

TỔNG CÔNG TY ĐIỆN LỰC MIỀN BẮC
TRƯỜNG CAO ĐẲNG ĐIỆN LỰC MIỀN BẮC



EVN NPC
NEPC

GIÁO TRÌNH

KỸ THUẬT ĐIỆN

**NGÀNH/NGHỀ: QUẢN LÝ VẬN HÀNH, SỬA CHỮA ĐƯỜNG
DÂY VÀ TRẠM BIẾN ÁP CÓ ĐIỆN ÁP 110KV TRỞ XUỐNG**

TRÌNH ĐỘ: CAO ĐẲNG

*(Ban hành kèm theo Quyết định số /QĐ-NEPC ngày .../.../2020
của Hiệu trưởng Trường Cao đẳng Điện lực miền Bắc)*

Hà Nội, năm 2020

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 NÓI ĐẦU

Kỹ thuật điện là một ngành kỹ thuật ứng dụng các hiện tượng điện từ để biến đổi năng lượng, đo lường, điều khiển, xử lý tín hiệu. Việc tính toán các thông số trong mạch, 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.

Cuốn giáo trình **Kỹ thuật điện** được biên soạn trên cơ sở các kiến thức lý thuyết cơ bản, được trình bày một cách ngắn gọn và dễ hiểu, chủ yếu đi sâu vào kỹ năng tính toán, giới thiệu các ví dụ tính toán giúp cho người học có thể tự học thuận tiện. Cuốn giáo trình này được dùng chủ yếu cho sinh viên ngành Quản lý vận hành, sửa chữa đường dây và trạm biến áp có điện áp từ 110kV trở xuống, trình độ Cao đẳng nghề nên các phần kiến thức trong đó mới chỉ dừng ở mức độ giới thiệu cho người học các khái niệm và các phương pháp tính toán kỹ thuật điện và mạch điện đơn giản nhất.

Nội dung gồm 3 chương:

Chương 1: Mạch điện một chiều

Chương 2: Điện từ và cảm ứng điện từ

Chương 3: Mạch điện xoay chiều hình sin

Trong quá trình biên soạn, nhóm tác giả đã tham khảo các giáo trình và tài liệu giảng dạy môn học này của một số trường đại học trong và ngoài nước để giáo trình vừa đạt yêu cầu cao về nội dung vừa thích hợp với đối tượng là sinh viên của trường Cao đẳng Điện lực miền Bắc.

Dù đã hết sức cố gắng để cuốn sách được hoàn chỉnh, song không tránh khỏi những thiếu sót, nhóm tác giả rất mong nhận được các ý kiến, nhận xét của các bạn đọc để cuốn giáo trình được hoàn thiện hơn. Xin gửi thư về địa chỉ: Tổ môn Kỹ thuật cơ sở, khoa Điện, trường Cao đẳng Điện lực miền Bắc Tân Dân, Sóc Sơn, Hà Nội.

Tập thể giảng viên
TỔ MÔN KỸ THUẬT CƠ SỞ - KHOA
ĐIỆN

MỤC LỤC

Mục lục	Trang
Lời nói đầu	3
Chương 1: Mạch điện một chiều	9
1. Các định luật cơ bản về mạch điện	10
2. Phương pháp biến đổi mạch điện	15
3. Phương pháp giải mạch điện một chiều	19
Chương 2: Điện từ và cảm ứng điện từ	23
1. Đại cương về từ trường	24
2. Các hiện tượng cảm ứng điện từ	34
Chương 3: Mạch điện xoay chiều hình sin	44
1. Đại cương về mạch điện xoay chiều hình sin	45
2. Biểu diễn đại lượng xoay chiều hình sin	53
3. Phương pháp giải mạch điện xoay chiều hình sin	63
Tài liệu tham khảo	101

MÔN HỌC KỸ THUẬT ĐIỆN

Mã môn học: MH 12

Thời gian của môn học: 90 giờ

(Lý thuyết: 48 giờ; Bài tập, Thực hành: 42 giờ)

I. VỊ TRÍ, TÍNH CHẤT MÔN HỌC:

- Vị trí của môn học: Môn học được bố trí giảng dạy vào học kỳ I năm thứ nhất

- Tính chất của môn học: Là môn học lý thuyết kỹ thuật cơ sở trong chương trình dạy nghề. Quản lý vận hành, sửa chữa đường dây và trạm biến áp từ 110KV trở xuống. Trình độ cao đẳng nghề.

II. MỤC TIÊU CỦA MÔN HỌC:

Học xong môn học này, người học có khả năng:

- Trình bày được các định nghĩa, khái niệm, định luật, biểu thức, đơn vị tính của các đại lượng điện trong mạch điện;

- Viết được các biểu thức và tính toán được các thông số, đại lượng cơ bản của mạch từ, của mạch điện một chiều, xoay chiều 1 pha và 3 pha;

- Chọn được phương pháp giải các bài toán về mạch điện hợp lý;

- Giải được mạch tuyến tính hệ số hằng ở chế độ xác lập điều hoà có dùng số phức;

- Phân tích được mạch ba pha đối xứng và không đối xứng;

- Giải thích một số ứng dụng đặc trưng theo quan điểm của kỹ thuật điện;

- Tự giác, nghiêm túc, cẩn thận, chính xác, khoa học.

III. NỘI DUNG MÔN HỌC

1. Nội dung tổng quát và phân phối thời gian

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	8	7	1
	1. Các định luật cơ bản về mạch điện	2	1	1	
	2. Phương pháp biến đổi mạch điện	5	3	2	
	3. Phương pháp giải mạch điện một chiều	8	4	4	
2	Chương 2. Điện từ và cảm ứng điện từ	15	9	6	1
	1. Đại cương về từ trường	7	4	3	
	2. Các hiện tượng cảm ứng điện từ	8	5	3	
3	Chương 3. Mạch điện xoay chiều hình sin	60	31	29	3
	1. Đại cương về mạch điện xoay chiều hình sin	8	4	4	
	2. Biểu diễn đại lượng xoay chiều hình sin	15	7	8	
	3. Phương pháp giải mạch điện xoay chiều hình sin	37	20	17	
	Cộng	90	48	42	5

* Ghi chú: Thời gian kiểm tra lý thuyết được tính vào giờ lý thuyết, kiểm tra thực hành được tính vào giờ thực hành

IV. YÊU CẦU VỀ ĐÁNH GIÁ HOÀN THÀNH MÔN HỌC

1. Nội dung đánh giá:

** Kiến thức:*

- Định luật Ôm, định luật Kiéc Khốp, định luật Jun Len xơ, định luật Len xơ, định luật cảm ứng điện từ.

- Tương tác điện từ giữa hai dây dẫn thẳng đặt song song, dây dẫn chuyển động trong từ trường.

- Các công thức tính toán R, L, C.

- Biểu diễn đại lượng xoay chiều hình sin dưới dạng hàm số, đồ thị, giản đồ véc tơ quay.

- Phương pháp số phức xét mạch tuyến tính hệ số hằng ở chế độ xác lập điều hoà.

** Kỹ năng:*

- Xác định chiều dòng điện cảm ứng, lực điện từ.

- Khả năng nhận ra bản chất mạch điện, đề xuất phương pháp giải mạch hợp lý nhất.

- Giải các bài toán về mạch điện một chiều; xoay chiều 1 pha, 3 pha.

- Kỹ năng tính toán số phức.

** Về thái độ:* Chăm thận, tự giác.

2. Công cụ đánh giá:

- Hệ thống ngân hàng câu hỏi trắc nghiệm về: Các định luật cơ bản của mạch điện, tương tác từ.

- Hệ thống bài tập giải mạch điện một chiều, xoay chiều 1 pha, 3 pha.

3. Phương pháp đánh giá:

- Trắc nghiệm.

- Tự luận.

Chương 1

GIẢI MẠCH ĐIỆN MỘT CHIỀU

Giới thiệu

Năm 1785 Ch. Coulomb nghiên cứu các định luật về tĩnh điện. Năm 1800 A. Volta dựa trên cơ sở phát minh của Galvani đã chế tạo ra pin đầu tiên. Năm 1820 Ampe nghiên cứu lực điện động. Năm 1826 Ohm tìm ra quan hệ giữa dòng điện và điện áp trong mạch không phân nhánh.

Chương 1 cung cấp các kiến thức, các định luật cơ bản về mạch điện, các phương pháp biến đổi mạch điện; phương pháp tính toán các thông số trong mạch điện một chiều

Mục tiêu

- Trình bày được cách ghép các điện trở, cách tính toán các thông số trong mạch ghép.
- Trình bày được định luật Kiếchốp 1 và 2; các bước giải mạch điện một chiều bằng phương pháp dòng điện nhánh, phương pháp điện áp 2 điểm nút, phương pháp dòng vòng, phương pháp biến đổi sao – tam giác.
- Áp dụng các phương pháp vào tính toán được các thông số trong các mạch điện một chiều cụ thể.
- Tự giác, nghiêm túc, cẩn thận, chính xác, khoa học;

Nội dung

1. Các định luật cơ bản về mạch điện

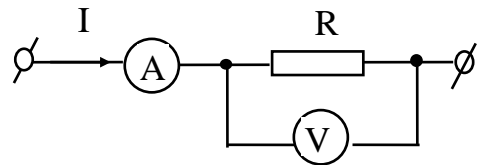
1.1. Định luật Ôm

1.1.1. Áp dụng cho 1 đoạn mạch

Cường độ dòng điện đi trong 1 đoạn mạch tỷ lệ thuận với điện áp hai đầu đoạn mạch và tỷ lệ nghịch với điện trở của đoạn mạch đó (hình 1-1).

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

Hệ quả: $U = I \cdot R \Rightarrow R = \frac{U}{I}$



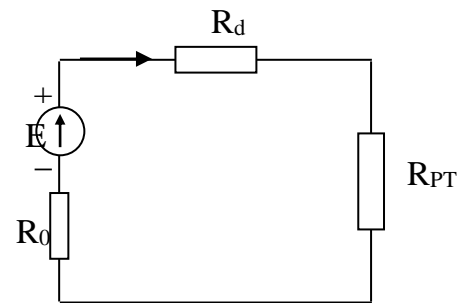
Hình 1 - 1

1.1.2. Áp dụng cho mạch kín

a. Mạch kín có một nguồn

Cường độ dòng điện đi trong mạch kín có một nguồn tỷ lệ thuận với sức điện động của nguồn và tỷ lệ nghịch với điện trở toàn mạch. (Hình 1 - 2)

$$I = \frac{E}{R_{TM}}$$



Hình 1 - 2

Trong đó:

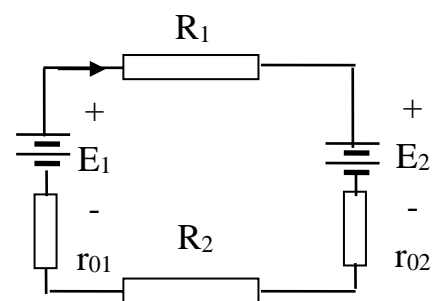
E - sức điện động của nguồn (V)

R_{TM} - Điện trở toàn mạch (Ω)

Trên hình 1 - 16: $R_{TM} = R_0 + R_d + R_{PT}$

b. Mạch kín có nhiều nguồn

Cường độ dòng điện đi trong mạch kín có nhiều nguồn tỷ lệ thuận với tổng đại số các sức điện động có trong mạch và tỷ lệ nghịch với điện trở toàn mạch. (Hình 1-3)



Hình 1 - 3

$$I = \frac{\sum E}{R_{Tm}}$$

Quy ước sức điện động nào có cùng chiều với chiều dương dòng điện thì mang dấu dương, ngược chiều dương dòng điện thì mang dấu âm.

1.2. Công và công suất của dòng điện

1.2.1. Công của dòng điện (Điện năng)

+ Công của nguồn:

Năng lượng của nguồn sản sinh ra để di chuyển các điện tích từ cực này đến cực khác trong một thời gian t nào đó gọi là công của nguồn.

$$A = E.q = E.I.t$$

Trong đó:

E - Sức điện động của nguồn (V)

$q = It$ - Điện lượng dịch chuyển trong thời gian t (C)

+ Công tiêu thụ trên phụ tải:

Năng lượng điện được truyền tới các hộ tiêu thụ và được biến đổi sang các dạng năng lượng khác.

$$A = U.q = U.I.t$$

Trong đó: U - Điện áp đặt vào phụ tải (V)

+ Công tổn hao trong nguồn:

Là năng lượng mất mát do toả nhiệt bên trong nguồn:

$$A_0 = U_0q = U_0It$$

Trong đó: U_0 - Điện áp tổn hao bên trong nguồn

$$U_0 = E - U = I.R_0$$

Đơn vị đo của công: Oát giờ (Wh)

$$1 \text{ Wh} = 1\text{V}.1\text{A}.1\text{h} = 3600 \text{ (J)}$$

Bội số của Wh: 1 KWh = 1000 Wh = 10^3 Wh

1 MWh = 1000000 Wh = 10^6 Wh

1.2.2. Công suất tác dụng của dòng điện

+ Công suất của dòng điện là đại lượng đặc trưng cho sự biến thiên năng lượng, nó chính bằng công trong 1 đơn vị thời gian. Ký hiệu là: P

$$P = \frac{A}{t}$$

+ Công suất của nguồn: $P = \frac{A}{t} = \frac{E.I.t}{t} = E.I$

+ Công suất tiêu thụ trên phụ tải: $P = \frac{A}{t} = \frac{U.I.t}{t} = U.I$

+ Công suất tổn hao trong nguồn: $P = \frac{A_0}{t} = \frac{U_0.I.t}{t} = U_0.I$

Đơn vị đo công suất: Oát (W)

$$1W = 1A.1$$

Bội số của W là: Kiloôát (KW): 1KW = 1000 W = 10^3 W

Mêgaoát (MW): 1MW = 1000000 W = 10^6 W

1.2.3. Tác dụng nhiệt của dòng điện

a. Định luật Jun- LenXơ

Nhiệt lượng toả ra trong 1 dây dẫn tỷ lệ thuận với bình phương cường độ dòng điện, với điện trở dây dẫn và thời gian dòng điện chạy qua.

$$Q = K.I^2.R.t$$

Trong đó:

R- Điện trở dây dẫn (Ω)

I- Cường độ dòng điện (A)

t- Thời gian tính bằng giây (s)

K- Đương lượng nhiệt công, nó phụ thuộc vào đơn vị đo nhiệt lượng.

Nếu đơn vị của Q đo bằng Jun thì $K = 1$, nếu đơn vị bằng Ca lo (Cal) thì $K = 0,24$

b. Ứng dụng

Khi có dòng điện chạy qua dây dẫn, nếu dòng điện vượt quá trị số cho phép trong thời gian dài có thể làm cho nhiệt độ của dây dẫn vượt quá trị số cho phép làm hư hỏng cách điện, thậm chí làm nóng chảy dây dẫn, ứng dụng hiện tượng này người ta chế tạo ra cầu chì, role để bảo vệ mạch điện khi quá dòng. Cũng dựa trên hiện tượng này người ta sản xuất các đồ điện dân dụng như: Bàn là, bếp điện, lò sưởi điện....

1.2.4. Định luật Kiéc Khốp

a. Khái niệm

+ Định luật Ôm nêu mối quan hệ giữa Dòng điện và điện áp ở mạch điện không phân nhánh. Đối với mạch điện phân nhánh thì mối quan hệ giữa chúng trở lên phức tạp hơn, mà định luật Ôm không đủ điều kiện để giải.

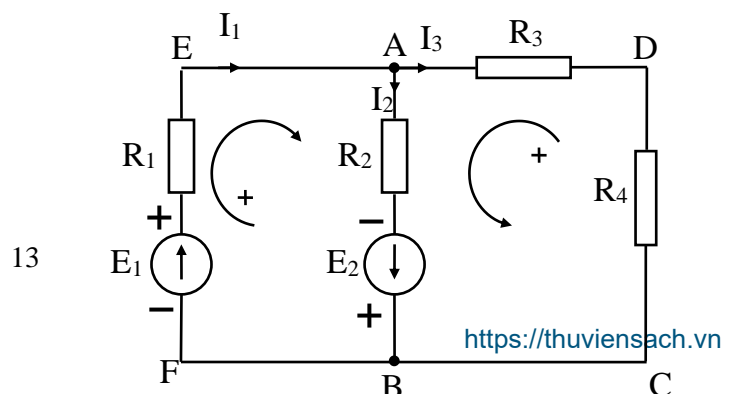
+ Để giải các bài toán trong mạch điện phân nhánh người ta dùng phương pháp dòng nhánh, dòng vòng hoặc phương pháp điện áp hai điểm nút trên cơ sở của định luật Kiéc khốp.

- Mạch điện phân nhánh được cấu tạo bởi các mạch nhánh và điểm nút như hình 1 - 4.

- Mạch nhánh là một đoạn mạch chỉ có một dòng điện duy nhất chạy qua: Nhánh AB; AD; FE;...

- Điểm nút là điểm nối chung của ba nhánh trở lên: Nút A và B

- Tập hợp các nhánh bất kỳ tạo thành một mạch vòng khép kín gọi là mạch vòng: ABCD; ABFE;



EFDC.

- Mạch vòng không bao bọc
nhánh bên trong gọi là mắt của
mạch: ABCD và ABFE

Định luật Kiéc khốp nêu mối quan hệ giữa các dòng điện đi qua một điểm nút và giữa các sức điện động với điện áp trong một mạch vòng bất kỳ. Chính vì vậy ta có thể áp dụng định luật Kiéc khốp để giải mạch điện một chiều phân nhánh bất kỳ.

b. Định luật Kiéc khốp I

Khi trong dây dẫn có dòng điện, thì các điện tích chuyển dịch liên tục, do đó dòng điện trong một nhánh có trị số không đổi ở tất cả các tiết diện của dây dẫn. Khi đó ta có thể nói dòng điện có tính liên tục. Từ tính liên tục đó ta thấy:

Tổng các dòng điện đi đến điểm nút bằng tổng các dòng điện rời khỏi điểm nút.

Ví dụ: Tại điểm nút A ta có: $I_1 = I_2 + I_3$ hay $I_1 - I_2 - I_3 = 0$

Nếu quy ước: Dòng điện đi đến điểm nút mang dấu dương thì dòng điện rời khỏi điểm nút mang dấu âm. Khi đó ta có định luật Kiéc khốp I phát biểu như sau:

Tổng đại số các dòng điện tại một điểm nút bằng không $\sum I = 0$

c. Định luật Kiéc khốp II

Trong mỗi mạch vòng, nếu ta xuất phát từ một điểm đi qua tất cả các phần tử của mạch (Gồm các sức điện động và điện áp đặt trên từng đoạn mạch) rồi trở về điểm xuất phát, thì ta có lại điện thế ban đầu.

Như vậy, ta có thể nhận xét rằng tổng các sức điện động có trong mạch cân bằng với các điện áp đặt trên phân đoạn mạch. Đó là cơ sở của Định luật

Kiểm khớp II.

Định luật: Trong một mạch vòng bất kỳ thì tổng đại số các sức điện động bằng tổng đại số các sụt áp trên các phần tử của mạch.

$$\sum E = \sum IR$$

Để viết được phương trình định luật Kiết khớp II, ta phải chọn chiều dương cho mạch vòng, khi đó những sức điện động nào cùng chiều với chiều dương đã chọn thì mang dấu (+), ngược lại sức điện động nào ngược chiều thì mang dấu (-).

Ví dụ: ở mạch vòng ABCDA:

$$E_2 = - I_3 R_3 + I_2 R_2 - I_3 R_4$$

ở mạch vòng ABEFA:

$$E_1 + E_2 = I_1 R_1 + I_2 R_2$$

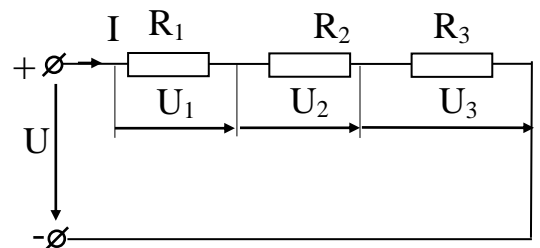
2. Phương pháp biến đổi mạch điện

2.1. Mạch ghép các điện trở

2.1.1. Ghép nối tiếp

a. Cách ghép

Ghép nối tiếp các điện trở là cách ghép sao cho chỉ có một dòng điện duy nhất đi qua các điện trở, hay còn gọi là cách ghép không phân nhánh. (Hình 1-5)



Hình 1-5

b. Cách tính các thông số

+ Điện áp đặt vào hai đầu mạch:

Theo định luật Ôm ta có điện áp đặt trên các điện trở thành phần:

$$U_1 = IR_1; U_2 = IR_2; U_3 = IR_3; \dots U_n = IR_n$$

Trong đó: n- số điện trở ghép nối tiếp trong mạch

Vậy điện áp đặt vào hai đầu mạch được xác định:

$$U = U_1 + U_2 + U_3 + \dots + U_n$$

+ Dòng điện đi trong mạch:

$$I = \frac{U}{R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_n} = \frac{U_1}{R_1} = \frac{U_2}{R_2} = \frac{U_3}{R_3} = \dots = \frac{U_n}{R_n}$$

+ Điện trở tương đương toàn mạch:

Nếu thay các điện trở ghép nối tiếp bằng một điện trở sao cho nếu điện áp đặt vào mạch không thay đổi thì dòng điện đi trong mạch cũng không thay đổi. Điện trở thay thế đó được gọi là điện trở tương đương, ký hiệu: R_{TD}

$$R_{TD} = R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_n$$

+ Công suất:

- Công suất tiêu hao trên mỗi điện trở:

$$P_1 = I^2 R_1; P_2 = I^2 R_2; P_3 = I^2 R_3; \dots; P_n = I^2 R_n$$

- Công suất toàn mạch:

$$P = P_1 + P_2 + P_3 + \dots + P_n = I^2 R_{TD}$$

2.1.2. Ghép song song các điện trở

a. Cách ghép

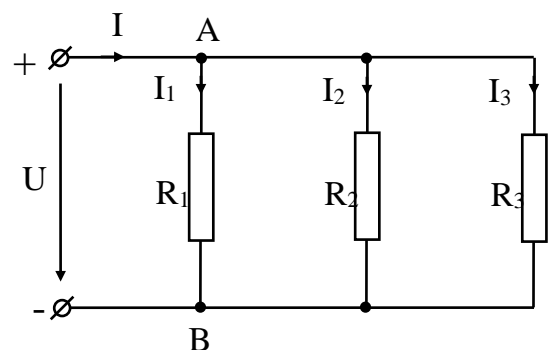
Ghép song song các điện trở là cách ghép sao cho tất cả các điện trở đều được đặt vào cùng một điện áp, hay còn gọi là cách ghép phân nhánh như (Hình 1 - 6).

b. Cách tính các thông số

+ Điện áp toàn mạch:

$$U = U_1 = U_2 = U_3 = \dots = U_n = U_{AB}$$

+ Dòng điện đi trong mạch:



- Dòng điện qua mỗi điện trở:

$$I_1 = \frac{U_{AB}}{R_1}; I_2 = \frac{U_{AB}}{R_2}; \dots; I_n = \frac{U_{AB}}{R_n}$$

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

+ Điện trở tương đương của mạch:

- Dạng tổng quát: $\frac{1}{R_{TD}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_n}$

- Trường hợp mạch có hai điện trở :

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

- Nếu hai điện trở có trị số bằng nhau thì:

$$R_{TD} = \frac{R_1}{2} = \frac{R_2}{2} = \frac{R}{2}$$

- Trường hợp mạch có n điện trở có trị số bằng nhau:

$$R_{TD} = \frac{R_1}{n} = \frac{R_2}{n} = \dots = \frac{R_n}{n}$$

+ Công suất:

- Công suất tiêu thụ trên mỗi điện trở:

$$P_1 = I^2 R_1; P_2 = I^2 R_2; P_3 = I^2 R_3; \dots; P_n = I^2 R_n$$

- Công suất toàn mạch: $P = P_1 + P_2 + P_3 + \dots + P_n = I^2 R_{TD}$

2.1.3. Ghép hỗn hợp

Mạch ghép hỗn hợp là mạch bao gồm các điện trở vừa ghép nối tiếp vừa ghép song song. Để tính toán các thông số trong mạch ghép hỗn hợp, ta thực hiện theo các bước sau:

Bước 1: Đưa mạch điện phân nhánh về dạng không phân nhánh, bằng cách tìm các điện trở tương đương thay thế cho các điện trở ghép song song.

Bước 2: Dùng định luật Ôm tính dòng điện trong mạch không phân nhánh.

