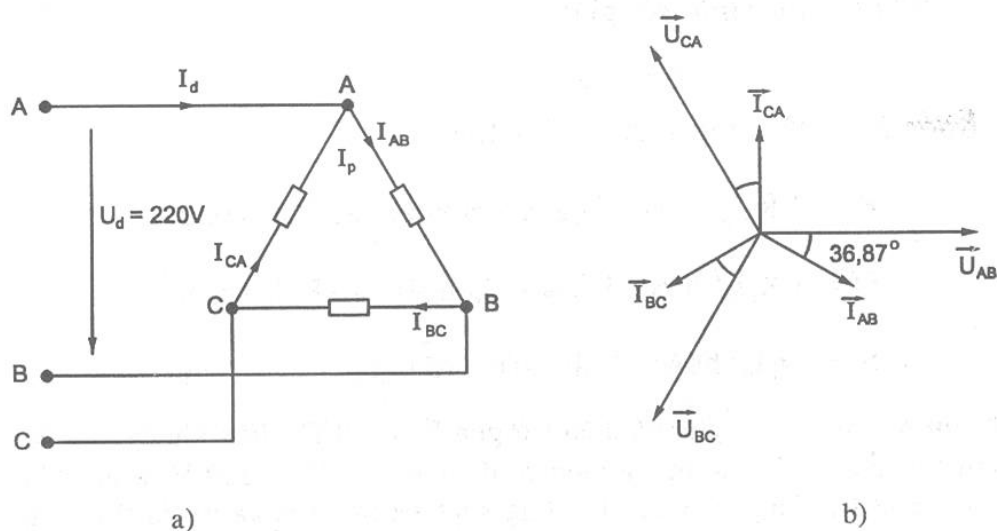
$$Q = 3 X_p I_p^2 = 3 \cdot 15 \cdot 8,8^2 = 3484,8Var$$

$$S = \sqrt{3} U_d I_d = \sqrt{3} \cdot 220 \cdot 15,24 = 5808,35VA$$

$$\text{Hệ số công suất của tải: } \cos\varphi = \frac{R_p}{Z_p} = \frac{20}{25} = 0,8 \quad \rightarrow \varphi = 36,87^\circ$$

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

Đồ thị vector dòng điện và điện áp pha (Hình 3.8)



Hình 3.8

Ví dụ 3.6: 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 $X = 8\Omega$.

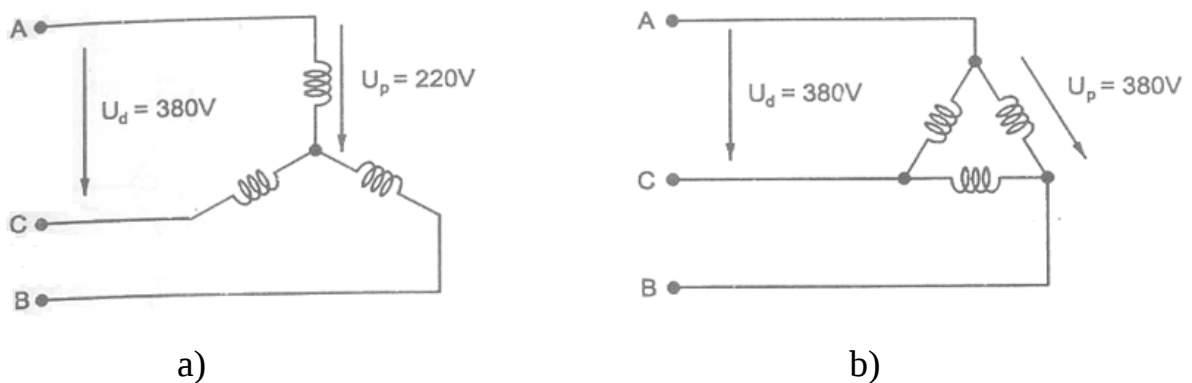
- Xác định tính cách nối các cuộn dây thành tải ba pha.
- Tính công suất P , Q , $\cos\varphi$ của tải.

Giải:

- 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 $U_p = U_d = 380V > \text{điện áp định mức của cuộn dây}$, cuộn dây sẽ bị hỏng (Hình 3.9):



Hình 3.9

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

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

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

$$\text{Dòng điện pha } I_p \text{ của tải: } I_p = \frac{U_p}{Z_p} = \frac{220}{8,24} = 26,7A$$

$$\text{Dòng điện dây } I_d \text{ của tải: } I_d = I_p = 26,7A$$

Công suất tác dụng P của tải

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

Công suất phản kháng Q của tải

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

Công suất biểu kiến S

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

Ví dụ 3.7: 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: $Z = \sqrt{R^2 + X^2} = \sqrt{8^2 + 6^2} = 10 (\Omega)$

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

Ví dụ 3.8: 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 đầu 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: $W_R = P.t = 11,5.24 = 276 \text{ KWh}$

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:

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

- Công suất tải tiêu thụ:

$$P = 3 R_p I_p^2 = 3.20.8,8^2 = 4646,4 \text{ W}$$

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

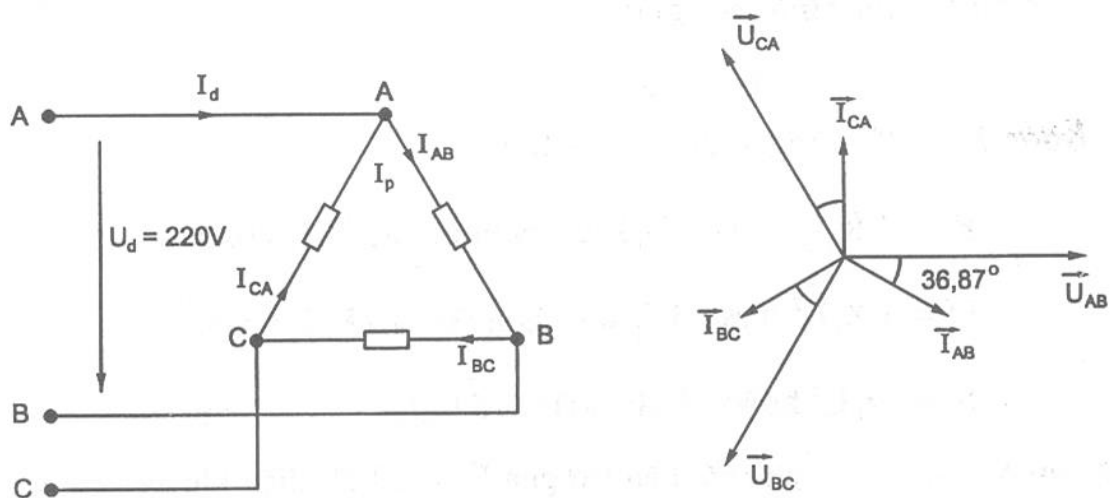
$$S = \sqrt{3} U_d I_d = \sqrt{3} .380.15,24 = 10030,35 \text{ VA}$$

- 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 3.10)



Hình 3.10

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 $X = 8 \Omega$.

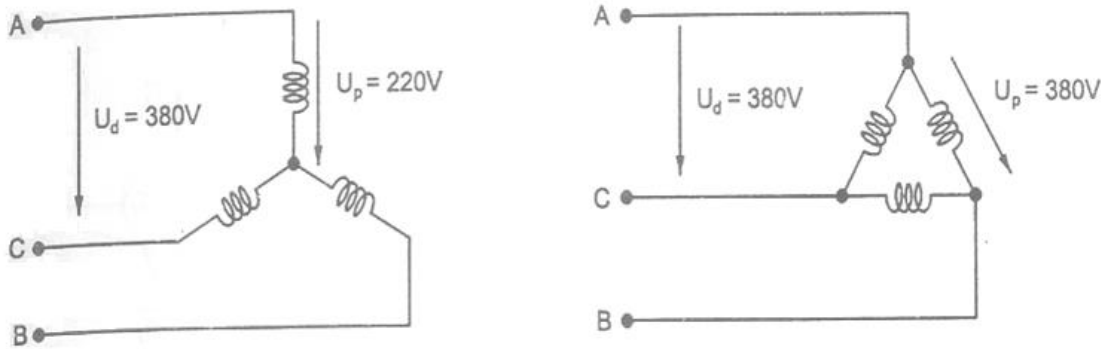
- Xác định tính cách nối các cuộn dây thành tải ba pha.
- Tính công suất P , Q , $\cos\varphi$ của tải.

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 3.11):



Hình 3.11

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

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

Công suất phản kháng Q của tải

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

Công suất biểu kiến S

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

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 và bài 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.
5. Một nguồn điện ba pha nối sao, $U_{pn} = 120\text{V}$ cung cấp điện cho tải nối sao có dây trung tính. Tải có điện trở pha $R_p = 180\Omega$.
6. Một nguồn điện ba pha đối xứng đấu sao cung cấp cho tải ba pha đối xứng đấu tam giác. Biết dòng điện pha của nguồn $I_{pn} = 17,32\text{A}$, 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.
7. Một tải ba pha đối xứng đấu hình tam giác, biết $R_p = 15\Omega$; $X_p = 6\Omega$, đấu vào mạng điện 3 pha $U_d = 380\text{V}$. Tính I_p , I_d , P , Q của tải.

HƯỚNG DẪN SỬ DỤNG GIÁO TRÌNH

Giáo trình môn học Điện kỹ thuật được sử dụng để giảng dạy và học tập cho trình độ Trung cấp, nghề Kỹ thuật máy lạnh và điều hoà không khí.

- Đối với giáo viên:

+ Trước khi giảng dạy, giáo viên cần căn cứ vào nội dung của từng bài học để chuẩn bị đầy đủ các điều kiện cần thiết nhằm đảm bảo chất lượng giảng dạy.

+ Nên áp dụng phương pháp đàm thoại để học sinh ghi nhớ kỹ hơn.

+ Nên bố trí thời gian hướng dẫn giải bài tập hợp lý mang tính minh họa để học sinh hiểu bài sâu hơn.

- Đối với người học:

Cần lưu những nội dung trọng tâm của môn học từ đó ghi nhớ công thức để giải các bài tập.

- Những trọng tâm cần chú ý:

+ Khái niệm về mạch điện và các phần tử trong mạch.

+ Các định luật về điện.

+ Cách giải các loại mạch điện

+ Cách đấu nối trong mạch điện 3 pha, mối quan hệ giữa đại lượng dây và đại lượng pha.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] PGS.TS Đặng Văn Đào, PGS.TS Lê Văn Doanh, *Giáo trình kỹ thuật điện*, NXB Giáo dục, 2014.
- [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, 2018.
- [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.