Bước 3: Tìm dòng điện đi trong các nhánh.

2.2. Phương pháp biến đổi sao – tam giác

2.2.1. Cách nối và ký hiệu

+ Ba điện trở gọi là đầu hình sao, khi chúng có 3 đầu nối với nhau tạo thành điểm nút chung, 3 đầu còn lại nối với các nút khác của mạch.

Các điện trở nối tới các nút 1, 2, 3 được ký hiệu là R_1, R_2, R_3

+ Ba điện trở gọi là đầu hình tam giác khi chúng nối với nhau tạo thành 1 vòng kín, các điểm nối là các nút của mạch.

Các điện trở nối tới các nút 1 và 2 ký hiệu là R_{12} ; nút 2 và 3 ký hiệu là R_{23} ; nút 3 và 1 ký hiệu là R_{31}

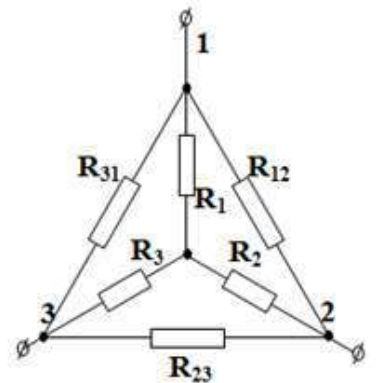
2.2.2. Công thức biến đổi

a. Công thức biến đổi từ tam giác (Δ) sang sao (Y)

$$R_1 = \frac{R_{12} \cdot R_{31}}{R_{12} + R_{31} + R_{23}};$$

$$R_2 = \frac{R_{23} \cdot R_{12}}{R_{12} + R_{31} + R_{23}};$$

$$R_3 = \frac{R_{23} \cdot R_{31}}{R_{12} + R_{31} + R_{23}}$$



Hình 1-7

Kết luận: Điện trở của một cánh sao bằng tích điện trở của hai cạnh tam giác có chung một đầu nối với cánh sao chia cho tổng 3 điện trở của ba cạnh tam giác.

b. Công thức biến đổi từ sao (Y) sang tam giác (Δ)

$$R_{12} = R_1 + R_2 + \frac{R_1 R_2}{R_3}; R_{23} = R_2 + R_3 + \frac{R_2 R_3}{R_1}; R_{31} = R_3 + R_1 + \frac{R_3 R_1}{R_2}$$

Kết luận: Điện trở của 1 cạnh tam giác bằng tổng điện trở của 2 cánh sao

có đầu nối chung với cạnh tam giác đó cộng với thương số giữa tích của chúng trên điện trở cánh sao còn lại.

3. Phương pháp giải mạch điện một chiều

3.1. Giải mạch điện một chiều bằng phương pháp dòng nhánh

3.1.1. Các bước giải

+ Phương pháp dòng điện nhánh được thực hiện trên cơ sở của định luật Kiéc Khốp I và II để viết phương trình cho điểm nút và mạch vòng (nút và mắt). Phương pháp chọn dòng điện đi trong các nhánh làm ẩn số.

+ Người ta chứng minh được rằng, trong một mạch điện có m nút thì ta viết được $(m-1)$ phương trình theo định luật Kiéc Khốp I. Nếu ta gọi số nhánh của mạch là n , khi đó ta cần n phương trình cho định luật Kiéc Khốp và số phương trình theo định luật Kiéc Khốp II là:

$$n - (m - 1) = (n + 1) - m$$

+ Người ta chứng minh được số phương trình viết theo định luật Kiéc Khốp II bằng chính số mắt của mạch.

Để giải bài toán mạch điện một chiều theo phương pháp dòng điện nhánh, ta trình tự tiến hành theo các bước sau:

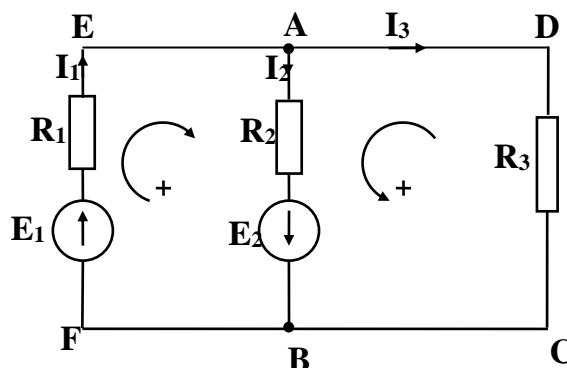
Bước 1: Quy ước chiều dòng điện mạch vòng, dòng điện nhánh. Mỗi dòng điện nhánh là một ẩn số. Việc chọn là tùy ý, nếu kết quả là dương thì chiều ta chọn là đúng, nếu kết quả âm thì chiều thực của dòng điện ngược với chiều ta đã chọn và giá trị bằng trị số tuyệt đối của kết quả ta đã tính.

Bước 2: Thành lập hệ phương trình Kiéc Khốp:

Viết $(m - 1)$ phương trình Kiéc Khốp I

Viết $(n + 1) - m$ phương trình Kiéc Khốp II

Bước 3: Giải hệ phương trình tìm ra dòng điện đi trong các nhánh, nhánh nào tính ra dòng điện âm thì chiều thực của nó ngược với chiều ta đã chọn.



Hình 1-8

3.1.2. Bài tập áp dụng

Cho mạch điện như hình vẽ, biết:

$$E_1 = 125V, E_2 = 90V, R_1 = 3\Omega$$

$$R_2 = 2\Omega, R_3 = 2\Omega$$

Tìm dòng điện đi trong các nhánh theo phương pháp Dòng điện nhánh

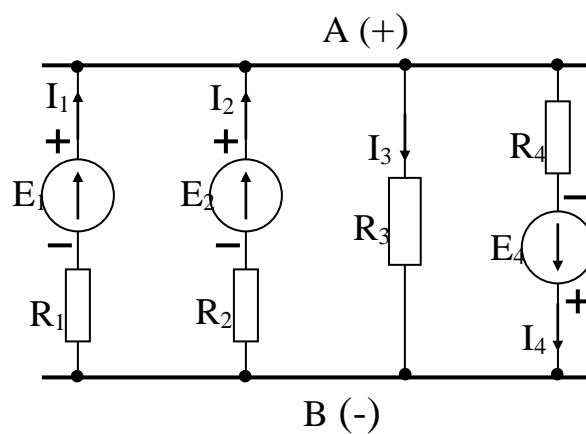
3.2. Giải mạch điện một chiều bằng phương pháp điện áp 2 điểm nút

3.2.1. Các bước giải

Bước 1: Chọn nút dương và nút âm, nút dương là nút có nhiều sức điện động hướng về, nút còn lại là nút âm.

Bước 2: Chọn chiều dương dòng điện cho các nhánh:

- Dòng trong nhánh có nguồn chọn theo chiều sức điện động.



Hình 1-9

- Dòng trong nhánh không có nguồn chọn theo chiều điện áp (hướng từ nút dương về nút âm).

Bước 3: Tính hiệu điện thế
$$U_{AB} = \frac{\sum E_g}{\sum g}$$

- Điện áp giữa 2 điểm nút của các nhánh song song bằng tổng đại số các sức điện động nhánh và điện dẫn nhánh có nguồn chia cho tổng điện dẫn các nhánh.

- Qui ước sức điện động nào hướng về nút dương thì mang dấu dương, sức điện động nào hướng về nút âm thì mang dấu âm.

Ví dụ: Như hình vẽ 1 - 9 thì:
$$U_{AB} = \frac{E_1 g_1 + E_2 g_2 - E_4 g_4}{g_1 + g_2 + g_3 + g_4}$$

Bước 4: Tìm dòng điện đi trong các nhánh:

- Nhánh có nguồn hướng về nút dương:
$$I = \frac{E - U_{AB}}{R} = (E - U_{AB})g$$

- Nhánh có nguồn hướng về nút âm:
$$I = \frac{E + U_{AB}}{R} = (E + U_{AB})g$$

- Nhánh không có nguồn
$$I = \frac{U_{AB}}{R} = U_{AB}g$$

3.2.2. Bài tập áp dụng

Cho mạch điện như hình vẽ 1-9, biết:

$$E_1 = 150V; E_2 = 90V; E_4 = 45V; R_1 = 1\Omega; R_2 = 0,5\Omega; R_4 = 0,5\Omega; R_3 = 25\Omega.$$

Bằng phương pháp điện áp hai điểm nút hãy xác định dòng điện đi trong các nhánh

3.3. Giải mạch điện một chiều bằng phương pháp dòng vòng

3.3.1. Các bước giải

Phương pháp lấy dòng điện mạch vòng làm ẩn số, gồm bốn bước để thực hiện giải:

Bước 1: Chọn số vòng độc lập theo các mắt lưới, chọn ẩn số là dòng điện mạch vòng với chiều dương tùy ý thuận hoặc ngược chiều kim đồng hồ.

Bước 2: Thành lập hệ phương trình dòng vòng

$$\begin{cases} E_a = I_a R_a \pm I_b R_{ab} \pm I_c R_{ac} \pm \dots \\ E_b = I_b R_b \pm I_a R_{ba} \pm I_c R_{bc} \pm \dots \\ E_c = I_c R_c \pm I_a R_{ca} \pm I_b R_{cb} \pm \dots \end{cases}$$

Trong đó:

- E_a, E_b, E_c, \dots Là tổng đại số sức điện động trong các mạch vòng (cùng chiều dòng điện mạch vòng mang dấu dương, ngược chiều mang dấu âm).

- I_a, I_b, I_c, \dots Các dòng điện mạch vòng (các ẩn số).

- R_a, R_b, R_c, \dots Tổng điện trở các mạch vòng tương ứng, $I_a R_a, I_b R_b, I_c R_c$ luôn luôn mang dấu dương.

- $R_{ab}, R_{bc}, R_{ca}, \dots$ Là các điện trở chung của các mạch vòng tương ứng, $I_a R_{ab}, I_b R_{bc}, I_c R_{ca}$ mang dấu dương khi các dòng vòng tương ứng qua điện trở cùng chiều, mang dấu âm khi các dòng vòng tương ứng qua điện trở ngược chiều.

Bước 3: Giải hệ phương trình tìm trị số các dòng điện mạch vòng.

Bước 4: Tìm dòng điện trong các nhánh. Dòng điện trong một nhánh bằng tổng đại số các dòng điện mạch vòng chạy qua nhánh đó, đối với nhánh độc lập dòng điện nhánh bằng dòng điện mạch vòng.

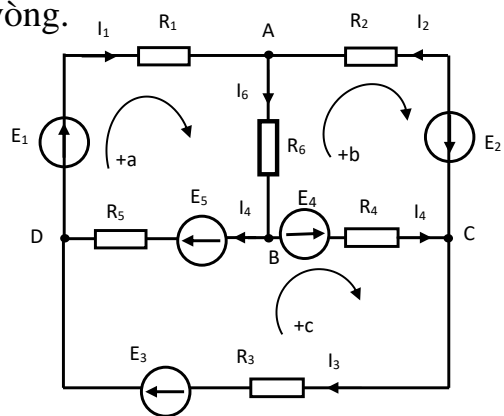
3.3.2. Bài tập áp dụng

Cho mạch điện như hình vẽ (hình 1-10), biết: $E_1 = 18V, E_5 = 3V; E_2 = E_3 = 5V,$

$E_4 = 15V, R_1 = R_3 = R_4 = R_5 = 1\Omega,$

$R_2 = 2\Omega, R_6 = 5\Omega.$ Tìm dòng

điện đi trong các nhánh



Hình 1-10

Chương 2

ĐIỆN TỪ VÀ CẢM ỨNG ĐIỆN TỪ

Giới thiệu

Năm 1819 Faraday phát minh ra định luật cảm ứng điện từ; năm 1833 Lentz tìm ra chiều dòng điện cảm ứng. Định luật cảm ứng điện từ là cơ sở lý luận cho sự xuất hiện của các dòng điện cảm ứng trong mạch, là cơ sở chế tạo ra các loại máy điện và thiết bị điện.

Năm 1847 Kirchhoff phát biểu định luật về dòng điện và điện áp trong mạch phân nhánh. Năm 1870 chế tạo máy điện một chiều đầu tiên có kết cấu gần giống như hiện nay. Năm 1873 Maxwell đưa ra lý thuyết tổng quan về trường điện từ nhờ đó năm 1888 Hertz thu được sóng điện từ đầu tiên.

Chương 2 cung cấp các kiến thức cơ bản về hiện tượng cảm ứng điện từ, định luật cảm ứng điện từ, định luật Len xơ và các hiện tượng điện từ khác trong mạch điện

Mục tiêu

- Trình bày được khái niệm về từ trường, bản chất của từ trường và các đại lượng đặc trưng cho từ trường.
- Trình bày và giải thích được hiện tượng cảm ứng điện từ, định luật cảm ứng điện từ, định luật Lenxơ; lực điện từ;
- Vẽ và giải thích được chu trình từ trễ, ý nghĩa của chu trình từ trễ của vật liệu sắt từ.
- Trình bày và giải thích được hiện tượng tự cảm và hiện tượng hồ cảm của cuộn dây khi có dòng điện chạy qua và cá hiện tượng điện từ khác.
- Áp dụng quy tắc vắn nút chai, quy tắc bàn tay trái, quy tắc bàn tay phải để xác định chiều của đường sức từ; phương chiều lực điện từ và của sức điện động cảm ứng.
- Giải thích được một số ứng dụng của hiện tượng điện từ theo quan

điểm kỹ thuật điện

- Tự giác, nghiêm túc, cẩn thận, chính xác, khoa học;

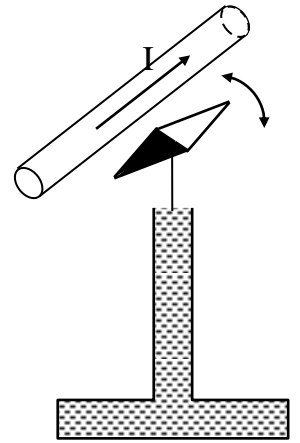
1. Đại cương về từ trường

1.1. Từ trường, bản chất của từ trường

Một trong những biểu hiện quan trọng nhất của dòng điện là tạo ra từ trường.

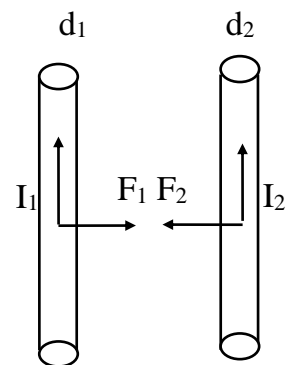
1.1.1. Thí nghiệm

+ Đặt một kim nam châm cạnh dây dẫn điện, khi có dòng điện chạy qua dây dẫn ta thấy kim nam châm lệch đi khỏi vị trí ban đầu đến một vị trí mới hoàn toàn xác định. Nếu đổi chiều dòng điện thì kim nam châm sẽ quay ngược lại (Hình 2-1)



Hình 2-1

+ Thay kim nam châm bằng một dây dẫn mang dòng điện khác. Dây dẫn này bị hút nếu dòng điện đi trong dây dẫn này cùng chiều với dòng điện đi trong dây dẫn trước và bị đẩy nếu dòng điện ngược chiều với dòng điện đi trong dây dẫn trước (Hình 2 - 1).



Hình 2-2

+ Như vậy, xung quanh dây dẫn mang dòng điện có từ trường, biểu hiện của từ trường là tác dụng lực lên kim nam châm hoặc dây dẫn mang dòng điện khác đặt gần nó, lực tác dụng đó gọi là lực điện từ.

1.1.2. Bản chất của từ trường

+ Từ trường là một dạng vật chất có biểu hiện đặc trưng là tác dụng của lực điện từ lên kim nam châm hay dây dẫn mang dòng điện đặt gần nó. Nói một cách tổng quát là xung quanh các điện tích chuyển động luôn luôn tồn tại một từ trường và ngược lại từ trường chỉ xuất hiện ở những nơi có các điện tích chuyển

động.

+ Thí nghiệm trên cho thấy xung quanh dây dẫn mang điện có từ trường. Từ trường và dòng điện là hai khái niệm không thể tách rời nhau.

1.2. Các đại lượng đặc trưng cho từ trường

1.2.1. Cường độ từ cảm (B)

+ Đại lượng đặc trưng cho độ mạnh yếu của từ trường gọi là cường độ từ cảm ký hiệu là: B

+ Cường độ từ cảm là một đại lượng véc tơ B có phương trùng với phương của tiếp tuyến đường sức từ tại điểm xét, chiều véc tơ cùng chiều với đường sức từ.

+ Trị số được xác định bằng trị số lực điện từ tác dụng lên dây dẫn dài một đơn vị, mang 1 đơn vị cường độ dòng điện đặt vuông góc với đường sức từ tại điểm đó.

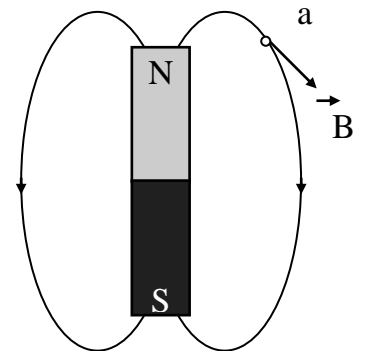
$$B = \frac{F}{I.l}$$

Trong đó:

F - Lực điện từ (N)

I - Cường độ dòng điện đi trong dây dẫn (A)

l - Chiều dài dây dẫn (m)



Hình 2-3

+ Đơn vị: TêcSla (T): $1T = \frac{1N}{1A.1m}$

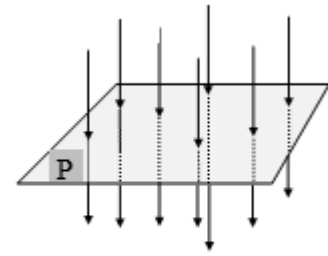
Ngoài đơn vị tính T người ta còn dùng đơn vị tính là GaoXơ

$$1 \text{ Gaoxơ} = 10^{-4} \text{ T}$$

1.2.2. Từ thông (Φ)

+ Xét mặt phẳng P vuông góc với đường sức từ. Người ta quy ước mật độ đường sức tỷ lệ với cường độ từ cảm B, tức là tỷ lệ với độ mạnh yếu của từ trường.

+ Khi đó số đường sức qua mặt phẳng P sẽ tỷ lệ với B và diện tích mặt phẳng. (Hình 2 - 4)



Hình 2-4

+ Đại lượng đo bằng số đường sức từ xuyên qua vuông góc với mặt phẳng P gọi là thông lượng của véc tơ cảm ứng từ qua mặt phẳng P. Gọi tắt là Từ thông và được ký hiệu: Φ .

+ Trong từ trường đều, từ thông bằng tích số giữa cường độ từ cảm B xuyên qua vuông góc với mặt phẳng P và diện tích mặt phẳng đó. $\Phi = B.S$

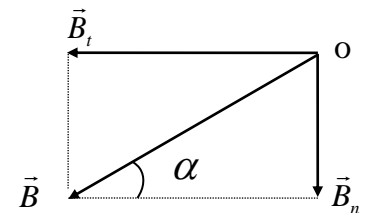
Đơn vị tính: Vêbe, ký hiệu là: Wb

$$1\text{Wb} = 1\text{T}.1\text{m}^2$$

Ngoài Vêbe ra còn dùng đơn vị: Mắcxoen: Mx

$$1\text{Mx} = 10^{-8} \text{ Wb} = 1 \text{ Gaoxơ}. 1\text{cm}^2$$

+ Nếu từ cảm B xuyên qua không vuông góc với mặt phẳng P mà hợp với mặt phẳng P một góc α thì từ thông được xác định như sau: (Hình 2 - 5)



Hình 2 - 5

$$\Phi = B_n.S.\sin\alpha$$

Trong đó: α : Góc hợp bởi giữa cường độ từ trường và mặt phẳng P

B_n - Hình chiếu của B lên phương pháp tuyến n

1.2.3. Cường độ từ trường

+ Đại lượng đặc trưng cho khả năng gây từ của dòng điện gọi là cường độ từ trường, ký hiệu: H

+ Cường độ từ trường là đại lượng chỉ phụ thuộc vào đại lượng gây từ, không phụ thuộc vào môi trường. Cường độ từ trường luôn luôn tỷ lệ với dòng điện tạo ra từ trường, phụ thuộc vào cấu tạo của dây dẫn (dây dẫn thẳng,

vòng dây, ống dây) và kích thước của chúng.

- Cường độ từ trường của dòng điện trong dây dẫn thẳng gây ra tại điểm M cách dây dẫn một khoảng là R:

$$H = \frac{I}{2\pi R}$$

- Cường độ từ trường trong lòng ống dây:

$$H = \frac{I.W}{l}$$

Trong đó: W- Số vòng cuộn dây (vòng)

l - Chiều dài ống dây (m)

I - Cường độ dòng điện (A)

$I.W = H.l = F_t$ - được gọi là sức từ động của ống dây hay cường độ từ trường tính theo toàn bộ chiều dài của đường sức (Đơn vị: Ampe - vòng).

+ Đơn vị tính của cường độ từ trường: Ampe/ mét ($\frac{A}{m}$)

+ Cường độ từ trường cũng là một đại lượng véc tơ có phương chiều trùng với phương chiều cường độ từ cảm.

1.2.4. Hệ số thẩm từ

- Hệ số thẩm từ tương đối

+ Để đặc trưng cho đặc tính về từ của vật liệu người ta dùng hệ số thẩm từ tương đối. Hệ số thẩm từ tương đối của vật liệu từ là tỷ số giữa cường độ từ cảm trong môi trường nào đó với cường độ từ cảm trong chân không do cùng một dòng điện gây từ, ký hiệu: μ .

$$\mu = \frac{B}{B_0}$$

Trong đó: B_0 - Cường độ từ cảm trong chân không

+ Hệ số thẩm từ tương đối của môi trường cho biết với cùng một dòng điện gây từ thì cường độ từ cảm trong môi trường lớn gấp bao nhiêu lần cường độ từ cảm trong chân không.

- Hệ số thẩm từ tuyệt đối

Đại lượng đặc trưng cho tính dẫn từ trong môi trường nào đó gọi là hệ số thẩm từ tuyệt đối của môi trường.

Ký hiệu: μ_x
$$\mu_x = \frac{B}{H} \Rightarrow B = \mu_x \cdot H$$

Nếu gọi μ_0 là hệ số thẩm từ tuyệt đối của chân không thì ta có cường độ từ cảm trong chân không là:

$$B_0 = \mu_0 \cdot H$$

Mặt khác ta có:
$$\mu = \frac{B}{B_0} \Rightarrow \mu = \frac{\mu_x \cdot H}{\mu_0 \cdot H} \Rightarrow \mu_x = \mu \cdot \mu_0$$

Vậy, hệ số thẩm từ tuyệt đối của môi trường bằng tích số của hệ số thẩm từ tương đối với hệ số thẩm từ tuyệt đối của chân không.

Người ta xác định được: $\mu_0 = 4\pi 10^{-7} \left(\frac{H}{m}\right)$ Đọc là: Henry trên mét.

1.3. Lực điện từ

1.3.1. Lực điện từ tác dụng lên dây dẫn thẳng có dòng điện chạy qua

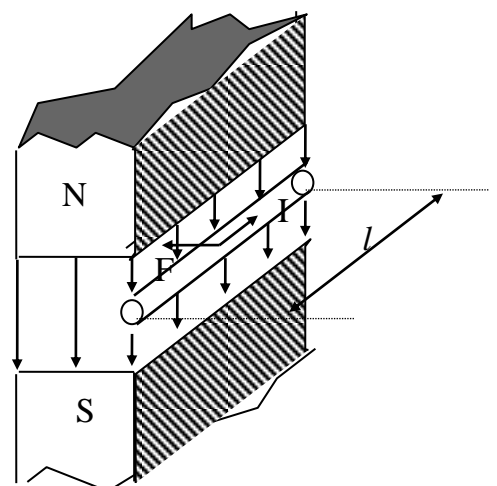
+ Bằng thực nghiệm cho ta thấy, khi đặt dây dẫn mang dòng điện vuông góc với từ trường đều sẽ xuất hiện một lực điện từ tác dụng lên dây dẫn.

+ Về trị số lực điện từ tỷ lệ với cường độ từ cảm, chiều dài dây dẫn và cường độ dòng điện.

$$F = B \cdot I \cdot l$$

Trong đó: F - Lực điện từ (N)

B - Cường độ từ cảm (T)



Hình 2-6

1 - Chiều dài tác dụng của dây dẫn (m)

+ Phương của lực F vuông góc với phương của dây dẫn và phương của cường độ từ cảm. Chiều của lực được xác định theo quy tắc bàn tay trái:

+ Quy tắc: Cho véc tơ cường độ từ cảm xuyên qua lòng bàn tay, chiều từ cổ tay tới đầu 4 ngón tay duỗi thẳng theo chiều dòng điện, ngón tay cái choãi ra 90 độ chỉ chiều của lực điện từ. (Hình 2 - 6)

+ Chú ý: Nếu véc tơ từ cảm không vuông góc với dây dẫn mà hợp với dây dẫn một góc α (Hình 2 - 7) thì cảm ứng được phân tích thành hai thành phần:

- Thành phần tiếp tuyến trùng với phương của dây dẫn: B_t

- Thành phần pháp tuyến vuông góc với dây dẫn: B_n

$$\Rightarrow B_n = B \cdot \sin\alpha$$

Trong đó, chỉ có thành phần pháp tuyến (B_n) gây lên lực điện từ. Do đó phương chiều trị số của lực được xác định theo B_n .

$$F = B_n \cdot I \cdot l = B \cdot I \cdot l \cdot \sin\alpha$$

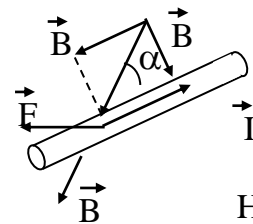
1.3.2. Lực tác dụng giữa các dây dẫn mang dòng điện

+ Dây dẫn d_1 mang dòng điện I_1 tạo nên từ trường B_1 .

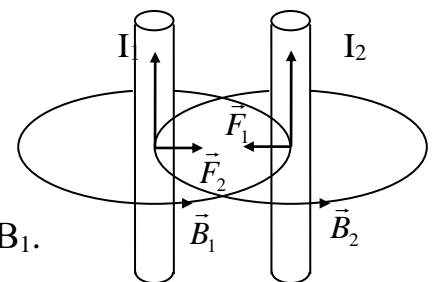
+ Dây dẫn d_2 mang dòng điện I_2 tạo nên từ trường B_2 .

- Hai dây dẫn này đặt gần nhau và song song với nhau thì giữa chúng xuất hiện một lực tương tác vì: dây dẫn d_2 mang dòng điện I_2 đặt vuông góc với từ trường do dòng I_1 gây nên. Dây dẫn d_2 chịu một lực điện từ F_1 chiều được xác định theo quy tắc bàn tay trái (Hình 2 - 8).

- Ngược lại, dây dẫn d_1 mang dòng điện I_1 đứng trong từ trường do dòng điện I_2 gây nên, do đó dây dẫn d_1 chịu tác dụng một lực điện từ F_2 chiều như hình vẽ.



Hình 2-7



Hình 2-8

Về trị số: $F_1 = F_2 = F = K.I_1.I_2.\frac{l}{a}$ (N)

Trong đó: I_1, I_2 - Dòng điện trong các dây dẫn (A)

l - Chiều dài dây dẫn (m)

a - Khoảng cách giữa các dây dẫn (m)

$K = 0,204 \cdot 10^{-7}$ - Hệ số phụ thuộc vào kích thước hình học của hai dây dẫn.

Tóm lại, hai dây dẫn mang dòng điện đặt gần nhau sẽ xuất hiện các lực điện từ tác dụng lên nhau. Chúng hút nhau nếu hai dòng điện cùng chiều, đẩy nhau nếu hai dòng điện ngược chiều.

1.4. Vật liệu từ

1.4.1. Phân loại

Căn cứ vào hệ số thẩm từ tương đối μ , người ta chia vật liệu từ làm 3 loại:

+ Vật liệu thuận từ: vật liệu có $\mu > 1$, nhưng lớn hơn không vượt quá 1 đơn vị.

Ví dụ: Nhôm, Thiếc, Không khí, Măng gan, trong đó không khí có:

$$\mu = 1,00003$$

+ Vật liệu nghịch từ có $\mu < 1$, nhưng nhỏ hơn không quá 1 đơn vị.

Ví dụ: Đồng, Chì, Bạc, Kẽm, Thủy ngân, Lưu huỳnh. trong đó Đồng có:

$$\mu = 0,999995$$

+ Cùng một nguồn gây từ đặt trong môi trường thuận, nghịch từ thì cường độ từ cảm B lớn hơn hoặc nhỏ hơn trong chân không một ít. Nhưng lớn hơn và nhỏ hơn không đáng kể. Nhưng khi tính toán gần đúng thì lấy $\mu = 1$.

+ Vật liệu sắt từ: Là những vật liệu có hệ số thẩm từ tương đối rất lớn, thường từ vài trăm đến vài vạn lần.

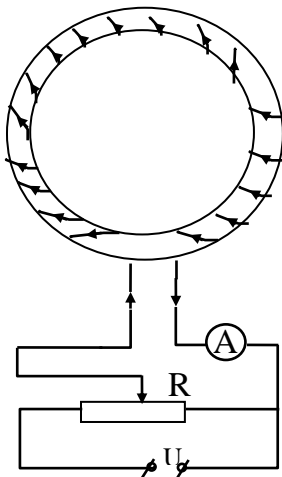
Ví dụ: Sắt non có $\mu = 50000$

Như vậy, từ trường đặt trong môi trường sắt từ sẽ có cường độ từ cảm lớn hơn trong các môi trường khác rất nhiều, nên được ứng dụng nhiều trong kỹ thuật điện.

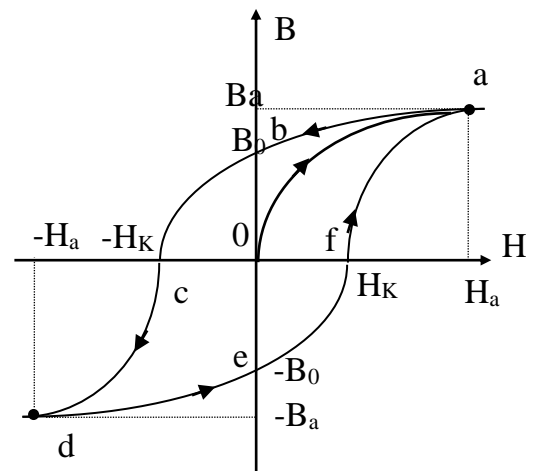
1.4.2. Vật liệu sắt từ

a. Chu trình từ hoá

+ Vì hệ số thẩm từ tuyệt đối (μ_x) của chất sắt từ phụ thuộc vào cường độ từ trường H ($\mu_x = \frac{B}{H} \Rightarrow B = \mu_x.H$).



Hình 2-9



Hình 2-10

Nên quan hệ giữa B và H không phải là quan hệ tỷ lệ mà là quan hệ phức tạp. Để xác định mối quan hệ $B = f(H)$ ta làm thí nghiệm theo trình tự sau:

Luyện từ cho chất sắt từ bằng cách tăng dần dòng điện gây từ, do đó cường độ từ trường (H) tăng dần vì H tỷ lệ với dòng điện (I). Lúc đầu B tăng tỷ lệ với H và quan hệ $B = f(H)$ là tỷ lệ bậc nhất và $\mu_x = Const$ (đoạn $0m$).

Sau đó B tăng chậm dần theo H . Đường đặc tính $B = f(H)$ cong dần về phía trục hoành, ta có giai đoạn H tăng nhưng B tăng chậm và đến lúc H đủ lớn thì B không tăng nữa gọi là giai đoạn bão hoà từ. Đường cong $B = f(H)$ gần nằm ngang và μ_x giảm dần tới 1 và ta có đường $0a$ là đường cong từ hoá ban đầu.

Khi sắt từ đến giai đoạn bão hoà từ (điểm a) ta bắt đầu giảm dần dòng điện, khi đó cường độ từ trường giảm dần, nhưng cường độ từ cảm giảm chậm và biến thiên theo đường ab (Hình 2 - 10).

Vậy cùng một trị số của H, thì B lúc giảm chậm hơn lúc tăng. Nói một cách khác cường độ từ cảm giảm chậm hơn cường độ từ trường hiện tượng đó gọi là hiện tượng từ trễ.

Trong quá trình biến thiên thì B biến thiên chậm hơn H. Khi $H = 0$, ($I = 0$) thì B có một giá trị xác định gọi là từ dư ($B_{\text{dư}} = B_0$).

Để khử từ ta phải đổi chiều cường độ từ trường (đổi chiều dòng điện) và tăng trị số âm của dòng điện cho tới khi $B = 0$, khi đó ta có trị số tương ứng là $(-H_K)$ gọi là lực khử từ (đoạn bc).

Tiếp tục tăng cường độ từ trường từ giá trị $(-H_K)$ đến giai đoạn bão hoà $(-H_a)$ thì cường độ từ cảm cũng tăng đến trị số (B_a) . Giảm cường độ từ trường từ $(-H_a)$ về 0 thì B giảm dần đến $-B_{\text{dư}}$, đoạn dc.

Đổi chiều H rồi tiếp tục tăng cho tới khi vượt qua trị số khử từ (H_K) và đến trị số bão hoà (H_a) đoạn efa thì ta được 1 đường cong khép kín (abcdefa) gọi là chu trình từ hoá hay chu trình từ trễ của vật liệu sắt từ.

Diện tích của chu trình từ trễ gọi là mất từ trễ.

- Khi có chu trình từ trễ của một vật liệu sắt từ bất kỳ ta có thể xác định:
- Biết đường cong từ hoá cơ bản của vật liệu
- Mức độ từ dư của vật liệu
- Mức độ bão hoà từ
- Sự thay đổi từ thẩm tương đối theo sự thay đổi của từ trường.

b. Tính chất của vật liệu sắt từ

+ Căn cứ vào mất từ trễ ta chia vật liệu sắt từ làm hai loại:

- Sắt từ cứng: Là loại vật liệu có chu trình từ trễ ngắn, rộng, diện tích

mất từ trễ lớn, trị số từ dư lớn, tổn hao về từ lớn. Điển hình cho loại này là thép Côban và nó thường được dùng để luyện nam châm vĩnh cửu.

- Sắt từ mềm: là loại vật liệu có chu trình từ hoá dài và hẹp, trị số từ dư nhỏ, diện tích mất từ trễ bé, tổn hao về từ nhỏ điển hình cho loại này là thép

Si- líc và được dùng để làm lõi thép cho các loại máy điện, thiết bị điện.

+ Có từ tính lớn, độ từ thẩm tới hàng vạn H/m.

+ Các chất sắt từ đều có từ dư, nghĩa là khi cắt bỏ từ trường ngoài rồi mà chúng vẫn còn từ tính.

+ Khi bị nung nóng tới một nhiệt độ nào đó thì sẽ mất hết tính chất của sắt từ, trở thành vật liệu thuận từ. Nhiệt độ xác định đó gọi là nhiệt độ Curi (T_C), ví dụ:

Sắt: $T_C = 780^\circ \text{C}$

Ni ken: $T_C = 350^\circ \text{C}$

Cô ban: $T_C = 1150^\circ \text{C}$

c. Ứng dụng:

Vật liệu sắt từ được dùng rộng rãi trong kỹ thuật điện, dùng làm lõi thép của máy điện, máy biến áp và các thiết bị đo lường đóng cắt. Ứng dụng trong chế tạo nam châm điện, nam châm vĩnh cửu.

2. Các hiện tượng cảm ứng điện từ

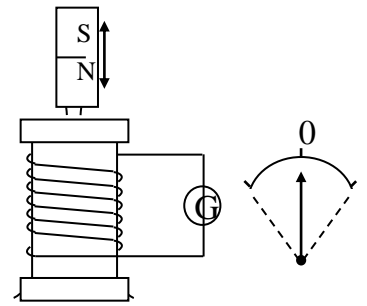
2.1. Hiện tượng cảm ứng điện từ

2.1.1. Định luật cảm ứng điện từ

+ Nối hai đầu của một ống dây với điện kế G như hình 2 - 11, khi di chuyển nam châm vĩnh cửu trong lòng ống dây thì kim điện kế có thể lệch sang phải hoặc sang trái một góc. Nếu di chuyển càng nhanh thì kim điện kế lệch một góc càng lớn ngược không di chuyển thì kim chỉ "0".

Từ thí nghiệm trên nhà bác học Pha-ra-đây đã phát minh ra định luật cảm ứng điện từ như sau:

"Khi từ thông qua một mạch kín biến thiên thì trong mạch kín đó sẽ xuất hiện dòng điện cảm ứng, dòng điện cảm ứng chỉ xuất hiện trong thời gian từ thông biến thiên mà thôi".



Hình 2-11

2.1.2. Định luật Len Xơ

Nhà bác học người Nga Len Xơ đã tìm ra quy luật về chiều sức điện động cảm ứng như sau:

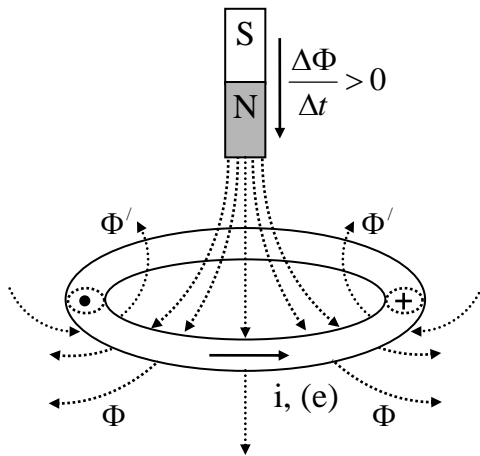
Định luật: *"Khi từ thông xuyên qua một vòng dây kín biến thiên sẽ làm xuất hiện một sức điện động gọi là sức điện động cảm ứng trong vòng dây, sức điện động này có chiều sao cho dòng điện do nó sinh ra tạo thành từ thông có tác dụng chống lại sự biến thiên của từ thông đã sinh ra nó".*

$$+ \text{Trị số sức điện động cảm ứng: } e = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$$

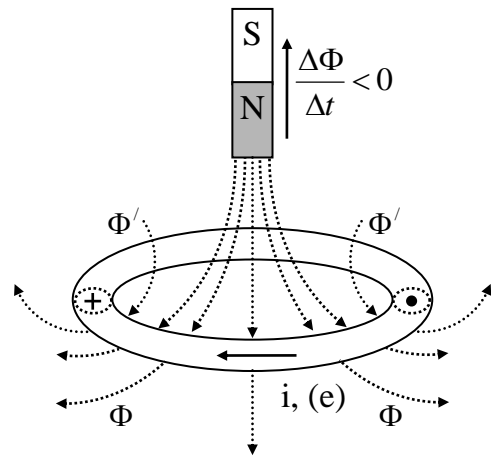
Dấu (-) trong biểu thức thể hiện định luật Len Xơ về chiều sức điện động cảm ứng.

$\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$ là tốc độ biến thiên của từ thông theo thời gian t

Giải thích và ví dụ (Hình 2 - 12)



Hình 2-12a



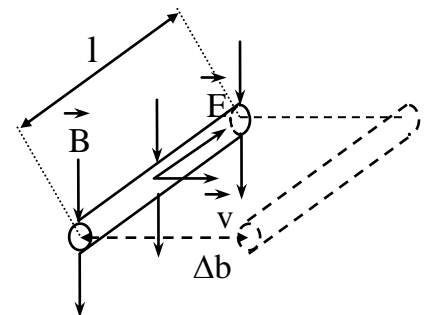
Hình 2-12b

+ Khi từ thông biến thiên tăng tức là $\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} > 0$ (Hình 2 - 12a), khi đó sức điện động cảm ứng e âm. Nếu vòng dây kín sẽ sinh ra dòng điện cùng chiều và tạo thành từ thông Φ' (chiều xác định theo quy tắc cái mở nút chai) ngược với chiều từ thông chính Φ , nghĩa là Φ' chống lại sự tăng của từ thông Φ .

+ Khi từ thông biến thiên giảm, nghĩa là $\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} < 0$ (Hình 2 - 12b), khi đó sức điện động cảm ứng e dương, dòng điện do nó sinh ra cùng chiều, tạo ra Φ' cùng chiều với Φ . Nghĩa là Φ' có tác dụng chống lại sự giảm của từ thông Φ . Đúng như định luật về chiều sức điện động cảm ứng đã nêu.

2.1.3. Sức điện động cảm ứng - Quy tắc bàn tay phải

+ Giả sử một dây dẫn thẳng có chiều dài là l chuyển động trong từ trường đều với vận tốc (v) vuông góc với đường sức (Hình 2 - 13).



Hình 2-13

+ Trong thời gian Δt dây dẫn chuyển động được 1 đoạn là: $\Delta b = v \cdot \Delta t$, do đó từ thông đã biến thiên được một lượng là:

$$\Delta \Phi = B \cdot l \cdot v \cdot \Delta t$$

Sức điện động cảm ứng được xác định như sau:

$$e = - \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} \Rightarrow E = B.v.l$$

Trong đó: E - Sức điện động cảm ứng (V)

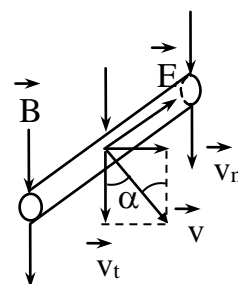
B - Cảm ứng từ (T)

v - Vận tốc chuyển động của dây dẫn (m/s)

l - Chiều dài tác dụng của dây dẫn (m)

+ Chiều của sức điện động được xác định theo quy tắc bàn tay phải.

Quy tắc phát biểu như sau: Cho đường sức từ xuyên vào lòng bàn tay, ngón tay cái choãi ra theo chiều chuyển động của dây dẫn, thì chiều từ cổ tay tới đầu 4 ngón tay duỗi thẳng sẽ là chiều sức điện động cảm ứng.



Hình 2-14

* **Chú ý:** Nếu dây dẫn chuyển động với vận tốc v không vuông góc với đường sức từ thì: $E = B.v.l.\sin\alpha$

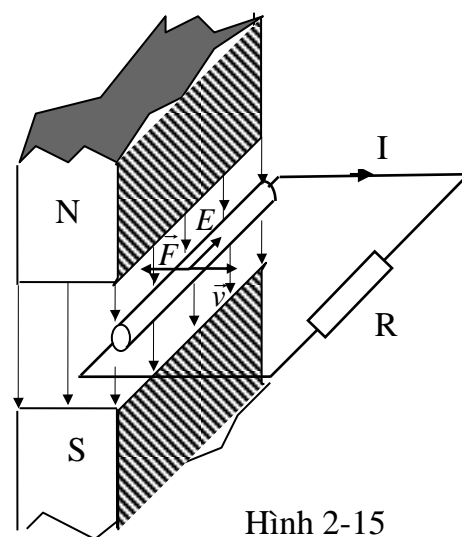
(Hình 2 - 14)

2.1.4. Ứng dụng

a. Nguyên tắc máy phát điện (Hình 2 - 15)

+ Khi dây dẫn chuyển động vuông góc với đường sức từ với vận tốc v thì trong dây dẫn xuất hiện một sức điện động cảm ứng (Chiều xác định theo quy tắc bàn tay phải):

$$\text{Trị số : } E = B.v.l$$



Hình 2-15

+ Nếu mạch ngoài nối kín qua điện trở R (phụ tải) thì trong mạch có dòng điện cảm ứng cùng chiều với sức điện động. Dòng này qua dây dẫn làm xuất hiện 1 lực điện từ: $F = B.I.l$ (chiều được xác định theo quy tắc bàn tay trái).

+ Từ hình vẽ cho thấy lực F cản trở sự chuyển động của dây dẫn. Như

vậy để dây dẫn tiếp tục chuyển động với vận tốc v , ta phải tác dụng vào dây dẫn 1 lực bằng trị số lực F nhờ một động cơ sơ cấp. Công suất cơ do động cơ sơ cấp cung cấp cho động cơ sơ cấp là:

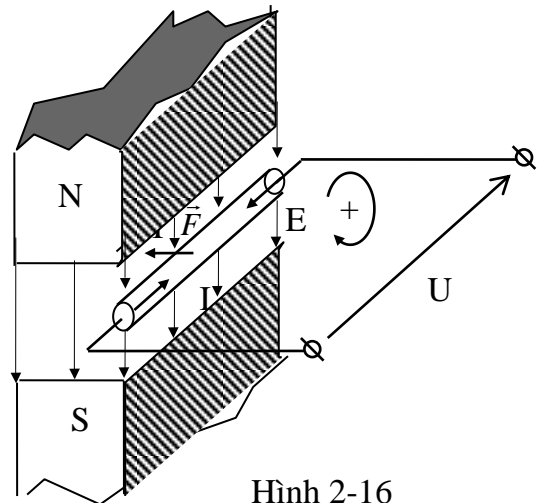
$$P_{\text{cơ}} = F \cdot v = B \cdot I \cdot l \cdot v = E \cdot I = P_{\text{điện}}$$

+ Kết quả là dây dẫn chuyển động trong từ trường đã có tác dụng biến công suất cơ của động cơ sơ cấp thành công suất điện cung cấp cho phụ tải. Đó chính là nguyên tắc của máy phát điện.

b. Nguyên tắc động cơ điện (Hình 2 - 16)

+ Cho dòng điện vào dây dẫn đặt vuông góc với đường sức từ của từ trường đều, dây dẫn sẽ chịu tác dụng một lực điện từ: $F = B \cdot I \cdot l$. Chiều được xác định theo quy tắc bàn tay trái.

+ Giả sử dưới tác dụng của lực điện từ làm dây dẫn chuyển động với vận tốc v theo phương của lực. Khi đó trong dây dẫn xuất hiện một sức điện động cảm ứng:



Hình 2-16

$$E = B \cdot v \cdot l$$

(Chiều được xác định theo quy tắc bàn tay phải.)

+ Từ hình vẽ ta thấy sức điện động ngược chiều với chiều dòng điện nên được gọi là sức phản điện động.

Gọi R_0 là điện trở dây dẫn. Điện áp của nguồn là U , áp dụng định luật KiécKhốp II ta có: $U - E = I \cdot R_0 \Rightarrow U = E + I \cdot R_0$

Nhân hai vế với I ta được:

$$UI = E \cdot I + I^2 R_0 = B \cdot v \cdot l \cdot I + I^2 R_0 = Fv + I^2 R_0$$

$$P_{\text{điện}} = P_{\text{cơ}} + P_0$$

Trong đó:

$P_{\text{điện}} = UI$ - Công suất điện của nguồn cung cấp cho phụ tải

$P_{\text{cơ}} = Fv$ - Công suất do động cơ sinh ra để kéo máy công cụ

$P_0 = I^2R_0$ - Tổn hao công suất trên điện trở trong của động cơ

Vậy, dây dẫn mang dòng điện đặt trong từ trường đã nhận công suất điện của nguồn biến thành công suất cơ. Đó là nguyên tắc của động cơ điện.

2.2. Hiện tượng tự cảm - Hiện tượng hồ cảm

2.2.1. Hiện tượng tự cảm

a. Từ thông móc vòng - Hệ số Tự cảm

+ Cuộn dây khi có dòng điện đi qua sẽ tạo ra từ trường. Đường sức từ trường phần lớn bao quanh các vòng dây gọi là từ thông móc vòng. Ký hiệu: Φ

+ Khi dòng điện tăng thì Φ cũng tăng, như vậy từ thông móc vòng tỷ lệ với dòng điện. Nên tỷ số giữa chúng là không đổi và được gọi là hệ số tự cảm.

Ký hiệu: L .

$$L = \frac{\Phi}{I} = \text{Const}$$

+ Hệ số tự cảm là đại lượng đặc trưng cho khả năng luyện từ của cuộn dây, khi cùng một dòng điện gây từ thì cuộn dây nào có hệ số tự cảm lớn sẽ tạo ra từ thông móc vòng lớn.

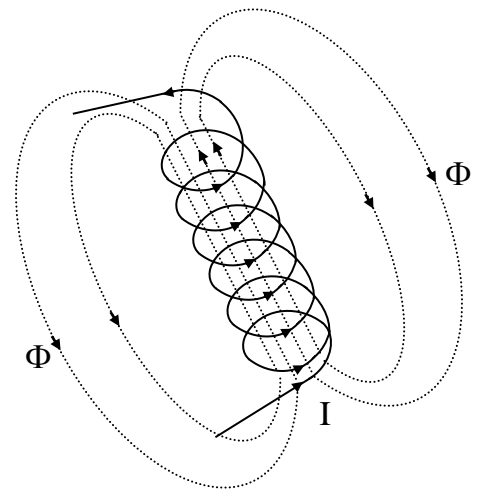
Đơn vị đo hệ số tự cảm là: Hen- ry (H)

$$1H = \frac{1Wb}{1A}$$

Ngoài ra còn có đơn vị đo bằng: mili Henry (mH); $1mH = 10^{-3} H$

b. Sức điện động tự cảm

+ Nếu dòng điện qua dây dẫn biến thiên thì từ thông móc vòng cũng biến



Hình 2-17

thiên, do đó trong dây dẫn xuất hiện một sức điện động cảm ứng gọi là sức điện động tự cảm.

+ Sức điện động tự cảm là sức điện động cảm ứng trong dây dẫn do chính dòng điện qua dây dẫn biến thiên tạo nên, ký hiệu: e_L .

$$e_L = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = -L \frac{\Delta i}{\Delta t} \quad \text{vì } \Phi = L \cdot I$$

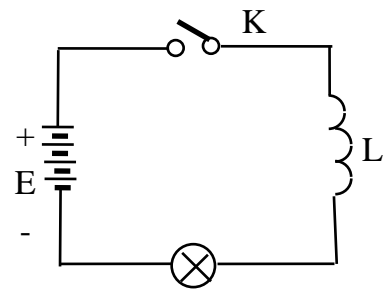
+ Sức điện động tự cảm tỷ lệ với hệ số tự cảm và tốc độ biến thiên của dòng điện, nhưng trái dấu. Dấu (-) trong biểu thức thể hiện định luật Len- Xơ về chiều của sức điện động cảm ứng.

- Nếu dòng điện tăng thì sức điện động tự cảm có trị số âm, do đó nó có chiều ngược với chiều dòng điện.

- Nếu dòng điện giảm thì sức điện động tự cảm cùng chiều với dòng điện.

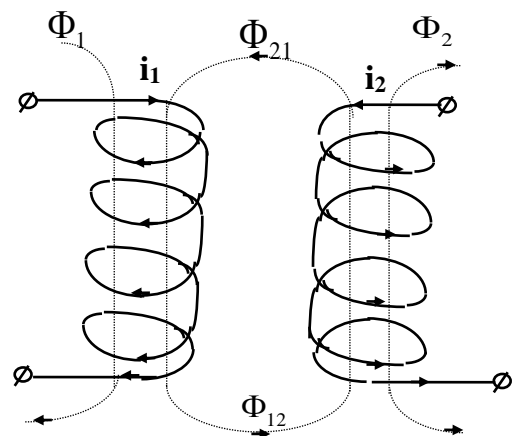
c. Hiện tượng tự cảm khi đóng cắt mạch

+ Khi bắt đầu đóng K dòng điện đi trong mạch tăng dần từ 0 tới trị số định mức, dẫn tới từ thông trong cuộn dây biến thiên tạo nên sức điện động tự cảm có chiều ngược chiều với dòng điện làm cho dòng điện chậm đạt tới trị số ổn định, nên nó có tác dụng cản trở sự tăng của dòng điện làm cho đèn sáng từ từ.



Hình 2-18

+ Khi cắt mạch dòng điện trong mạch giảm dần từ trị số ổn định về 0, do đó trong cuộn dây xuất hiện sức điện động tự cảm có chiều cùng chiều với dòng điện, nên nó có tác dụng chống lại sự giảm của dòng điện nên đèn tắt từ từ (Hình 2 - 18).



Hình 2-19

2.2.2. Hiện tượng hồ cảm

a. Từ thông móc vòng - Hệ số hồ cảm.

Nếu có 2 cuộn dây đặt gần nhau thì chúng có quan hệ hồ cảm với nhau:
(Hình 2 - 19)

- Khi cuộn 1 có dòng điện i_1 chạy qua thì ngoài từ thông móc vòng qua chính nó (Φ_1), còn có từ thông móc vòng sang cuộn 2 là: (Φ_{12}) và được gọi là từ thông hồ cảm.

- Dòng i_1 tăng thì từ thông Φ_{12} cũng tăng. Nhưng nếu vị trí giữa hai cuộn dây không thay đổi, thì tỷ số $M_{12} = \frac{\Phi_{12}}{i_1}$ không thay đổi và nó được gọi là hệ số hồ cảm giữa cuộn 1 và 2.

- Khi cuộn dây 2 có dòng điện i_2 , khi đó xuất hiện từ thông móc vòng sang cuộn 1 là Φ_{21} . Do đó ta có hệ số hồ cảm giữa cuộn 2 và cuộn 1 là:

$$M_{21} = \frac{\Phi_{21}}{i_2}$$

$$\text{Người ta chứng minh được : } M_{12} \frac{\Phi_{12}}{i_1} = M_{21} = \frac{\Phi_{21}}{i_2} = M$$

Từ đó ta có biểu thức tính hệ số hồ cảm như sau: $M = K\sqrt{L_1 \cdot L_2}$

Trong đó: K- Hệ số cho biết mức độ liên hệ cảm ứng giữa 2 cuộn dây. Nghĩa là cho biết trong số từ thông được tạo bởi dòng điện trong cuộn dây thứ nhất, có chừng bao nhiêu từ thông xuyên qua cuộn dây thứ hai.

Về trị số thì bao giờ $K < 1$. Trong một số trường hợp như máy biến áp thì $K \approx 1$

Đơn vị: Hen- ry (H).

b. Sức điện động hồ cảm

Nếu i_1 biến thiên thì Φ_{12} cũng biến thiên theo làm xuất hiện sức điện động cảm ứng trong cuộn dây 2 gọi là sức điện động hồ cảm e_{12} .

$$e_{12} = -\frac{\Delta\Phi_{12}}{\Delta t} = -M \frac{\Delta i_1}{\Delta t}$$

Ngược lại, nếu i_2 biến thiên thì trong cuộn dây 1 cũng xuất hiện sức điện động hồ cảm e_{21} :

$$e_{21} = -\frac{\Delta\Phi_{21}}{\Delta t} = -M \frac{\Delta i_2}{\Delta t}$$

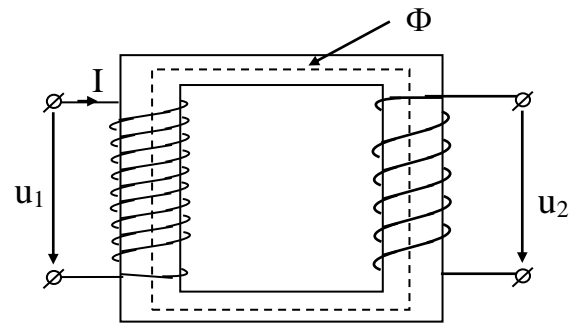
Vậy, sức điện động hồ cảm là sức điện động cảm ứng xuất hiện trong cuộn dây khi có sự biến thiên của dòng điện trong cuộn dây có quan hệ hồ cảm với nó.

Về trị số: Sức điện động tỷ lệ với tốc độ biến thiên của dòng điện trong các cuộn dây và hệ số hồ cảm giữa chúng.

Dấu (-) trong biểu thức thể hiện định luật Len- Xơ về chiều của các sức điện động hồ cảm.

c. Ứng dụng

Dựa vào hiện tượng hồ cảm người ta chế tạo máy biến áp. Nguyên tắc cấu tạo của máy biến áp bao gồm 2 cuộn dây được quấn trên cùng 1 mạch từ, mạch từ được làm bằng vật liệu sắt từ (Hình 2 - 20).



Hình 2-20

2.3. Dòng điện xoáy

2.3.1. Sự sản sinh ra dòng điện xoáy

Cho từ thông biến thiên xuyên qua một khối thép. Trong khối thép sẽ xuất hiện một sức điện động cảm ứng. Vì là một khối thép liền nên trong khối thép xuất hiện một dòng điện cảm ứng chạy quanh trong khối thép đó gọi là dòng điện xoáy hay còn gọi là dòng điện Phu-cô.

Vậy, dòng điện xoáy là dòng điện cảm ứng sinh ra trong khối vật liệu

(khối kim loại) khi có từ trường biến thiên xuyên qua nó.

Tốc độ biến thiên của từ trường càng lớn thì sức điện động cảm ứng càng lớn dòng điện xoáy càng lớn.

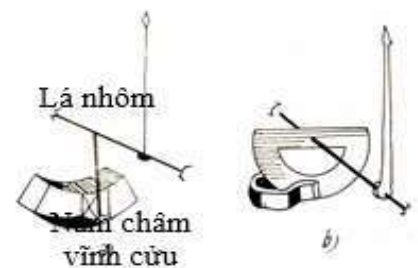
2.3.2. Tác dụng của dòng điện xoáy

a. Tác hại và cách chống

Dòng điện xoáy chạy trong khối thép lớn sẽ đốt nóng thép, có thể làm cháy cách điện và các cuộn dây quấn trên lõi thép. Để giảm dòng điện xoáy, người ta không chế tạo lõi thép máy điện bằng một khối mà dùng nhiều lá thép mỏng, được phủ sơn cách điện ghép lại với nhau. Như vậy, dòng điện xoáy chỉ khép kín mạch trong lá thép mỏng có tiết diện bé nên điện trở lớn, dòng điện xoáy nhỏ.

b. Ứng dụng trong sản xuất

Dòng điện xoáy trong sản xuất: Bên cạnh những tác hại mà dòng điện xoáy gây ra thì trong sản xuất dòng điện xoáy được dùng trong lĩnh vực luyện kim, trong thí nghiệm điện, trong dụng cụ đo điện.....:



Hình 2-21

Lò điện cảm ứng: Thân lò là một khối kim loại xung quanh được quấn dây để cho dòng điện xoáy chiều chạy qua. Kim loại cần luyện được đặt bên trong lò.

Khi có dòng điện xoáy chiều chạy qua tạo nên từ thông biến thiên xuyên qua khối kim loại cần luyện.

Trong khối thép này xuất hiện dòng điện cảm ứng. Dưới tác dụng của dòng điện xoáy khối kim loại bị nung nóng và làm nóng chảy kim loại.

Dùng làm bộ phận cản dọi trong dụng cụ đo điện: Để chống sự dao động của kim, giúp cho kim chóng ổn định người ta dùng bộ phận cản dọi. Bộ phận cản dọi bao gồm một lá nhôm gắn trên cùng một trục với kim. Khi kim di chuyển lá nhôm chuyển động theo cắt từ trường của nam châm vĩnh cửu,

trong lá nhôm xuất hiện dòng điện xoáy và tạo nên lực điện từ chống lại sự dịch chuyển của lá nhôm, kim nhanh chóng ổn định.

Chương 3

MẠCH ĐIỆN XOAY CHIỀU HÌNH SIN

Giới thiệu

Dòng điện xoay chiều là dòng điện có chiều biến đổi theo thời gian. Dòng điện xoay chiều sử dụng nhiều nhất là dòng điện hình sin, có chiều và trị số biến đổi theo thời gian theo quy luật hàm sin. Mạch điện có dòng điện xoay chiều là mạch điện xoay chiều.

Ngày nay điện năng sử dụng trong công nghiệp dưới dạng dòng điện sin ba pha, vì động cơ điện ba pha có cấu tạo đơn giản và đặc tính tốt hơn động cơ một pha, việc truyền tải điện năng bằng mạch ba pha tiết kiệm được dây dẫn hơn việc truyền tải điện năng bằng dòng một pha.

Mục tiêu

- Trình bày được định nghĩa về đại lượng xoay chiều hình sin; phân biệt được trị số tức thời, trị số hiệu dụng, trị số cực đại của đại lượng hình sin; định nghĩa về hệ thống điện 3 pha.

- Trình bày được khái niệm về số phức, các phương pháp biểu diễn số phức.

- Giải thích được nguyên lý tạo ra sức điện động xoay chiều hình sin một pha, ba pha.

- Trình bày được các phương pháp biểu diễn đại lượng xoay chiều hình sin; áp dụng biểu diễn được một đại lượng xoay chiều hình sin bằng đồ thị vectơ, đường cong hình sin; biểu diễn bằng số phức.

- Trình bày được mối quan hệ dòng điện, điện áp, công suất trong mạch xoay chiều. Áp dụng lý thuyết vào tính toán được các thông số trong mạch xoay chiều ở chế độ xác lập.

- Giải thích được ý nghĩa của hệ số công suất và trình bày được một số biện pháp nâng cao hệ số công suất.
- Mô tả được sự hình thành và ứng dụng của từ trường quay 3 pha.
- Tính toán được các số phức bằng máy tính cá nhân thành thạo.
- Tính toán được các thông số của mạch điện theo phương pháp dòng nhánh và dòng vòng, quy tắc xếp chồng bằng số phức.
- Tự giác, nghiêm túc, cẩn thận, chính xác, khoa học

Nội dung

1. Đại cương về mạch điện xoay chiều hình sin

1.1. Định nghĩa

+ Đại lượng xoay chiều hình sin là đại lượng có trị số và chiều biến đổi theo thời gian theo quy luật hình sin (Hình 3- 1).

Nó được biểu diễn dưới dạng biểu thức toán học như sau:

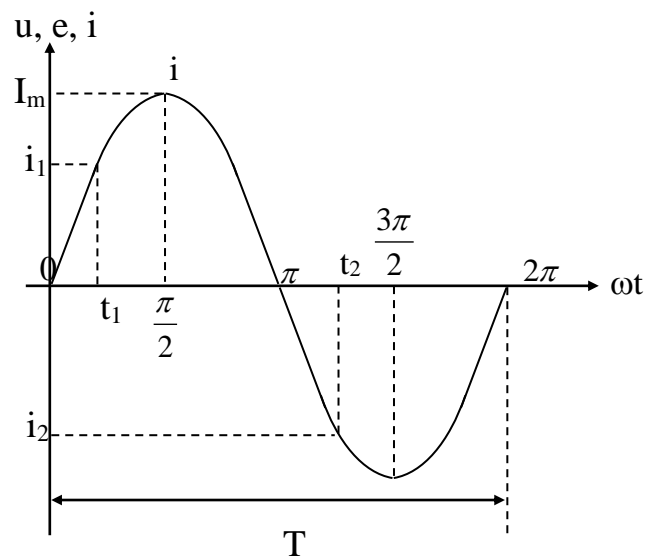
$$i = I_m \sin \omega t (A); \quad e = E_m \sin \omega t (V); \quad u = U_m \sin \omega t (V)$$

+ Trị số của đại lượng hình sin ứng với mỗi thời điểm t bất kỳ gọi là trị số tức thời. Ký hiệu: i, e, u, p

+ Trị số tức thời lớn nhất gọi là trị số cực đại hay còn gọi là giá trị biên độ của đại lượng xoay chiều hình sin.

Ký hiệu: I_m, U_m, E_m

+ Chiều của đại lượng xoay chiều hình sin luôn luôn thay đổi theo thời gian. Tại 1 thời điểm nào đó ta chọn chiều dòng điện là dương, thì tại 1



Hình 3-1

thời điểm khác đại lượng xoay chiều hình sin có chiều ngược lại, khi đó trị số của nó mang dấu âm.

+ Trị số tức thời đặc trưng cho tác dụng của trị lượng hình sin ở từng thời điểm. Còn đặc trưng cho tác dụng trung bình của đại lượng xoay chiều hình sin trong toàn bộ chu kỳ về mặt năng lượng người ta dùng khái niệm trị số hiệu dụng của đại lượng xoay chiều hình sin.

Trị số hiệu dụng của đại lượng xoay chiều hình sin có giá trị tương đương với dòng 1 chiều khi chúng cùng đi qua 1 điện trở, trong cùng 1 đơn vị thời gian bằng 1 chu kỳ thì tỏa ra cùng 1 nhiệt lượng như nhau. Ký hiệu: I, U, E.

Quan hệ giữa trị số hiệu dụng và trị số cực đại:

$$\text{- Dòng điện: } I = \frac{I_m}{\sqrt{2}} = 0,707.I_m$$

$$\text{- Điện áp: } U = \frac{U_m}{\sqrt{2}} = 0,707.U_m$$

$$\text{- Sức điện động: } E = \frac{E_m}{\sqrt{2}} = 0,707.E_m$$

Chú ý: Các số chỉ trên các dụng cụ đo điện là trị số hiệu dụng của đại lượng xoay chiều hình sin. Thông thường khi nói tới trị số các đại lượng xoay chiều hình sin là nói tới trị số hiệu dụng của chúng.

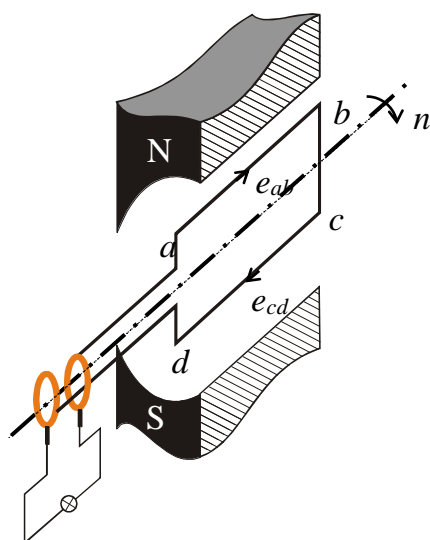
1.2. Nguyên lý tạo ra sức điện động xoay chiều hình sin một pha

+ Sức điện động xoay chiều hình sin được tạo ra từ máy phát điện xoay chiều 1 pha và 3 pha. Nguyên tắc máy phát điện xoay chiều 1 pha đơn giản nhất bao gồm: phần cảm và phần ứng.

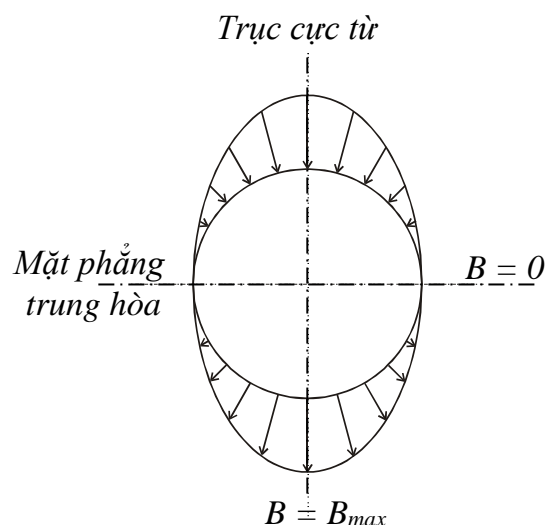
+ Phần cảm (Stato) gồm hai cực từ N-S của nam châm vĩnh cửu hoặc nam châm điện (Hình 3 - 2a).

Hàm cực của phần cảm được chế tạo sao cho từ trường phân bố dọc theo chu vi phần ứng biến thiên theo quy luật hàm số sin:

$$B = B_m \sin\alpha \text{ (Hình 3 - 2b)}$$



Hình 3-2a



Hình 3-2b: $B = B_{\max} \sin\alpha$

+ Phần ứng (Rôto) gồm một khung dây quấn trên lõi thép và được gắn trên trục quay. Hai đầu khung dây được nối vào hai vành đồng, trên hai vành đồng được áp vào hai chổi than để dẫn điện.

+ Khi phần ứng quay với tốc độ n , chiều như hình vẽ. Khi đó các thanh dẫn của phần ứng lần lượt cắt từ trường phần cảm và sinh ra sức điện động cảm ứng. Chiều được xác định theo quy tắc bàn tay phải. Sức điện động của một khung dây sẽ bằng tổng các sức điện động của hai cạnh khung dây. Nếu khung dây có 1 vòng thì;

$$e_v = e_{ab} + e_{cd}$$

$$e_{ab} = e_{cd} = B v l = B_m v l \sin\alpha \text{ (l Chiều dài cạnh khung dây)}$$

$$e_v = 2. B_m v l \sin\alpha$$

Nếu khung dây có w vòng thì sức điện động của toàn khung dây là:

$$e = 2 B_m v l w \sin\alpha$$

+ Khi $\alpha = \frac{\pi}{2}$ thì cạnh của khung dây nằm đúng trục cực từ, khi đó $B = B_m$ dẫn tới $e = E_m$, tức là $e = 2 B_m v l w \sin\alpha = E_m$ (vì $\sin 90^\circ = 1$).

+ Khi $\alpha = 0$ thì cạnh của khung dây nằm trùng với mặt phẳng trung hoà,

khi đó $B = 0$ dẫn tới $e = 2 B_m v l \omega \sin \alpha = 0$ ($\sin 0^\circ = 0$).

Vậy tại các vị trí khác của khung dây thì sức điện động của khung dây là:

$$e = E_m \sin \alpha$$

+ Nếu Rô to quay với tốc độ góc là ω thì góc quay sau thời gian t $\alpha = \omega t$. Do đó sức điện động cảm ứng sinh ra trong khung dây là:

$$e = E_m \sin \omega t$$

Tóm lại: Nếu cảm ứng từ phân bố dọc theo chu vi phần ứng theo quy luật hình sin thì sức điện động sinh ra trong khung dây phần ứng khi nó quay cũng biến thiên theo quy luật hình sin. Nếu máy có hai cực thì khung dây quay được một vòng, sức điện động thực hiện được một chu kỳ.

1.3. Chu kỳ, tần số, pha, góc lệch pha

1.3.1. Chu kỳ, tần số.

- **Chu kỳ:** Chu kỳ là khoảng thời gian nhỏ nhất để đại lượng hình sin lặp lại quá trình biến thiên như cũ, ký hiệu: T

Đơn vị tính là giây (s)

- **Tần số:** Số chu kỳ thực hiện trong 1 giây gọi là tần số, ký hiệu: f

Đơn vị tính là Héc, ký hiệu Hz: $1\text{Hz} = \frac{1}{\text{giây}} \Rightarrow f = \frac{1}{T}$

Bội số: Ki-lô-héc (KHz): $1\text{KHz} = 10^3 \text{ Hz}$

Mê-ga-héc (MHz): $1\text{MHz} = 10^6 \text{ Hz}$

Dải tần số trong lưới điện công nghiệp thường là: 50 Hz và 60 Hz.

- Quan hệ giữa tần số và tốc độ quay

+ Máy có một đôi cực ($p = 1$). Thì khi Rôto quay được một vòng sức điện động thực hiện được một chu kỳ. Khi Rô- to quay được n vòng/phút thì

sức điện động thực hiện được n chu kỳ. Trong 1 giây nó thực hiện được $\frac{n}{60}$ chu kỳ.

+ Máy có 2 đôi cực thì khi Rôto quay được một vòng sức điện động thực hiện được hai chu kỳ.

+ Máy có P đôi cực thì khi Rôto quay được một vòng sức điện động thực hiện được p chu kỳ.

+ Máy quay với tốc độ n vòng/phút sức điện động thực hiện được $\frac{np}{60}$ chu kỳ trong 1 giây.

$$f = \frac{np}{60} \Rightarrow n = \frac{60f}{P} \quad (\text{Vòng/phút})$$

- Quan hệ giữa tần số và tốc độ góc

+ Như ta đã biết góc quay $\alpha = \omega t$ hay $\omega = \frac{\alpha}{t}$.

Nếu máy có một đôi cực thì khi Rôto quay được 1 vòng $\alpha = 2\pi$ thì sức điện động thực hiện được một chu kỳ $t = T$.

+ Do đó $\omega = \frac{\alpha}{t} = \frac{2\pi}{T} = 2\pi f \Rightarrow \omega = 2\pi f \text{ (Rad/s)}$

1.3.2. Pha, góc lệch pha

- Pha

+ Phần ứng máy phát điện gồm có nhiều khung dây đặt rải rác trên bề mặt lõi thép.

+ Như vậy tại thời điểm $t = 0$, nếu có một khung dây nằm trên mặt phẳng trung hoà thì các khung dây khác nằm hợp với mặt phẳng trung hoà một góc Ψ nào đó. (Khung dây 2 là Ψ_2 , khung dây 3 là $\Psi_3 \dots$).

+ Khi Rôto quay với vận tốc góc ω thì tại thời điểm t , các khung dây quay được các góc:

$$\alpha_1 = \omega t, \alpha_2 = \omega t + \psi_2, \alpha_3 = \omega t + \psi_3, \dots$$

+ Sức điện động sinh ra trong khung dây bất kỳ là:

$$e_1 = E_m \sin \omega t$$

$$e_2 = E_m \sin(\omega t + \Psi_2)$$

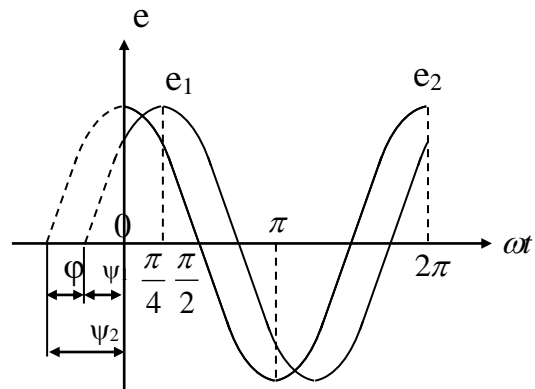
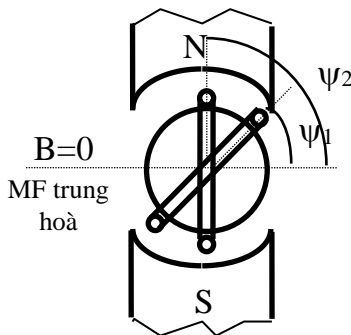
$$e_3 = E_m \sin(\omega t + \Psi_3)$$

+ Dạng tổng quát: $e = E_m \sin(\omega t + \psi)$

+ Đại lượng $\omega t + \Psi$ đặc trưng cho dạng biến thiên của đại lượng hình sin nên được gọi là góc pha hay gọi tắt là pha của đại lượng hình sin.

+ Tại thời điểm ban đầu $t = 0$ thì $\alpha = \psi$. Do đó ψ được gọi là góc pha hay gọi tắt là pha đầu của đại lượng hình sin.

- Góc lệch pha

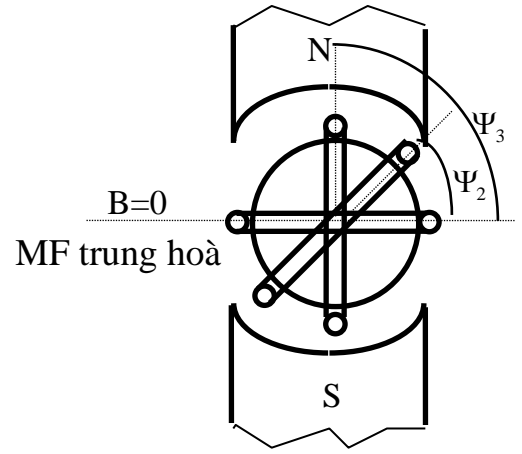


Hình 3-4

+ Nếu 2 khung dây hoàn toàn giống nhau, lần lượt có các góc pha đầu là: Ψ_1, Ψ_2 (Hình 3 - 4). Thì biểu thức sức điện động trong khung dây khi nó quay là:

$$e_1 = E_m \sin(\omega t + \Psi_1); e_2 = E_m \sin(\omega t + \Psi_2)$$

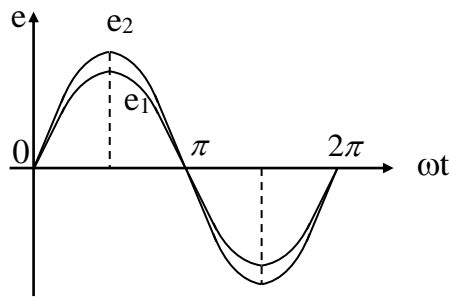
+ Từ đồ thị hình sin ta thấy e_1, e_2 có dạng biến thiên như nhau, nhưng e_1



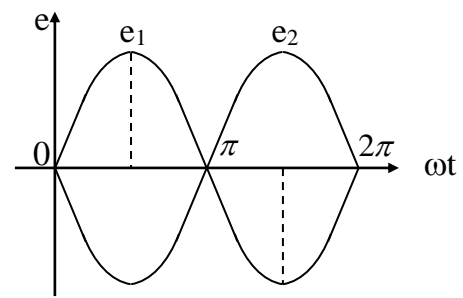
Hình 3-3

luôn luôn chậm pha sau e_2 một góc là φ được gọi là góc lệch pha.

$$\varphi = (\omega t + \Psi_1) - (\omega t + \Psi_2) = \Psi_1 - \Psi_2$$



Hình 3-5a



Hình 3-5b

Nếu: $\varphi = \Psi_1 - \Psi_2 < 0$ thì e_1 chậm pha sau e_2

$\varphi = \Psi_1 - \Psi_2 > 0$ thì e_2 chậm pha sau e_1

$\varphi = \Psi_1 - \Psi_2 = 0$ thì e_1 đồng pha với e_2 (Hình 3 - 5a)

$\varphi = \Psi_1 - \Psi_2 = \pi$ thì e_1 đối pha với e_2 (Hình 3 - 5b)

1.4. Hệ thống điện ba pha

1.4.1. Định nghĩa

+ Hệ thống điện 3 pha là tập hợp 3 mạch điện 1 pha nối lại với nhau tạo thành 1 hệ thống năng lượng điện từ chung, trong đó sđđ ở mỗi mạch đều có dạng hình sin, cùng tần số và lệch pha nhau 1/3 chu kỳ.

+ Mỗi mạch điện thành phần của hệ 3 pha gọi là 1 pha. SĐĐ của mỗi pha gọi là SĐĐ pha. Hệ 3 pha mà SĐĐ các pha có biên độ bằng nhau thì gọi là hệ thống điện 3 pha đối xứng hoặc cân bằng.

Hệ sức điện động này được tạo ra từ máy phát điện xoay chiều 3 pha. Quá trình tạo ra sức điện động xoay chiều 3 pha như sau.

4.1.2. Nguyên lý tạo ra sức điện động xoay chiều 3 pha

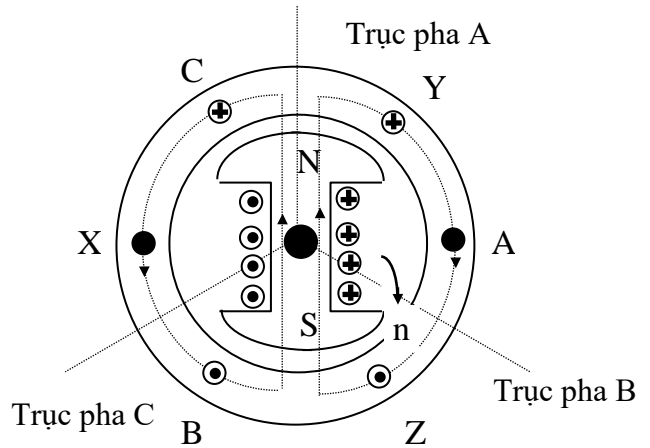
Hệ sức điện động xoay chiều 3 pha được tạo ra từ máy phát điện xoay chiều 3

pha. Về nguyên tắc máy phát điện xoay chiều 3 pha có cấu tạo như hình 4-1.

a. Nguyên tắc cấu tạo

Gồm 2 phần: Phần ứng và phần cảm như hình 3 - 6

+ Phần ứng (Stato): là hệ thống 3 cuộn dây giống nhau, được đặt trong các rãnh của lõi thép Stato, lệch nhau trong không gian 1 góc 120° và được gọi là các cuộn dây pha. Các đầu đầu ký hiệu: A, B, C ; đầu cuối: X, Y, Z.



Hình 3 - 6

+ Phần cảm (Rô to): là 1 hệ thống cực từ thường là nam châm điện, gồm có 2 cực bắc (N) và nam (S). Hệ thống cực từ được chế tạo sao cho cảm ứng từ B phân bố dọc theo bề mặt trong phần ứng biến thiên quy luật hàm số sin:

$$B = B_m \sin \alpha$$

b. Nguyên lý làm việc

Cho dòng điện một chiều vào cuộn dây phần cảm để luyện từ cho nam châm điện. Kéo Rôto quay với tốc độ n , có chiều như hình vẽ, thì đường sức từ phần cảm lần lượt cắt qua các cuộn dây phần ứng, sinh ra các sức điện động hình sin trong các cuộn dây AX, BY, CZ. Vì các cuộn dây đặt lệch nhau 120° trong không gian, nên các SĐĐ cũng lệch pha nhau 120° về thời gian (tức là $1/3$ chu kỳ).

Nếu góc pha đầu của SĐĐ pha A bằng 0° ($\psi_A = 0^\circ$) và các cuộn dây hoàn toàn giống nhau. Thì Sđđ sinh ra trong các cuộn dây lần lượt như sau:

$$e_A = E_m \sin \omega t \text{ (V)}$$

$$e_B = E_m \sin(\omega t - 120^\circ) \text{ (V)}$$

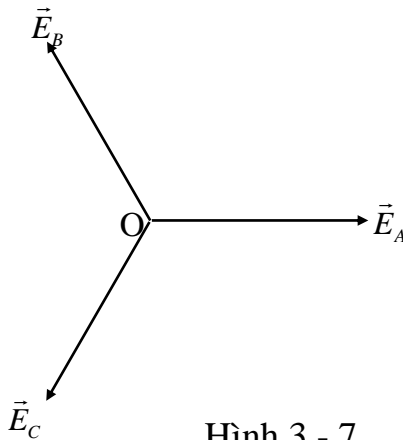
$$e_C = E_m \sin(\omega t - 240^\circ) \text{ (V)}$$

Từ đó ta vẽ được đồ thị véc tơ và đường cong hình sin của hệ Sđđ 3 pha đối xứng như hình 3 - 7

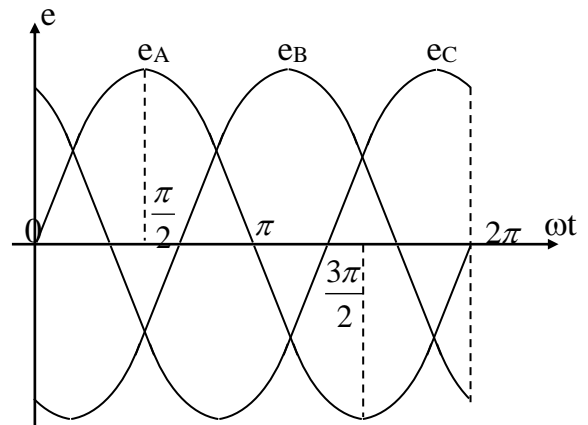
Để truyền tải điện năng từ nguồn đến nơi tiêu thụ ta có thể nói riêng rẽ từng pha tạo thành hệ 3 pha 6 dây, hoặc có thể nói chụm 3 đầu cuối: X, Y, Z tại 1 điểm rồi cùng chung 1 dây dẫn đến phụ tải tạo thành hệ 3 pha 4 dây.

4.1.3. Ý nghĩa của hệ thống điện 3 pha

- Hệ thống điện 3 pha so với 1 pha thì tiện lợi hơn và kinh tế hơn.
- Tiết kiệm được kim loại màu làm dây dẫn
- Tạo nên được từ trường quay 3 pha.



Hình 3 - 7



2. Biểu diễn đại lượng hình sin

2.1. Phương trình biểu diễn

- Dòng điện: $i = I_m \sin(\omega t + \psi) \text{ (A)}$
- Điện áp: $u = U_m \sin(\omega t + \psi) \text{ (V)}$
- Sức điện động: $e = E_m \sin(\omega t + \psi) \text{ (V)}$

2.2. Biểu diễn dưới dạng đường cong

2.2.1. Các bước biểu diễn

- Lập hệ trục tọa độ vuông góc: Trục hoành biểu diễn góc hoặc thời gian, trục tung biểu diễn các đại lượng hình sin.

- Chọn tỷ lệ xích thích hợp trên trục tung và trục hoành.

- Tìm tọa độ 1 số điểm đặc biệt.

- Nối các điểm lại ta được đường cong cần biểu diễn.

Ví dụ: Biểu diễn dòng điện $i = 2\sqrt{2} \sin (\omega t + 45^\circ)$ (A) dưới dạng hình sin:

Bài giải:

- Lập hệ trục tọa độ (Hình 3 - 8)

- Tìm tọa độ 1 số điểm đặc biệt:

$$\omega t = 0 \Rightarrow i = 2\sqrt{2} \sin 45^\circ = 2(A)$$

$$\omega t = \frac{\pi}{4} \Rightarrow i = 2\sqrt{2} \sin 90^\circ = 2\sqrt{2}(A)$$

$$\omega t = \frac{\pi}{2} \Rightarrow i = 2\sqrt{2} \sin 135^\circ = 2(A)$$

$$\omega t = \frac{3\pi}{4} \Rightarrow i = 2\sqrt{2} \sin 180^\circ = 0(A)$$

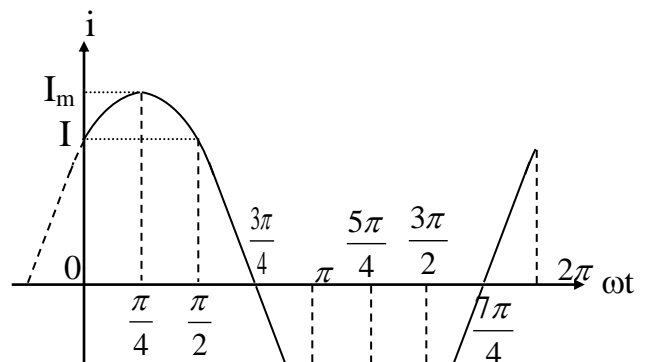
$$\omega t = \pi \Rightarrow i = 2\sqrt{2} \sin 225^\circ = -2(A)$$

$$\omega t = \frac{5\pi}{4} \Rightarrow i = 2\sqrt{2} \sin 270^\circ = -2\sqrt{2}(A)$$

$$\omega t = \frac{3\pi}{2} \Rightarrow i = 2\sqrt{2} \sin 315^\circ = -2(A)$$

$$\omega t = \frac{7\pi}{4} \Rightarrow i = 2\sqrt{2} \sin 360^\circ = 0(A)$$

$$\omega t = 2\pi \Rightarrow i = 2\sqrt{2} \sin 405^\circ = 2(A)$$



Hình 3-8

Nối các điểm vừa tìm ta được đường cong cần biểu diễn như hình 3 - 8

2.2.2. Cộng trừ đồ thị hình sin

Muốn cộng trừ các đại lượng hình sin bằng đồ thị hình sin, ta vẽ các đại lượng hình sin thành phần lên cùng một trục tọa độ, rồi cộng (trừ) tung độ cùng một thời điểm ta được tung độ tương ứng của đại lượng tổng (hiệu) tại thời điểm đó. Làm nhiều điểm như vậy nối lại ta được đường cong của đại lượng tổng (hiệu).

Phương pháp này có ưu điểm là có thể cộng trừ các đại lượng hình sin không cùng tần số và kết quả cho ta đồ thị của đại lượng hình sin tổng hay hiệu. Phương pháp này thực hiện mất thời gian.

Ví dụ: Tìm đại lượng tổng của 2 dòng điện biết:

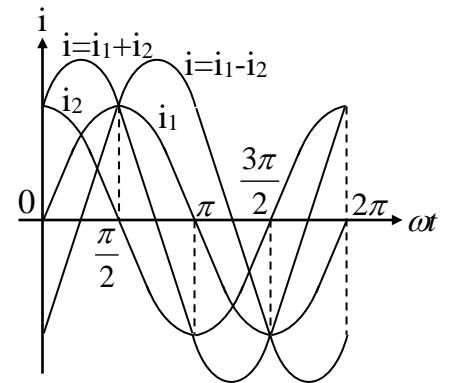
$$i_1 = 2\sqrt{2}\sin\omega t(A); i_2 = 2\sqrt{2}\sin(\omega t + \frac{\pi}{2})(A)$$

Bài giải:

+ Lập hệ trục tọa độ vuông góc

+ Vẽ đường cong i_1, i_2

+ Cộng, trừ tung độ tại các thời điểm nối lại ta được đường cong tổng và hiệu như hình 3 - 9



Hình 3-9

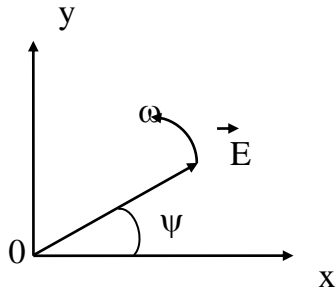
2.3. Biểu diễn dưới dạng véc tơ

2.3.1. Cách biểu diễn

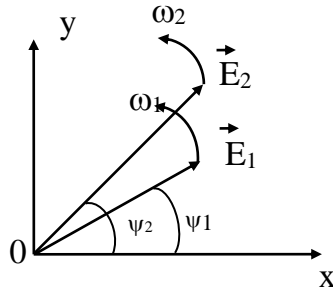
- Lập hệ trục tọa độ xoy.

- Chọn tỷ lệ xích thích hợp.

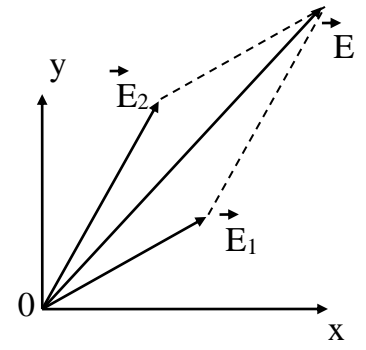
- Trên mặt phẳng tọa độ lấy bán kính véc tơ có gốc nằm ở gốc tọa độ hợp với trục hoành một góc bằng góc pha đầu. Có biên độ bằng biên độ của đại lượng hình sin cần biểu diễn theo tỷ lệ xích đã chọn. Có thể biểu diễn theo trị số hiệu dụng.



Hình 3-10a



Hình 3-10b



Hình 3-10c

- Cho véc tơ quay quanh gốc toạ độ ngược chiều kim đồng hồ với tốc độ bằng tốc độ góc ω .

- Ký hiệu véc tơ: $\vec{U}, \vec{I}, \vec{E} \dots$. Có thể biểu diễn nhiều đại lượng hình sin có cùng tốc độ góc trên một hệ trục toạ độ (Hình 3 - 10).

2.3.1. Cộng trừ đồ thị véc tơ

Phương pháp này chỉ dùng khi các đại lượng hình sin có cùng tốc độ góc ω

+ Cộng véc tơ: $\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2$

- Phương pháp hình bình hành:

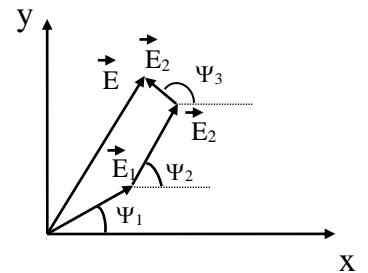
Đặt \vec{E}_1, \vec{E}_2 trên cùng một gốc toạ độ. Vẽ hình bình hành có hai cạnh là: \vec{E}_1, \vec{E}_2 . Véc tơ \vec{E} là đường chéo của hình bình hành xuất phát từ gốc toạ độ (Hình 3 - 11).

- Phương pháp cộng liên tiếp:

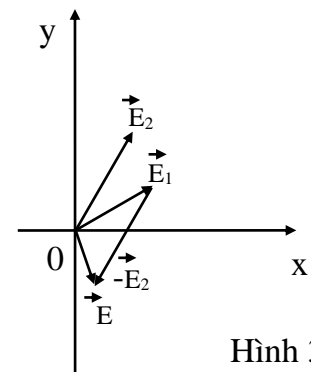
Đặt \vec{E}_2 liên tiếp với \vec{E}_1 rồi \vec{E}_3 liên tiếp

với $\vec{E}_2 \dots$. Nghĩa là gốc của véc tơ sau trùng với véc tơ trước. Véc tơ nối từ gốc của véc tơ đầu tiên đến mút véc tơ cuối cùng là véc tơ tổng. (Hình 3 - 12)

+ Phép trừ: Ta có thể tìm hiệu của 2 véc tơ bằng cách cộng véc tơ thứ nhất với véc tơ thứ 2 ngược đảo (Hình 3 - 12): $\vec{E} = \vec{E}_1 + (-\vec{E}_2)$



Hình 3-11



Hình 3-12

2.4. Biểu diễn các đại lượng của mạch xoay chiều hình sin dưới dạng phức

2.4.1. Khái niệm về số phức

a. Khái niệm

Phương pháp đồ thị véc tơ được dùng để nghiên cứu mạch điện xoay chiều hình sin và giải các mạch điện đơn giản. Tuy nhiên cách biểu diễn véc tơ gặp nhiều khó khăn khi giải mạch điện phức tạp, chính vì vậy để giải mạch điện phức tạp người ta biểu diễn đại lượng xoay chiều hình sin dưới dạng số phức.

*. Đơn vị ảo và số ảo

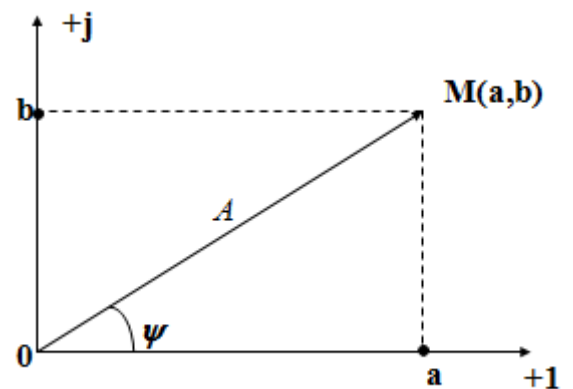
+ Trong toán học, số phức đặc trưng bởi số thực a và số ảo $j.b$. Trong đó:

- Đơn vị ảo được ký hiệu là j là 1 số mà bình phương bằng -1 . Để tránh nhầm lẫn với ký hiệu dòng điện ta dùng $j^2 = -1$

- Tích của số thực b với đơn vị ảo j gọi là số ảo.

+ Một số phức được viết $\dot{A} = a + jb$.

+ Hai số phức bằng nhau khi phần thực của chúng bằng nhau và phần ảo của chúng cũng bằng nhau.



Hình 3 - 13

*. Biểu diễn số phức bằng hình học

+ Trong mặt phẳng, lấy hệ trục tọa độ vuông góc với trục hoành biểu diễn số thực (+1) và trục tung biểu diễn số ảo gọi là trục ảo (+j).

Một số phức $\dot{A} = a + jb$ được biểu diễn phần thực đặt trên trục số thực, phần ảo đặt trên trục ảo. Điểm M có tọa độ (a, b) là điểm biểu diễn số phức A.

- Cũng có thể dùng véc tơ \overline{OM} để biểu diễn chiều dài. OM được gọi là mô đun của số phức. Góc tính từ trục thực đến véc tơ (chiều ngược chiều kim đồng hồ) gọi là Argument.

**. Hai dạng viết số phức*

+ Số phức được viết dưới hai dạng: Dạng đại số và dạng số mũ

- Dạng đại số: $\dot{A} = a + jb(1)$

- Dạng số mũ: Từ đồ thị véc tơ ta có $a = A.\cos\psi; b = A.\sin\psi$, thay trị số của a và b vào (1) ta có: $\dot{A} = A.\cos\psi + jA.\sin\psi = A(\cos\psi + j\sin\psi)(2)$

Theo công thức Oe: $\cos\psi + j\sin\psi = e^{j\psi}$, thay vào (2) ta có dạng mũ của số phức: $\dot{A} = Ae^{j\psi_0}$

Dạng mũ còn được ký hiệu: $\dot{A} = A\angle\psi_0$

+ Như vậy mỗi số phức có hai cách biểu diễn cơ bản là:

- Biểu diễn dạng đại số: Biểu diễn phần thực a, phần ảo jb

- Biểu diễn dạng mũ: Biểu diễn môđun (A) và Argument (ψ).

Bốn lượng đó là bốn thành phần của tam giác vuông OaM, a và jb là 2 cạnh góc vuông, A là cạnh huyền, ψ là góc nhọn. Giữa bốn thành phần đó có mối quan hệ chặt chẽ với nhau. Nếu biết hai thành phần thì có thể suy ra hai thành phần còn lại.

**. Cặp số phức liên hợp*

+ Hai số phức được gọi là liên hợp nếu chúng có thành phần thực bằng nhau và thành phần ảo đối nhau, phức liên hợp ký hiệu là \dot{A}^* .

+ Nếu $\dot{A} = a + jb$ thì $\dot{A}^* = a - jb$.

+ Dạng đại số: $\dot{A} = A.\cos\psi + jA.\sin\psi \Rightarrow \dot{A}^* = A.\cos\psi - jA.\sin\psi$

+ Dạng số mũ: $\dot{A} = Ae^{j\psi}$ thì $\dot{A}^* = Ae^{-j\psi}$

*. Hai số phức đáng nhớ

+ $\dot{A} = a$ - là số phức có phần ảo bằng 0

$$\Rightarrow \dot{A} = a(\cos 0^\circ + j\sin 0^\circ) = Ae^{j0^\circ}$$

+ $\dot{A} = jb$ - là số phức có phần thực bằng 0

$$\Rightarrow \dot{A} = b(\cos \frac{\pi}{2} + j\sin \frac{\pi}{2}) = Be^{j\frac{\pi}{2}}$$

b. Các phép tính về số phức

*. Phép cộng

+ Quy tắc: Muốn cộng các số phức ta cộng các phần thực với nhau, các phần ảo với nhau.

$$\dot{A}_1 = a_1 + jb_1; \dot{A}_2 = a_2 + jb_2 \Rightarrow \dot{A} = \dot{A}_1 + \dot{A}_2 = (a_1 + a_2) + j(b_1 + b_2)$$

$$+ \text{ Ví dụ: } \dot{Z}_1 = 2 + j3; \dot{Z}_2 = 5 - j6 \Rightarrow \dot{Z} = \dot{Z}_1 + \dot{Z}_2 = (2 + 5) + j(3 - 6)$$

$$\Rightarrow \dot{Z} = 7 + j(-3) = 7 - j3$$

*. Phép trừ

+ Quy tắc: Muốn trừ các số phức ta trừ các phần thực với nhau, trừ các phần ảo với nhau.

$$\dot{Z}_1 = a_1 + jb_1; \dot{Z}_2 = a_2 + jb_2 \Rightarrow \dot{Z} = \dot{Z}_1 - \dot{Z}_2 = (a_1 - a_2) + j(b_1 - b_2)$$

$$+ \text{ Ví dụ: } \dot{Z}_1 = 2 + j3; \dot{Z}_2 = 5 - j6 \Rightarrow \dot{Z} = \dot{Z}_1 - \dot{Z}_2 = (2 - 5) + j(3 - (-6))$$

$$\Rightarrow \dot{Z} = -3 + j9$$

*. Phép nhân

+ Quy tắc: Muốn nhân các số phức ta nhân các môđun với nhau và cộng các Argument với nhau.

$$\dot{Z}_1 = Z_1 e^{j\psi_1}; \dot{Z}_2 = Z_2 e^{j\psi_2} \Rightarrow \dot{Z} = \dot{Z}_1 \cdot \dot{Z}_2 = Z_1 \cdot Z_2 e^{j(\psi_1 + \psi_2)}$$

$$+ \text{ Ví dụ: } \dot{Z}_1 = 10e^{j23^\circ}; \dot{Z}_2 = 5e^{j30^\circ} \Rightarrow \dot{Z} = \dot{Z}_1 \cdot \dot{Z}_2 = 10 \cdot 5 e^{j(23^\circ + 30^\circ)} = 50e^{j53^\circ}$$

***. Phép chia**

+ Quy tắc: Muốn chia hai số phức ta chia các môđun với nhau và trừ các argument với nhau

$$\dot{Z}_1 = Z_1 e^{j\psi_1}; \dot{Z}_2 = Z_2 e^{j\psi_2} \Rightarrow \dot{Z} = \frac{\dot{Z}_1}{\dot{Z}_2} = \frac{Z_1}{Z_2} e^{j(\psi_1 - \psi_2)}$$

$$+ \text{ Ví dụ: } \dot{Z}_1 = 10e^{j23^\circ}; \dot{Z}_2 = 5e^{j30^\circ} \Rightarrow \dot{Z} = \frac{\dot{Z}_1}{\dot{Z}_2} = \frac{10}{5} e^{j(23^\circ - 30^\circ)} = 2e^{j-7^\circ}$$

2.4.2. Biểu diễn đại lượng hình sin dưới dạng phức

a. Biểu diễn đại lượng hình sin

Mỗi lượng hình sin $i = I_m \sin(\omega t + \psi_0)$ hoặc $u = U_m \sin(\omega t + \psi_0)$, nếu tần số góc là chung thì biên độ và góc pha đầu là đại lượng đặc trưng do đó đại lượng hình sin có thể biểu diễn bằng số phức ở 2 dạng như sau:

$$+ \text{ Dạng số mũ: } \dot{I} = I e^{j\psi_0}; \dot{U} = U e^{j\psi_0} \text{ hoặc } \dot{I} = I \angle \psi_i; \dot{U} = U \angle \psi_u$$

- Trong đó I, U gọi là môđun có trị số bằng trị số hiệu dụng của đại lượng hình sin và ψ là góc pha đầu gọi là Argument; Ví dụ:

$$\text{Từ phương trình sang dạng mũ: } i = 10\sqrt{2}\sin(\omega t - \frac{\pi}{6})(A) \text{ được biểu diễn:}$$

$$\dot{I} = 10e^{-j30^\circ} (A) \text{ hoặc } \dot{I} = 10 \angle 30^\circ (A)$$

$$\text{Từ dạng mũ sang phương trình: } \dot{U} = 220e^{j60^\circ} (V) \text{ được biểu diễn:}$$

$$u = 220\sqrt{2}\sin(\omega t + \frac{\pi}{3})(V)$$

$$+ \text{ Dạng đại số: } \dot{I} = a + jb \text{ hoặc } \dot{U} = a + jb.$$

$$- \text{ Trong đó } a = I \cdot \cos\psi, b = I \cdot \sin\psi$$

- Ví dụ: $i = 10\sqrt{2}\sin(\omega t - \frac{\pi}{6})(A)$ biểu diễn dưới dạng đại số ta được:

$$\dot{I} = 10\cos(-30^\circ) + j10\sin(-30^\circ) = 5\sqrt{3} - j5(A)$$

Tương tự: $u = 220\sqrt{2}\sin(\omega t + \frac{\pi}{3})(V)$

$$\Rightarrow \dot{U} = 220\cos 60^\circ + j220\sin 60^\circ = 110 + 110\sqrt{3}(V)$$

b. Chuyển đổi số phức

+ Chuyển từ dạng đại số sang dạng mũ:

- Ta có số phức ở dạng đại số $i = a + jb$, để chuyển sang dạng mũ $\dot{I} = Ie^{j\psi_i}$ cần phải tính mô đun và Argument trong đó:

Mô đun: $I = \sqrt{a^2 + b^2}$ (Trị hiệu dụng của đại lượng hình sin)

Argument: $\psi = \text{arctg} \frac{b}{a}$ (Góc pha đầu của đại lượng hình sin)

$$\text{- Ví dụ: } \dot{I} = 3 + j4 \Rightarrow \left\{ \begin{array}{l} I = \sqrt{3^2 + 4^2} = 5(A) \\ \psi_i = \text{arctg} \frac{4}{3} = 53^\circ 07' \end{array} \right\} \Rightarrow \dot{I} = 5e^{j53^\circ 07'}$$

+ Chuyển từ dạng mũ sang dạng đại số:

- Ta có số phức ở dạng mũ $\dot{I} = Ie^{j\psi_i}$, để chuyển sang dạng đại số $\dot{I} = a + jb$ cần phải tính: $a = I \cdot \cos \psi$; $b = I \cdot \sin \psi$

$$\text{- Ví dụ: } \dot{I} = 12e^{j41^\circ} (A) \Rightarrow \dot{I} = 12\cos(41^\circ) + j12\sin(41^\circ)(A)$$

c. Định luật Ôm dưới dạng phức, tổng trở phức

+ Xét một nhánh gồm điện trở, điện cảm, điện dung mắc nối tiếp và đặt vào điện áp xoay chiều có $u = U_m \sin(\omega t + \psi_u)(V)$ (Hình 5-2), dòng điện tổng mạch sẽ là: $i = I_m \sin(\omega t + \psi_i)(A)$. Khi đó tổng trở của mạch được xác định:

$$Z = \frac{u}{i} \Rightarrow \dot{Z} = \frac{\dot{U}}{\dot{I}} \Rightarrow \dot{I} = \frac{\dot{U}}{\dot{Z}}$$

+ Ta có: $\dot{Z} = \frac{U.e^{j\psi_u}}{I.e^{j\psi_i}} = Ze^{j(\psi_u - \psi_i)} = Ze^{j\varphi}$

được gọi là phức tổng trở

+ Phức tổng trở có môđun bằng tổng trở của nhánh và Argument bằng góc lệch pha giữa dòng điện và điện áp nhánh

- Phức tổng trở có phần thực bằng điện trở và phần ảo bằng điện kháng

- Mạch thuần trở: $Z = R \Rightarrow \dot{Z} = Re^{j0}$

- Mạch thuần cảm: $\dot{Z} = jX_L = X_L e^{j\frac{\pi}{2}}$

- Mạch thuần dung: $\dot{Z} = -jX_C = X_C e^{-j\frac{\pi}{2}}$

d. Phức tổng dẫn

Đại lượng nghịch đảo của phức tổng trở gọi là phức tổng dẫn:

$$\dot{Y} = \frac{1}{\dot{Z}} = \frac{1}{R + jX} = \frac{R - jX}{(R + jX)(R - jX)} = \frac{R}{R^2 + X^2} - \frac{jX}{R^2 + X^2} \Rightarrow \dot{Y} = g - jb$$

e. Phức công suất

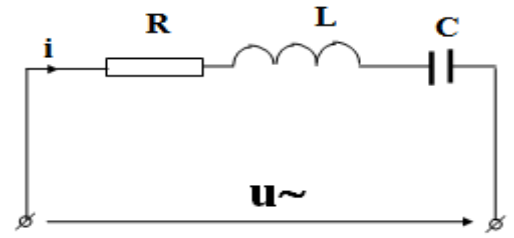
+ Tích số của phức điện áp với liên hợp của phức dòng điện gọi là phức công suất

+ Công thức tính: $\dot{S} = \dot{U} I^* = U.e^{j\psi_u} . I.e^{-j\psi_i} = U.I.e^{j(\psi_u + \psi_i)} = UIe^{j\varphi}$

+ Phức công suất có môđun bằng công suất toàn phần của mạch và Argument bằng góc lệch pha giữa dòng điện và điện áp của mạch.

+ $\dot{S} = S(\cos\varphi + j\sin\varphi) = S\cos\varphi + Sj\sin\varphi = P + jQ$

+ Phức công suất có phần thực là công suất tác dụng và phần ảo là công suất



Hình 3 -14

phản kháng.

3. Phương pháp giải mạch điện xoay chiều hình sin

3.1 Giải mạch điện xoay chiều hình sin một pha

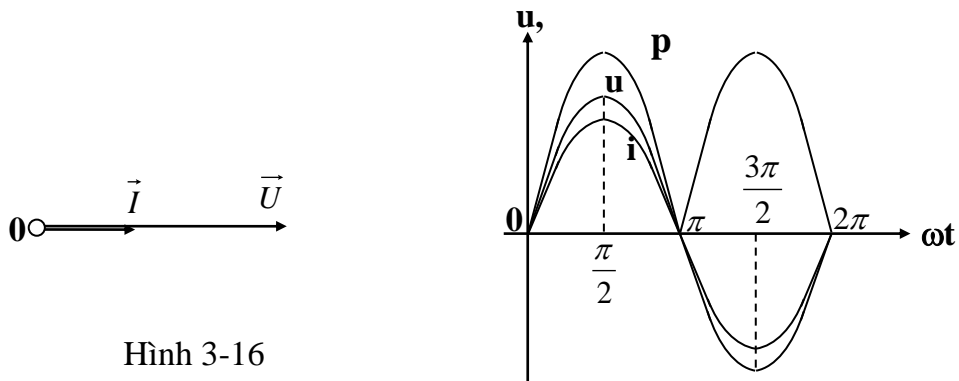
3.1.1. Mạch điện xoay chiều thuần điện trở

Trong mạch điện xoay chiều có đầy đủ ba thành phần: R , X_L , X_C nhưng có R rất lớn so với X_L và X_C thì gọi là mạch xoay chiều thuần trở.

Giả sử đặt vào hai đầu mạch thuần trở (Hình 3 - 15) một điện áp xoay chiều $u = U_m \sin \omega t (V)$. Thì trong mạch sẽ có dòng điện xoay chiều:

$$i = \frac{u}{R} \text{ (theo định luật Ôm).}$$

$$\text{Từ đó suy ra: } i = \frac{U_m \sin \omega t}{R} = \frac{U_m}{R} \sin \omega t = I_m \sin \omega t$$



Hình 3-16

Như vậy, trong mạch điện xoay chiều thuần trở, dòng điện và điện áp đồng pha. Biểu diễn dòng và áp bằng đồ thị hình sin và đồ thị véc tơ ta được hình 3 - 16.

Công suất trong mạch thuần trở là công suất tiêu hao trên điện trở R , gọi là công suất tác dụng hay công suất hữu công.

- Về trị số tức thời: $p = ui = U_m I_m \sin^2 \omega t$

Như vậy trị số tức thời của công suất luôn luôn dương hoặc bằng 0

- Về trị số hiệu dụng: $P = UI = I^2 R = \frac{U^2}{R}$

Đơn vị đo: Oát (W)

Bội số của W: $1KW = 10^3 W$

$1 MW = 10^6 W$

3.1.2. Mạch xoay chiều thuần điện cảm

Mạch xoay chiều có trị số R và X_C nhỏ không đáng kể so với trị số cảm kháng X_L ($X_L \gg R$ và X_C) gọi là mạch thuần cảm. (Hình 3 - 17)

a. Hiện tượng vật lý và quan hệ dòng áp:

+ Khi đặt vào hai đầu mạch một điện áp xoay chiều trong mạch sẽ xuất hiện dòng điện xoay chiều. Giả thiết:

$i = I_m \sin \omega t$ (A)

+ Dòng điện (i) biến thiên qua cuộn dây (L) làm xuất hiện sức điện động tự cảm:

$$e_L = -\frac{\Delta \phi}{\Delta t} = -L \frac{\Delta i}{\Delta t} = -L \frac{\Delta I_m \sin \omega t}{\Delta t}$$

+ Để tìm biểu thức sức điện động e_L ta lấy đạo hàm:

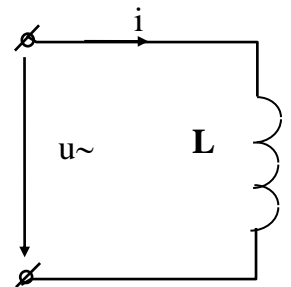
$$e_L = -L \frac{\Delta I_m \sin \omega t}{\Delta t} = -L \omega I_m \cos \omega t$$

$$e_L = L \omega I_m \sin(\omega t - \frac{\pi}{2}) = E_m \sin(\omega t - \frac{\pi}{2}), \text{ trong đó } E_m = L \omega I_m$$

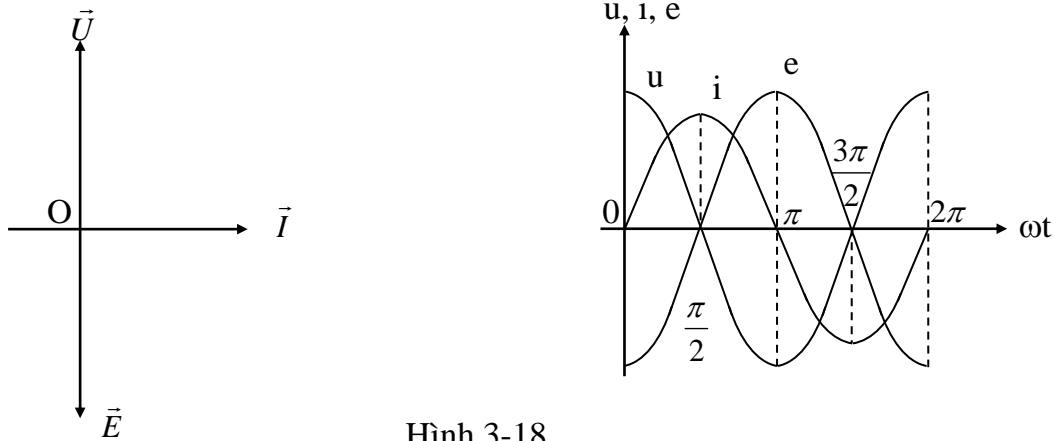
+ Theo định luật Kiéc Khốp 2 ta có: $u + e_L = IR = 0$ vì $R = 0$

$$\Rightarrow u = -e_L = -E_m \sin(\omega t - \frac{\pi}{2}) = U_m \sin(\omega t + \frac{\pi}{2}), \text{ với } U_m = E_m$$

+ Từ phương trình dòng điện, sức điện động và điện áp ta vẽ được đồ thị hình 3-18.



Hình 3-17



Hình 3-18

Kết luận: Trong mạch xoay chiều thuần điện cảm, điện áp của nguồn luôn luôn cân bằng với sức điện động tự cảm sinh ra trong cuộn dây. Nghĩa là về trị số thì bằng nhau nhưng đối pha nhau. Sức điện động tự cảm luôn luôn chậm pha sau dòng điện một góc $\pi/2$. Điện áp luôn luôn vượt pha trước dòng điện một góc $\pi/2$.

- Định luật Ôm, cảm kháng

Như ta đã biết: $U_m = E_m = L\omega I_m$. Do đó: $U = E = L\omega I$.

Nếu đặt $L\omega = X_L$ và được gọi là trở kháng điện cảm gọi tắt là cảm kháng của mạch xoay chiều, khi đó định luật Ôm được phát biểu:

Dòng điện hiệu dụng đi trong mạch thuần điện cảm tỷ lệ thuận với điện áp hiệu dụng giữa hai đầu mạch và tỷ lệ nghịch với cảm kháng của mạch.

$$I = \frac{U}{X_L}, \text{ trong đó: } X_L = \omega L = 2\pi fL(\Omega)$$

Như vậy: cảm kháng của mạch điện xoay chiều phụ thuộc vào tần số của dòng điện và cấu tạo cuộn dây.

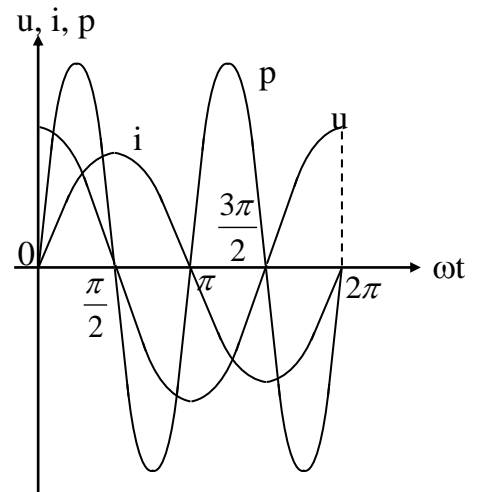
- Công suất

- Công suất tức thời:

$$p = ui = U_m \sin\left(\omega t + \frac{\pi}{2}\right) I_m \sin\omega t$$

$$p = U_m I_m \cos\omega t \sin\omega t$$

$$p = U_m I_m \frac{1}{2} \sin 2\omega t$$



Hình 3-19

$$p = \frac{U_m}{\sqrt{2}} \frac{I_m}{\sqrt{2}} \sin 2\omega t = UI \sin 2\omega t$$

Công suất tức thời của mạch thuần điện cảm cũng biến thiên theo quy luật hình sin và có tần số gấp đôi tần số của dòng điện. Có biên độ bằng tích số: UI .

Từ đồ thị hình 3 - 16, ta thấy:

- Ở $1/4$ đầu và thứ 3 của chu kỳ, dòng điện và điện áp cùng dấu, $p = ui > 0$. Mạch tiêu thụ năng lượng của nguồn và tích lũy dưới dạng năng lượng từ trường.

- Ở $1/4$ thứ 2 và thứ 4 của chu kỳ, dòng điện và điện áp trái dấu, $p = ui < 0$. Mạch phóng trả năng lượng cho nguồn, năng lượng từ trường tích lũy trong cuộn dây giảm dần về 0.

Vậy, mạch điện xoay chiều thuần điện cảm không tiêu hao năng lượng của nguồn mà chỉ có sự trao đổi năng lượng giữa nguồn với từ trường cuộn dây. Để đặc trưng cho sự trao đổi đó người ta dùng khái niệm công suất phản kháng hay còn gọi là công suất vô công. Ký hiệu: Q

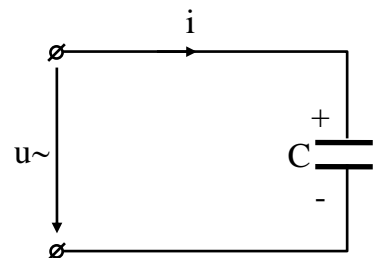
$$Q = UI = I^2 X_L$$

Công suất phản kháng bằng giá trị cực đại của công suất tức thời trong mạch thuần điện cảm. Đơn vị tính: VAR.

$$1\text{VAR} = 10^{-3} \text{KVAR} = 10^{-6} \text{MVAR}$$

3.1.3. Mạch xoay chiều thuần điện dung

Mạch xoay chiều có trị số R và X_L rất nhỏ không đáng kể so với trị số X_C thì gọi là mạch xoay chiều thuần điện dung. Mạch xoay chiều thuần điện dung là mạch chỉ có tụ điện (Hình 3 - 20).



Hình 3-20

- Hiện tượng vật lý- Quan hệ dòng áp

+ Giả sử tụ điện có điện dung C được đặt vào điện áp xoay chiều:

$$u = U_m \sin \omega t (V).$$

Mạch chỉ có điện dung nên điện áp nguồn hoàn toàn đặt trên tụ điện do đó:

$$U = U_C.$$

$$+ \text{ Điện tích tích trên tụ: } q = U_C \cdot C = UC.$$

$$\text{Khi đó ta có dòng điện qua tụ điện là: } i = \frac{\Delta q}{\Delta t} = C \cdot \frac{\Delta U}{\Delta t} = C \frac{\Delta U_m \sin \omega t}{\Delta t}$$

+ Dòng điện qua tụ tỷ lệ với điện dung của tụ điện và tốc độ biến thiên của điện áp trên 2 cực của tụ. Để tìm phương trình dòng điện ta lấy đạo hàm:

$$i = C \frac{\Delta U}{\Delta t} = C \frac{\Delta U_m \cdot \sin \omega t}{\Delta t} = C \omega U_m \cos \omega t$$

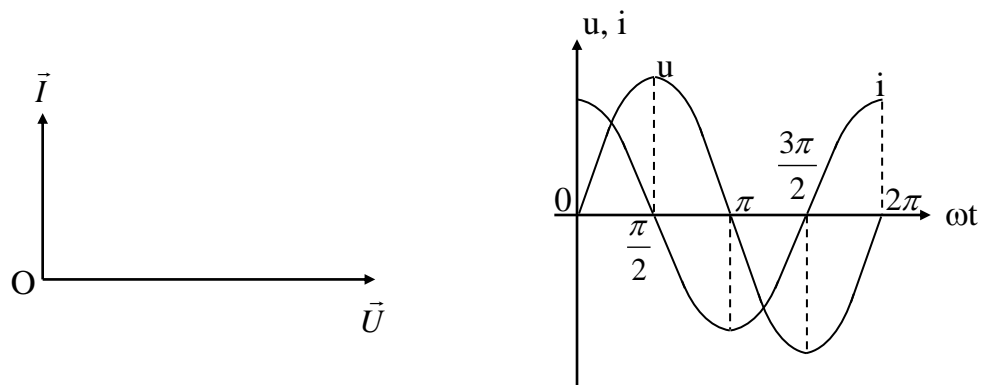
$$i = C \omega U_m \sin(\omega t + \frac{\pi}{2}). \text{ Trong đó: } I_m = C \omega U_m$$

Từ phương trình dòng điện và điện áp ta vẽ đồ thị hình 3 - 21:

- Định luật Ôm - Dung kháng

Như ta đã biết biên độ của dòng điện tỷ lệ với điện dung, tần số của nguồn điện và biên độ của điện áp đặt vào tụ điện: $I_m = C \omega U_m$

$$\text{Chia hai vế cho } \sqrt{2}, \text{ ta được: } \frac{I_m}{\sqrt{2}} = C \cdot \omega \cdot \frac{U_m}{\sqrt{2}} = \frac{U_m / \sqrt{2}}{1 / \omega C}$$



Hình 3-21

Đặt: $X_c = \frac{1}{\omega C}$ - Gọi là trở kháng điện dung hay là gọi tắt là dung kháng của mạch xoay chiều. Khi đó định luật Ôm được phát biểu:

Trong mạch xoay chiều thuần điện dung trị số hiệu dụng của dòng điện tỷ lệ với trị hiệu dụng điện áp đặt vào mạch và tỷ lệ nghịch với dung kháng của mạch.

$$I = \frac{U}{X_c} \quad - \text{ trong đó: } X_c = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{2\pi f C} (\Omega)$$

Dung kháng của mạch xoay chiều phụ thuộc vào tần số của điện áp và điện dung của mạch.

- Công suất

+ Công suất tức thời:

$$p = ui = U_m \sin \omega t \cdot I_m \sin(\omega t + \frac{\pi}{2}) = U_m I_m \sin \omega t \cos \omega t = \frac{1}{2} U_m I_m \sin 2\omega t$$

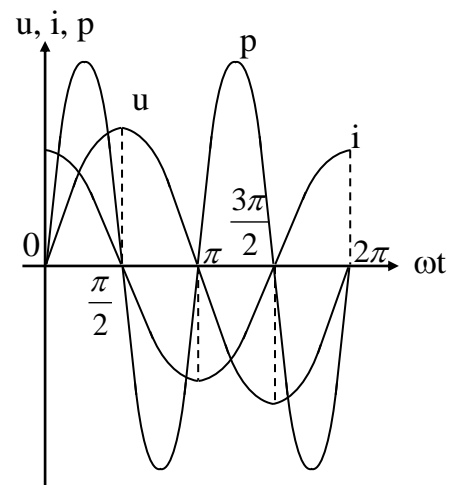
$$p = \frac{U_m}{\sqrt{2}} \frac{I_m}{\sqrt{2}} \sin 2\omega t = UI \cdot \sin 2\omega t$$

Như vậy: Công suất tức thời trong mạch thuần điện dung cũng biến thiên theo quy luật hình sin và có tần số gấp 2 lần tần số dòng điện, được biểu diễn bằng đồ thị hình 3 - 22. Có biên độ bằng tích số U.I.

Ở 1/4 đầu và thứ 3 của chu kỳ, dòng điện và điện áp cùng dấu, $p = ui > 0$. Mạch tiêu thụ năng lượng của nguồn và tích lũy dưới dạng năng lượng điện trường.

Ở 1/4 thứ 2 và thứ 4 của chu kỳ, dòng điện và điện áp trái dấu, $p = ui < 0$. Mạch phóng trả năng lượng cho nguồn, năng lượng điện trường tích lũy trong tụ điện giảm dần về 0.

Như vậy, mạch xoay chiều thuần điện dung không tiêu thụ năng lượng của nguồn, mà chỉ có



Hình 3-22

sự trao đổi năng lượng giữa nguồn với điện trường của tụ. Để đặc trưng cho sự trao đổi năng lượng đó người ta dùng khái niệm công suất phản kháng, ký hiệu: Q_C

$$Q_C = UI = I^2 X_C (\text{VAR})$$

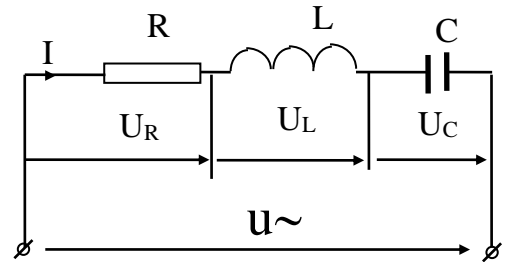
3.1.4. Mạch điện xoay chiều không phân nhánh

a. Mạch có R - L - C ghép nối tiếp

*. Quan hệ dòng áp - đồ thị vectơ

+ Mạch điện xoay chiều không phân nhánh trong trường hợp tổng quát có đầy đủ cả ba thành phần trở kháng ghép nối tiếp (Hình 3 - 23).

+ Giả sử đặt vào 2 đầu mạch 1 điện áp xoay chiều, trong mạch có dòng điện xoay chiều: $i = I_m \sin \omega t$ (A). Dòng điện này đi qua các thành phần trở kháng, tạo nên các điện áp thành phần tương ứng:



Hình 3-23

- Thành phần điện áp giáng trên điện trở R gọi là thành phần tác dụng của điện áp, ký hiệu: U_R .

Thành phần điện áp này đồng pha với dòng điện: $u_R = U_{Rm} \sin \omega t$

Có trị số được xác định: $U_R = I R$

- Thành phần điện áp giáng trên điện cảm gọi là thành phần điện áp phản kháng, ký hiệu: U_L .

Thành phần điện áp này vượt pha trước dòng điện 1 góc $\pi/2$:

$$u_L = U_{Lm} \sin(\omega t + \frac{\pi}{2})$$

Có trị số được xác định: $U_L = I X_L$

- Thành phần điện áp giáng trên điện dung được gọi là thành phần điện áp phản kháng, ký hiệu: U_C .

Thành phần điện áp này chậm pha sau dòng điện 1 góc $\pi/2$:

$$u_C = U_{Cm} \sin(\omega t - \frac{\pi}{2}) \text{ Có trị số được xác định: } U_C = IX_C$$

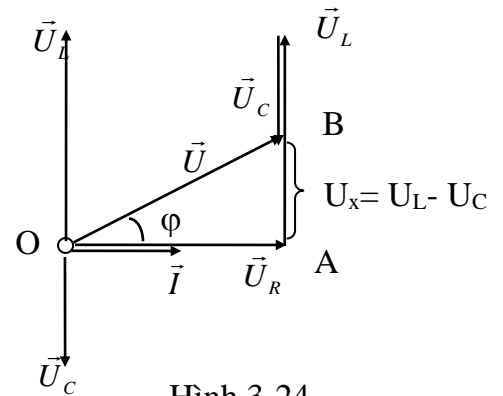
+ Như vậy điện áp đặt vào mạch bằng tổng 3 điện áp thành phần.

Về trị số tức thời: $u = u_R + u_L + u_C$

Về trị số hiệu dụng: $\vec{U} = \vec{U}_R + \vec{U}_L + \vec{U}_C$.

Thực hiện cộng véc tơ ta được hình 3 - 20.

+ Từ đồ thị ta thấy: dòng điện và điện áp lệch pha nhau 1 góc ϕ .



Hình 3-24

*. Tam giác điện áp

+ Từ đồ thị dòng điện, điện áp hình 3 - 24 ta thấy:

- Véc tơ điện áp bằng tổng 3 véc tơ điện áp thành phần và là cạnh huyền của tam giác vuông OAB.

- Hai cạnh góc vuông:

$OA = U_R = IR$ - Thành phần điện áp tác dụng

$AB = U_X = U_L - U_C = I(X_L - X_C)$ - Thành phần phản kháng của điện áp

+ Tam giác vuông có cạnh huyền là véc tơ điện áp tổng, hai cạnh vuông là hai thành phần điện áp, thì tam giác đó là tam giác điện áp của mạch điện xoay chiều không phân nhánh.

$$\text{tg}\phi = \frac{U_X}{U_R} = \frac{U_L - U_C}{U_R}$$

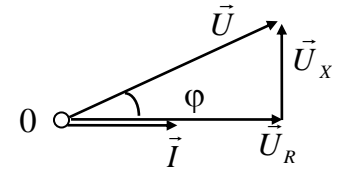
- Phương trình của điện áp tổng được viết: $u = U_m \sin(\omega t + \phi)$ (V)

+ Nhận xét: Từ tam giác điện áp nếu:

- $X_L > X_C$ thì $U_L > U_C$ và $\text{tg}\phi > 0 \Rightarrow \phi > 0$. Như vậy điện áp vượt pha

trước dòng điện 1 góc φ . Khi đó mạch điện có tính chất điện cảm (Hình 3 - 25a).

- $X_L < X_C$ thì $U_L < U_C$ và $\text{tg}\varphi < 0 \Rightarrow \varphi < 0$. Như vậy điện áp chậm pha sau dòng điện 1 góc φ . Khi đó mạch điện có tính chất điện dung (Hình 3 - 25b).

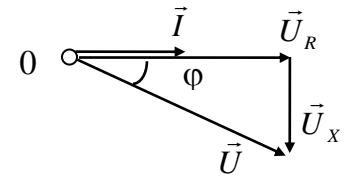


Hình 3-25a: $\varphi > 0$

- Nếu biết điện áp và góc φ ta có thể suy ra các điện áp thành phần:

$$U_R = U \cdot \cos \varphi$$

$$U_X = U \cdot \sin \varphi$$



Hình 3-25b: $\varphi < 0$

*. Định luật Ôm - Tổng trở - Tam giác tổng trở

+ Định luật Ôm:

$$\text{Nhu ta đã biết: } U = \sqrt{U_R^2 + U_x^2} = \sqrt{U_R^2 + (U_L - U_C)^2}$$

$$U = \sqrt{(IR)^2 + (IX_L - IX_C)^2} = I\sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$$

Lượng $\sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$ Có vai trò như điện trở trong mạch thuần trở, đơn vị đo bằng Ôm, nên được gọi là trở kháng toàn phần hay còn gọi là tổng trở của mạch xoay chiều. Ký hiệu: Z.

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

Từ biểu thức suy ra: $I = \frac{U}{Z}$. Từ đó ta có định luật Ôm phát biểu như sau:

Trị số hiệu dụng của dòng điện xoay chiều tỷ lệ thuận với điện áp hiệu dụng đặt vào mạch và tỷ lệ nghịch với tổng trở toàn mạch.

Lượng $X = X_L - X_C = 2\pi fL - \frac{1}{2\pi f.C}$ - Gọi là trở kháng phản kháng

của mạch xoay chiều.

+ Tam giác tổng trở:

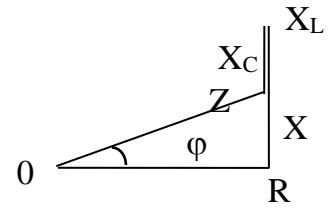
Chia 3 cạnh của tam giác điện áp cho I ta được 1 tam giác đồng dạng với tam giác điện áp có:

- Cạnh huyền: $\frac{U}{I} = Z$ - Tổng trở của mạch

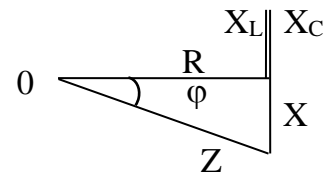
- Hai cạnh góc vuông:

$\frac{U_R}{I} = R$ - Trở kháng tác dụng

$\frac{U_X}{I} = X$ - Trở kháng phản kháng



Hình 3-26a: $\varphi > 0$



Hình 3-26b: $\varphi < 0$

Đó là ba thành phần trở kháng của mạch xoay chiều, tam giác đó được gọi là tam giác tổng trở của mạch xoay chiều. (Hình 3-26).

Từ tam giác tổng trở, nếu biết R và X ta có thể xác định được Z và φ .

$$Z = \sqrt{R^2 + X^2} = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}; \quad \text{tg}\varphi = \frac{X}{R} = \frac{X_L - X_C}{R}$$

Khi $X_L > X_C$ thì $\varphi > 0$ (Hình 3 - 22a)

Khi $X_L < X_C$ thì $\varphi < 0$ (Hình 3 - 22b)

Nếu biết Z và góc φ thì ta tính được: $R = Z \cdot \text{Cos}\varphi$ và $X = Z \cdot \text{Sin}\varphi$

**. Công suất và tam giác công suất*

+ **Công suất:** Mạch R- L- C ghép nối tiếp gồm có các thành phần sau:

- Công suất tiêu hao trên điện trở gọi là công suất tác dụng:

$$P = I^2 R = I U_R = UI \text{Cos}\varphi \text{ (W)}$$

- Công suất phản kháng: Gồm hai thành phần

Thành phần do sự trao đổi năng lượng giữa nguồn và từ trường cuộn dây:

$$Q_L = I^2 X_L = I U_L \text{ (VAR)}$$

Thành phần do sự trao đổi năng lượng giữa nguồn với điện trường của tụ:

$$Q_C = I^2 X_C = I U_C \text{ (VAR)}$$

Hai thành phần này đối pha nhau nên công suất phản kháng của mạch là:

$$Q = Q_L - Q_C = I^2(X_L - X_C) = I(U_L - U_C) = I^2 X = U I \text{ Sin}\varphi \text{ (VAR)}$$

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

- Công suất toàn phần hay còn gọi là công suất biểu kiến, ký hiệu: S. Nó đặc trưng cho khả năng chứa công suất của thiết bị điện.

Công suất biểu kiến được tính bằng tích số giữa dòng điện định mức với điện áp định mức của thiết bị điện: $S = U I = I^2 Z$

Đơn vị: Vôn- ăm- pe: VA

Bội số của VA: Ki lô - Vôn - Ampe: 1KVA = 1000 VA

Mê ga - Vôn - Ampe: 1MVA = 1000 KVA = 10^6

VA

+ Tam giác công suất:

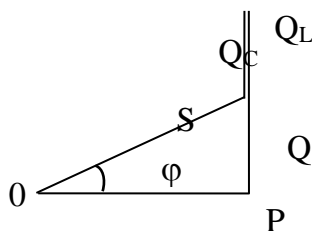
Nếu đem nhân 3 cạnh của tam giác tổng trở với bình phương dòng điện ta được 1 tam giác đồng dạng với tam giác tổng trở gọi là tam giác công suất. (Hình 3 - 27). Trong đó:

- Cạnh huyền: $S = UI = I^2 Z$ - Công suất biểu kiến

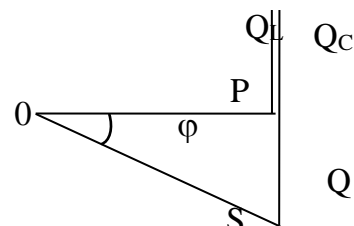
- Cạnh vuông: $P = I^2 R = I^2 U_R = UI \text{ Cos}\varphi$ - Công suất tác dụng

$Q = I^2 X = I^2 U_X = UI \text{ Sin}\varphi$ - Công suất phản

kháng



Hình 3-27a: $\varphi > 0$



Hình 3-27b: $\varphi < 0$

Từ tam giác công suất nếu:

- Biết P và Q thì: $S = \sqrt{P^2 + Q^2} = \sqrt{P^2 + (Q_L - Q_C)^2}$

$$\operatorname{tg}\phi = \frac{Q}{P} = \frac{Q_L - Q_C}{P}$$

- Biết S và ϕ thì: $P = S \cos\phi$ và $Q = S \sin\phi$

b. Các trường hợp riêng biệt

*. Mạch có R, L ghép nối tiếp

Trong mạch này có cả ba thành phần trở kháng, nhưng thành phần điện dung nhỏ không đáng kể ($X_C \approx 0$). Khi đó toàn bộ lý luận trên vẫn đúng, nếu ta bỏ qua: X_C, U_C, Q_C .

*. Mạch có R, C ghép nối tiếp

Trong mạch này có cả ba thành phần trở kháng, nhưng thành phần điện cảm nhỏ không đáng kể ($X_L \approx 0$). Khi đó toàn bộ lý luận trên vẫn đúng, nếu ta bỏ qua: X_L, U_L, Q_L .

*. Mạch có L, C ghép nối tiếp

Trong mạch này có cả ba thành phần trở kháng, nhưng thành phần điện trở nhỏ không đáng kể ($R \approx 0$). Khi đó ta có mạch thuần phản kháng.

Nếu $X_L > X_C$ thì mạch có tính chất điện cảm.

Nếu $X_L < X_C$ thì mạch có tính chất điện dung.

c. Cộng hưởng điện áp

*. Hiện tượng và điều kiện

+ Hiện tượng:

- Trong mạch điện xoay chiều không phân nhánh, hai thành phần phản kháng (U_L và U_C) luôn luôn ngược pha nhau. Nên trị số tức thời của chúng tại

mọi thời điểm ngược dấu nhau và có tác dụng bù trừ nhau.

- Nếu trị số hiệu dụng $U_L = U_C$ thì chúng sẽ triệt tiêu nhau và điện áp nguồn chỉ còn thành phần điện áp đặt vào điện trở R. Do đó $U_R = U$. Khi đó mạch ở trạng thái cộng hưởng điện áp.

- Khi mạch ở trạng thái cộng hưởng điện áp ta có: $U_L = U_C \Rightarrow X_L = X_C$ và tổng trở của mạch:

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

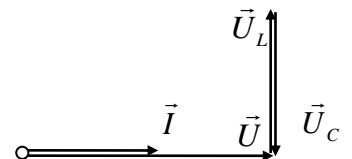
$$\text{tg} = \frac{X_L - X_C}{R} = 0 \Rightarrow \phi = 0$$

- Như vậy trong mạch xoay chiều khi xảy ra cộng hưởng điện áp: Dòng điện và điện áp đồng pha, tổng trở bằng điện trở.

+ Điều kiện cộng hưởng điện áp:

Khi mạch ở trạng thái cộng hưởng điện áp ta có: $X_L = X_C$

$$\Rightarrow \omega L = \frac{1}{\omega C} \Rightarrow \omega = \frac{1}{\omega L C} \Rightarrow \omega^2 = \frac{1}{LC} \Rightarrow \omega = \frac{1}{\sqrt{LC}} = \omega_0$$



Trong đó: ω_0 - Tần số góc riêng của mạch

Hình 3-28

Mặt khác ta có $\omega = 2.\pi.f \Rightarrow \omega_0 = 2\pi f \Rightarrow f = f_0 = \frac{\omega_0}{2\pi}$

f_0 - Tần số riêng của mạch

Vậy, để có mạch cộng hưởng điện áp thì tần số riêng của mạch phải bằng tần số của nguồn điện: $\omega = \omega_0$ Hay $f = f_0$

*. Ý nghĩa của cộng hưởng điện áp

Dòng điện trong mạch cộng hưởng: $I = \frac{U}{Z}$ có giá trị lớn nhất ứng với điện áp đã cho. Nếu điện trở R càng nhỏ so với X_L và X_C thì điện áp trên cuộn cảm và điện dung càng lớn so với điện áp trên R, cũng như điện áp nguồn.

Tỷ số $q = \frac{X_L}{R} = \frac{X_C}{R} = \frac{U_C}{U} = \frac{U_L}{U}$ được gọi là hệ số phẩm chất của mạch cộng hưởng.

Hệ số q cho biết khi cộng hưởng điện áp, thì điện áp cực bộ trên cuộn dây và trên tụ điện lớn gấp bao nhiêu lần điện áp nguồn.

Công suất tức thời trên cuộn cảm và tụ điện: $p_L = u_L i$; $p_C = u_C i$

Vì $u_L = u_C$ nên $p_L = p_C$. Như vậy, tại mọi thời điểm p_L và p_C bằng nhau về trị số nhưng ngược dấu. Do đó, mạch cộng hưởng điện áp có trao đổi năng lượng hoàn toàn giữa từ trường và điện trường, còn năng lượng nguồn chỉ tiêu hao trên điện trở R .

Hiện tượng cộng hưởng điện áp có nhiều ứng dụng trong thực tế sản xuất, như khi cần tạo ra điện áp lớn trên cuộn dây hay tụ điện trong lúc điện áp nguồn nhỏ. Thường dùng trong thí nghiệm điện, trong các mạch lọc theo tần số, ứng dụng trong kỹ thuật thông tin vô tuyến điện....

Ngược lại trong hệ thống điện, nếu để xảy ra hiện tượng cộng hưởng điện áp không ứng với chế độ làm việc bình thường sẽ xảy ra hiện tượng quá điện áp cực bộ gây nguy hiểm cho người và thiết bị.

3.1.5. Mạch xoay chiều phân nhánh

a. Mạch có $R - L - C$ ghép song song:

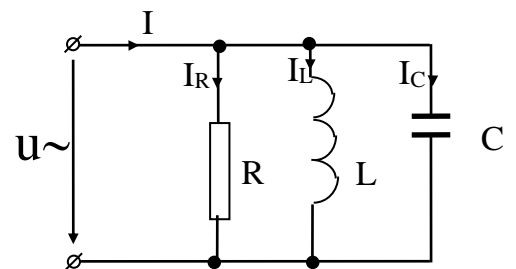
*. Quan hệ dòng áp - đồ thị véc tơ

+ Giả sử đặt vào vào hai đầu mạch 1 điện áp xoay chiều: $u = U_m \sin \omega t (V)$.

Hình 3 - 29, khi đó:

- Dòng điện qua điện trở R được gọi là thành phần tác dụng của dòng điện, thành phần này đồng pha với điện áp, kí hiệu: i_R ; có trị số:

Tức thời: $i_R = I_{Rm} \sin \omega t (A)$



Hình 3-29

Hiệu dụng: $I_R = \frac{U}{R} = g.U$ (g - gọi là điện dẫn tác dụng: $g = \frac{1}{R}$)

- Dòng điện qua điện cảm L được gọi là thành phần phản kháng của dòng điện, thành phần này chậm pha sau điện áp 1 góc 90° ; kí hiệu: (i_L); có trị số:

Tức thời: $i_L = I_{Lm} \sin(\omega t - \frac{\pi}{2})(A)$

Hiệu dụng: $I_L = \frac{U}{X_L} = b_L.U$ (b_L - gọi là điện dẫn cảm kháng: $b_L = \frac{1}{X_L}$)

- Dòng điện qua điện dung C được gọi là thành phần phản kháng của dòng điện, thành phần này vượt pha trước điện áp 1 góc 90° ; kí hiệu: (i_C); có trị số:

Tức thời: $i_C = I_{Cm} \sin \omega t (A)$

Hiệu dụng: $I_C = \frac{U}{X_C} = b_C.U$ (b_C - gọi là điện dẫn dung kháng: $b_C = \frac{1}{X_C}$)

Vậy, dòng điện trong mạch chính bằng tổng dòng điện trong các nhánh:

- Về trị số tức thời: $i = i_R + i_L + i_C$

- Về trị số hiệu dụng: $\bar{I} = \bar{I}_R + \bar{I}_L + \bar{I}_C$.

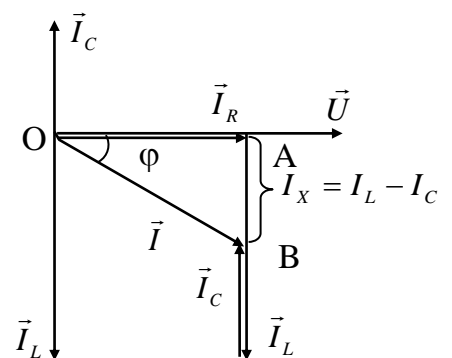
Thực hiện cộng véc tơ ta được hình 3 - 30.

Từ đồ thị véc tơ ta thấy: I_L và I_C luôn luôn đối pha nhau, nên tổng trị số của véc tơ bằng hiệu trị số hiệu dụng của chúng, gọi là thành phần phản kháng của dòng điện:

$$I_X = I_L - I_C = U(b_L - b_C) = b_X .$$

Trong đó: $b_X = b_L - b_C$ - được gọi là điện dẫn phản kháng.

*. Tam giác dòng điện



Hình 3-30

+ Từ đồ thị véc tơ, xét tam giác OAB có: Cạnh huyền là dòng điện tổng, 2 cạnh góc vuông là thành phần tác dụng và thành phần phản kháng của dòng điện. Tam giác có trên được gọi là tam giác dòng điện.

+ Từ tam giác dòng điện ta có:

$$I = \sqrt{I_R^2 + I_x^2}; \quad \text{tg}\phi = \frac{I_x}{I_R} = \frac{I_L - I_C}{I_R}$$

$$I_R = I \cdot \text{Cos}\phi; \quad I_x = I \cdot \text{Sin}\phi$$

**. Tổng dẫn, tam giác tổng dẫn*

+ Từ tam giác dòng điện ta suy ra tam giác tổng dẫn bằng cách chia trị số các cạnh của tam giác dòng điện cho điện áp (U), hình 3 - 31.

+ Từ tam giác tổng dẫn nếu:

- Biết g và b_x:

$$y = \sqrt{g^2 + b_x^2} = \sqrt{g^2 + (b_L - b_C)^2};$$

$$\text{tg}\phi = \frac{b_x}{g} = \frac{b_L - b_C}{g}$$

- Biết y và góc φ:

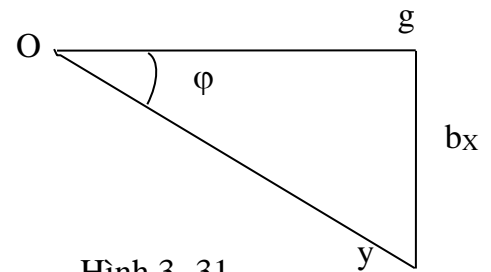
$$b_x = y \cdot \text{Sin}\phi, \quad g = y \cdot \text{Cos}\phi$$

Trong đó y là tổng dẫn của mạch xoay chiều phân nhánh.

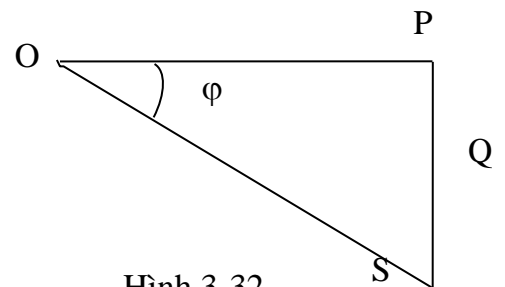
**. Công suất, tam giác công suất*

Nếu nhân trị số 3 cạnh của tam giác tổng dẫn với bình phương điện áp (U) ta được tam giác đồng dạng với tam giác tổng dẫn có 3 cạnh là các thành phần công suất. Tam giác đó được gọi là tam giác công suất, hình 3 - 32.

- Công suất tác dụng:



Hình 3- 31



Hình 3-32

$$P = U^2 g = U I \cos \varphi = U I_R \text{ (W)}$$

- Công suất phản kháng: $Q = U^2 b_X = U I \sin \varphi = U I_X \text{ (VAR)}$

- Công suất biểu kiến: $S = U^2 y = U I \text{ (VA)}$

b. Các trường hợp riêng

**. Mạch phân nhánh có R, L nối tiếp*

Xét mạch điện như hình 3 - 33.

+ Tổng trở của mạch: $Z_1 = \sqrt{R_1^2 + X_{L1}^2}$

$$Z_2 = \sqrt{R_2^2 + X_{L2}^2}$$

+ Dòng điện đi trong các nhánh:

- Dòng điện I_1 qua Z_1 :

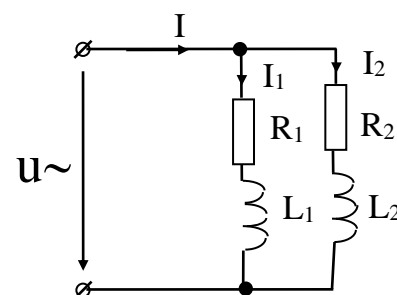
$$I_{R1} = U g_1; I_{X1} = U b_1 \Rightarrow I_1 \frac{U}{Z_1}; \operatorname{tg} \phi_1 = \frac{X_1}{R_1}$$

Trong đó: $g_1 = \frac{R_1}{R_1^2 + X_1^2}; b_1 = \frac{X_1}{R_1^2 + X_1^2}$

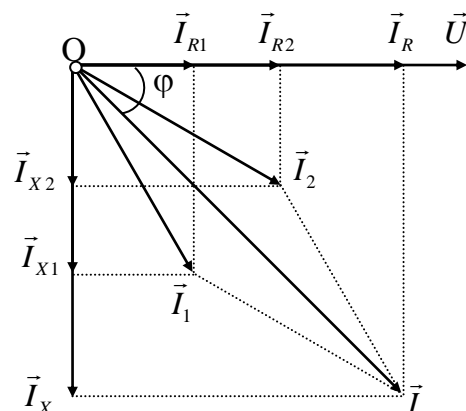
- Dòng điện I_2 qua Z_2 :

$$I_{R2} = U g_2; I_{X2} = U b_2 \Rightarrow I_2 \frac{U}{Z_2}; \operatorname{tg} \phi_2 = \frac{X_2}{R_2}$$

Trong đó: $g_2 = \frac{R_2}{R_2^2 + X_2^2}; b_2 = \frac{X_2}{R_2^2 + X_2^2}$



Hình 3-33



Hình 3-34

- Cộng véc tơ dòng I_1, I_2 ta được dòng điện đi trong mạch chính:

$$\vec{I} = \vec{I}_1 + \vec{I}_2$$

- Có thể tìm véc tơ I bằng cách tìm các thành phần dòng điện của nó:

$$I_R = I_{R1} + I_{R2} = U(g_1 + g_2) = U g$$

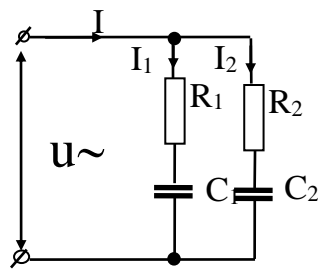
$$I_X = I_{X1} + I_{X2} = U(b_1 + b_2) = U b$$

Suy ra: $I = \sqrt{I_R^2 + I_X^2}$; $\text{tg}\phi = \frac{I_X}{I_R}$ vì $\phi > 0$ nên dòng điện chậm pha sau

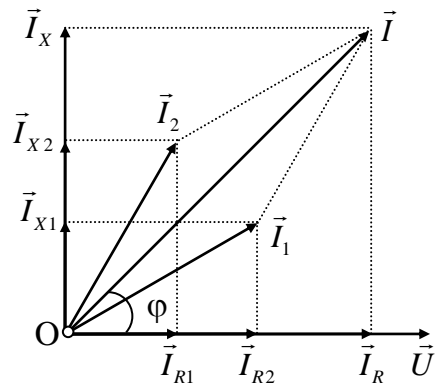
điện áp. Hình 3-34.

***. Mạch phân nhánh có R, C nối tiếp (Hình 3-35)**

Cách xác định dòng điện đi trên các nhánh trong mạch nhánh tương tự như trong mạch có R, L nối tiếp. Trường hợp này góc $\phi < 0$ nên dòng điện vượt pha trước điện áp 1 góc là ϕ .



Hình 3-35a

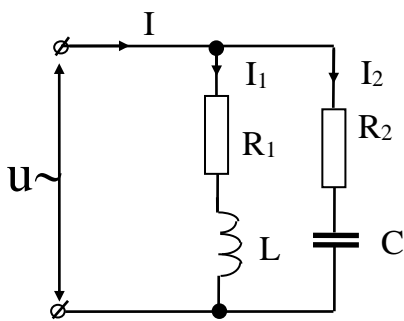


Hình 3-35b

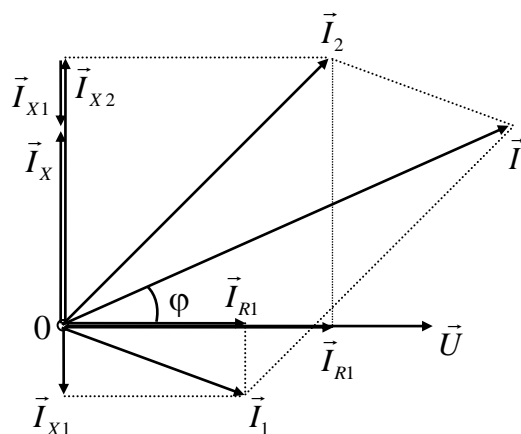
***. Mạch phân nhánh có R, C nối tiếp và R, L nối tiếp (Hình 3 - 36)**

Cách tính toán dòng điện nhánh và mạch chính tương tự như các trường hợp trên.

Nếu thành phần phản kháng của dòng nhánh 1 (I_{X1}) nhỏ hơn nhánh 2 (I_{X2}) thì mạch có tính chất điện dung, ngược lại mạch có tính chất điện cảm ($I_{X1} > I_{X2}$)



Hình 3-36a



Hình 3-36b

c. Cộng hưởng dòng điện

Nếu $I_{X1} = I_{X2}$ thì $I = I_R$ khi đó ta được mạch ở trạng thái cộng hưởng dòng điện và dòng điện tổng bằng dòng điện tác dụng, nó có giá trị nhỏ nhất ứng với trị điện áp đã cho. Điều kiện để có mạch cộng hưởng dòng điện:

$$\frac{1}{X_L} = \frac{1}{X_C} \text{ Hay } \frac{1}{\omega L} = \omega C \Rightarrow \omega = \frac{1}{\sqrt{LC}} = \omega_0$$

(Giống như điều kiện để có mạch cộng hưởng điện áp)

3.1.6. Nâng cao hệ số công suất $\text{Cos}\phi$

a. Định nghĩa

Từ tam giác công suất ta có: $P = S \cdot \text{Cos}\phi = U \cdot I \cdot \text{Cos}\phi$

Từ đó ta thấy khi $\text{Cos}\phi$ càng lớn thì P càng lớn. Khi $\text{Cos}\phi = 1$ thì $P = S$, nghĩa là công suất tác dụng phụ thuộc vào hệ số $\text{cos}\phi$. Vì vậy, Hệ số $\text{Cos}\phi$ được gọi là hệ số công suất của mạch điện xoay chiều:

$$\text{Cos}\phi = \frac{R}{Z} = \frac{R}{\sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}}$$

Như vậy, $\text{Cos}\phi$ là hệ số phụ thuộc vào các thành phần trở kháng của mạch, mà các thành phần trở kháng này phụ thuộc vào kết cấu của mạch vì vậy ta có thể nói rằng $\text{Cos}\phi$ phụ thuộc vào kết cấu của mạch điện.

Trong mạch điện có phụ tải chiếu sáng bằng đèn sợi đốt, lò điện, bếp điện thì có $\text{Cos}\phi = 1$.

Trong mạch thuần cảm kháng $R \approx 0 \Rightarrow \text{Cos}\phi = 0$.

Mạch xoay chiều nói chung $\text{Cos}\phi < 1$.

b. Ý nghĩa

+ Hệ số $\text{Cos}\phi$ có ý nghĩa rất lớn trong sản xuất, truyền tải và cung cấp điện năng.

- Như ta đã biết mỗi máy phát điện và máy biến áp đều được chế tạo với

công suất biểu kiến định mức (S_{dm}). Từ đó máy có thể cung cấp 1 công suất tác dụng:

$$P = S_{dm} \cdot \cos\varphi.$$

- Nếu $\cos\varphi = 1$ thì $P = S_{dm}$ khi đó nó có giá trị lớn nhất mà máy có thể cung cấp được. Mỗi hộ tiêu thụ điện đều yêu cầu 1 công suất tác dụng P xác định.

Khi đó dòng điện truyền tải qua đường dây là: $P = UI\cos\varphi \Rightarrow I = \frac{P}{U\cos\varphi}$

- Nếu $\cos\varphi$ càng nhỏ thì dòng điện càng lớn dẫn đến:

Dòng điện lớn nên dây dẫn truyền tải lớn, điều đó yêu cầu vật liệu làm dây dẫn lớn, dẫn đến tốn kim loại màu và vốn đầu tư xây dựng lớn.

Tổn thất điện năng trên đường dây lớn: $\Delta A = I^2 R t$

Vì vậy, việc nâng cao hệ số $\cos\varphi$ có một ý nghĩa lớn về hiệu quả kinh tế là giảm vốn đầu tư xây dựng đường dây và giảm tổn thất điện năng truyền tải. Do đó người ta luôn nghiên cứu các biện pháp nâng cao $\cos\varphi$.

c. Biện pháp nâng cao $\cos\varphi$

Từ tam giác công suất ta có: $\cos\varphi = \frac{P}{S} = \frac{P}{\sqrt{P^2 + Q^2}}$

Như vậy về nguyên tắc muốn nâng cao $\cos\varphi$ thì phải tìm mọi cách giảm nhỏ công suất phản kháng Q . Để giảm ta có hai hướng sau:

1- Giảm công suất phản kháng nơi tiêu thụ (tức là nâng cao $\cos\varphi$ của từng thiết bị dùng điện) bằng cách: Không để cho các động cơ chạy không tải, non tải.

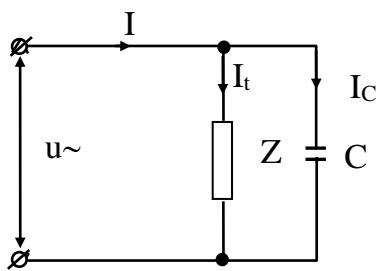
2- Sản xuất công suất phản kháng tại nơi tiêu thụ: Phương pháp này còn gọi là phương pháp bù $\cos\varphi$. Để bù ta có thể dùng máy bù đồng bộ hoặc dùng tụ để bù (Bù tĩnh). Phương pháp bù bằng tụ được tiến hành như sau:

- Tự điện bù được mắc song song với thiết bị cần nâng cao hệ số $\text{Cos}\varphi$ (Hình 3 - 37a). Biểu diễn quá trình bù bằng đồ thị véc tơ như hình 3 - 37b.

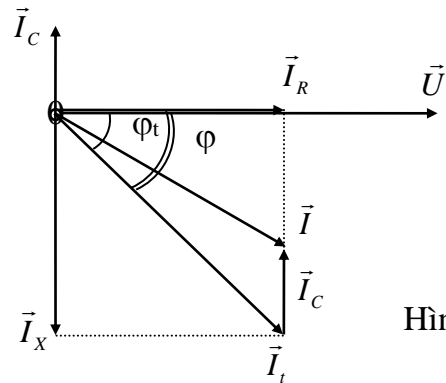
- Khi chưa mắc tụ điện bù, dòng điện qua phụ tải là I_t chậm sau điện áp 1 góc φ_t . Khi mắc tụ bù, thì dòng điện qua tụ vượt pha trước điện áp 1 góc 90° . Dòng điện từ nguồn qua đường dây là tổng của 2 dòng điện I_t và I_C :

$$\vec{I} = \vec{I}_t + \vec{I}_C.$$

Như vậy, dòng điện chậm pha sau điện áp 1 góc $\varphi < \varphi_t$, nghĩa là hệ số $\text{Cos}\varphi$ của nguồn và trên đường dây được nâng cao. Bằng cách tính toán tụ hợp lý ta có thể bù $\text{Cos}\varphi$ đến giá trị tùy ý song tối đa $\text{Cos}\varphi \approx 1$.



Hình 3-37a



Hình 3-37b

3.1.7. Giải mạch điện xoay chiều 1 pha dưới dạng phức

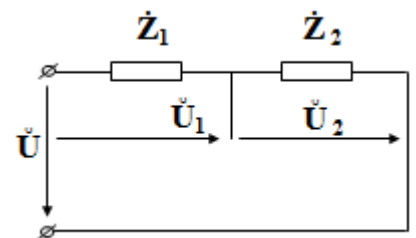
a. Khái niệm

Trong các mạch điện xoay chiều, ta dùng phương pháp giải tích mạch xoay chiều bằng cách thay thế sơ đồ thực bằng sơ đồ phức và thành lập phương trình các định luật dưới dạng phức.

b. Công thức tính

*. Mạch xoay chiều có trở kháng đầu nối tiếp

Cho mạch điện như hình 3- 38, để giải mạch ta áp dụng công thức tính:



Hình 3 - 38

+ Phức tổng trở:

$$\hat{Z}_1 = R_1 + jX_1; \hat{Z}_2 = R_2 + jX_2$$

$$\dot{Z}_{td} = R_n + jX_n \text{ (n là số trở kháng mắc nối tiếp)}$$

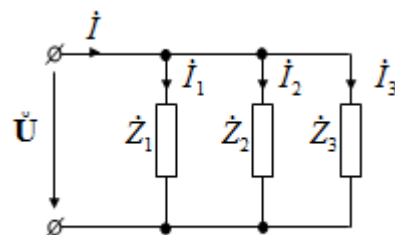
+ Điện áp :

$$\dot{U} = \dot{U}_1 + \dot{U}_2 + \dots + \dot{U}_n = \dot{I}_1 \dot{Z}_1 + \dot{I}_2 \dot{Z}_2 + \dots + \dot{I}_n \dot{Z}_n = \dot{I}(\dot{Z}_1 + \dot{Z}_2 + \dots + \dot{Z}_n) = \dot{I} \dot{Z}_{td}$$

$$+ \text{ Dòng điện: } \dot{i} = \frac{\dot{U}}{\dot{Z}_{td}}$$

*. Mạch xoay chiều có trở kháng đầu song song

Xét mạch điện gồm các trở kháng đầu song song đặt vào điện áp xoay chiều như hình 3- 39. Ta có:



Hình 3- 39

+ Phức tổng trở của các nhánh:

$$\dot{Z}_1 = R_1 + jX_1; \dot{Z}_2 = R_2 + jX_2; \dots; \dot{Z}_m = R_m + jX_m$$

m là số trở kháng mắc song song

+ Phức tổng dẫn của các nhánh:

$$\dot{Y}_1 = \frac{1}{\dot{Z}_1} = \frac{R_1}{R_1^2 + X_1^2} - j \frac{X_1}{R_1^2 + X_1^2}$$

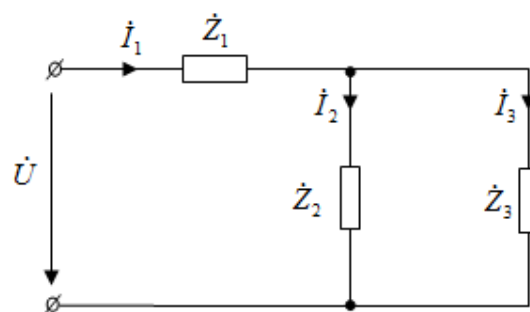
$$\dot{Y}_2 = \frac{1}{\dot{Z}_2} = \frac{R_2}{R_2^2 + X_2^2} - j \frac{X_2}{R_2^2 + X_2^2}$$

+ Dòng điện trong mỗi nhánh: $\dot{I}_1 = \frac{\dot{U}}{\dot{Z}_1} = \dot{U} \dot{Y}_1$; $\dot{I}_2 = \frac{\dot{U}}{\dot{Z}_2} = \dot{U} \dot{Y}_2$

+ Dòng điện nhánh chung: $\dot{I} = \dot{I}_1 + \dot{I}_2 + \dots + \dot{I}_m$

*. Mạch xoay chiều có trở kháng đầu hỗn hợp

+ Để giải mạch có trở kháng đầu hỗn hợp, ta thay thế các nhánh song song (Hình 3 - 40) bằng tổng



trở \dot{Z}_{23} (Hình 3 - 41).

+ Trên hình vẽ ta thay: \dot{Z}_2, \dot{Z}_3
bằng \dot{Z}_{23} .

- Với: $\dot{Z}_{23} = \frac{\dot{Z}_2 \dot{Z}_3}{\dot{Z}_2 + \dot{Z}_3}$

- Khi đó: $\dot{I}_1 = \frac{\dot{U}}{\dot{Z}_1 + \dot{Z}_{23}}$

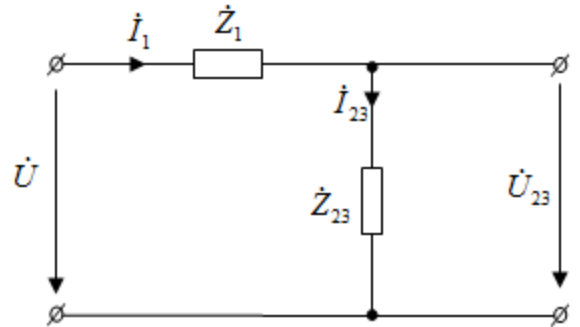
$$\dot{U}_1 = \dot{I}_1 \dot{Z}_1;$$

$$\dot{U}_{23} = \dot{I}_1 \cdot \dot{Z}_{23}$$

- Dòng ở các nhánh song song:

$$\dot{I}_2 = \dot{I}_1 \frac{\dot{Z}_3}{\dot{Z}_2 + \dot{Z}_3};$$

$$\dot{I}_3 = \dot{I}_1 \frac{\dot{Z}_2}{\dot{Z}_2 + \dot{Z}_3}$$



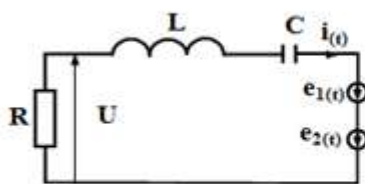
Hình 3-41

c. Giải mạch điện bằng phương pháp xếp chồng

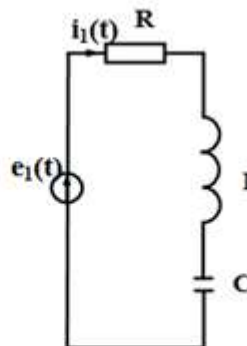
*. Phát biểu tính chất xếp chồng

+ Trong một mạch điện tuyến tính có chứa nhiều nguồn cùng tác động, nếu cho mỗi nguồn tác động riêng rẽ, (còn các nguồn khác thì triệt tiêu nhau gây nên nhánh nào đó một đáp ứng dòng điện hoặc điện áp thì tổng những đáp ứng ấy xếp chồng lại sẽ bằng đáp ứng ở trên nhánh đó gây bởi tác động của đồng thời tất cả các nguồn.

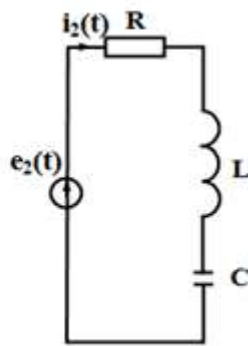
Ví dụ:



Hình 3 - 42a



Hình 3 - 42b



Hình 3 - 42c

Từ hình a, ta có:

$$R.i + L.\frac{di}{dt} + \frac{1}{C}\int i.dt = e_1 + e_2 \quad (a)$$

+ Trong toán học phương trình (a) có tính chất tuyến tính, có nghĩa là nó có tính chất xếp chồng với các nghiệm:

+ Nếu i_1, i_2 lần lượt nghiệm đúng với vế phải là e_1, e_2 và lúc đó nghiệm của phương trình (với vế phải là tổng của $e_1 + e_2$) sẽ là $i_1 + i_2$:

$$\begin{array}{r} R.i_1 + L\omega.i_1 + \frac{1}{C\omega}.i_1 = e_1 \quad (b) \\ + \\ R.i_2 + L\omega.i_2 + \frac{1}{C\omega}.i_2 = e_2 \quad (c) \\ \hline R.(i_1 + i_2) + L\omega.(i_1 + i_2) + \frac{1}{C\omega}.(i_1 + i_2) = e_1 + e_2 \end{array}$$

Nếu đáp ứng là điện áp:
$$\begin{cases} u_R = R.i = R.i_1 + R.i_2 = u_{R_1} + u_{R_2} \\ u_L = u_{L_1} + u_{L_2} \\ u_C = u_{C_1} + u_{C_2} \end{cases}$$

Chú ý:

- Trong mạch phi tuyến thì không có tính chất xếp chồng.
- Công suất không có tính chất xếp chồng, ta thấy p tỉ lệ với i^2 : $p = R.i^2$
- Việc triệt tiêu các nguồn với nguồn áp ta nối ngắn mạch, nguồn dòng ta làm hở mạch.

*. Ứng dụng tính chất xếp chồng để giải mạch điện

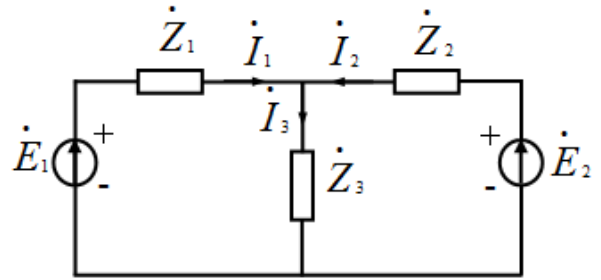
Phương pháp này rút ra từ tính chất cơ bản của hệ phương trình tuyến tính:

- Trường hợp trong mạch có nhiều nguồn tác động

+ Trong trường hợp này ta có thể dùng số phức tính riêng rẽ các đáp ứng rồi xếp chồng các đáp ứng dạng toán phức (bởi vì số phức được biểu diễn các

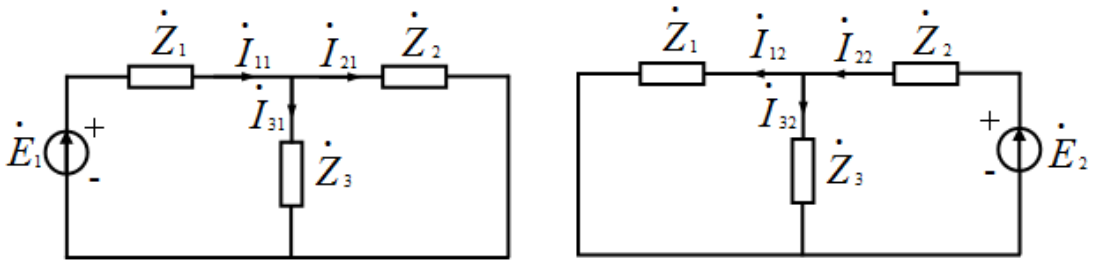
hàm điều hòa cùng tần số).

Ví dụ: Cho mạch điện như hình 3 - 43, bằng phương pháp xếp chồng hãy tính dòng điện trong các nhánh.



Hình 3 - 43

Ta có sơ đồ tương đương:



Sau khi tính được các dòng điện \dot{I}_{11} ; \dot{I}_{21} ; \dot{I}_{31} ; \dot{I}_{12} ; \dot{I}_{22} ; \dot{I}_{32} ; bằng phương pháp xếp chồng ta có:

$$\begin{cases} \dot{I} = \dot{I}_{11} - \dot{I}_{12} \\ \dot{I}_2 = \dot{I}_{22} - \dot{I}_{11} \\ \dot{I}_3 = \dot{I}_{31} + \dot{I}_{32} \end{cases}$$

*. Trường hợp trong mạch có nhiều nguồn nhưng không cùng tần số $e_1(\omega_1), e_2(\omega_2), \dots, e_k(\omega_k)$.

Ta muốn tìm các đáp ứng dòng điện và điện áp do từng nguồn riêng rẽ sinh ra thì ta cũng có thể dùng số phức để tính $\dot{I}_1(\omega_1), \dot{I}_1(\omega_2), \dot{I}_2(\omega_1), \dot{I}_2(\omega_2) \dots$

Sau đó xếp chồng kết quả và chỉ có thể tính được dưới dạng tức thời:

$$i_1 = i_1(\omega_1) + i_2(\omega_2) + \dots$$

3.2 Giải mạch điện xoay chiều ba pha

3.2.1. Nối cuộn dây máy phát điện thành hình sao

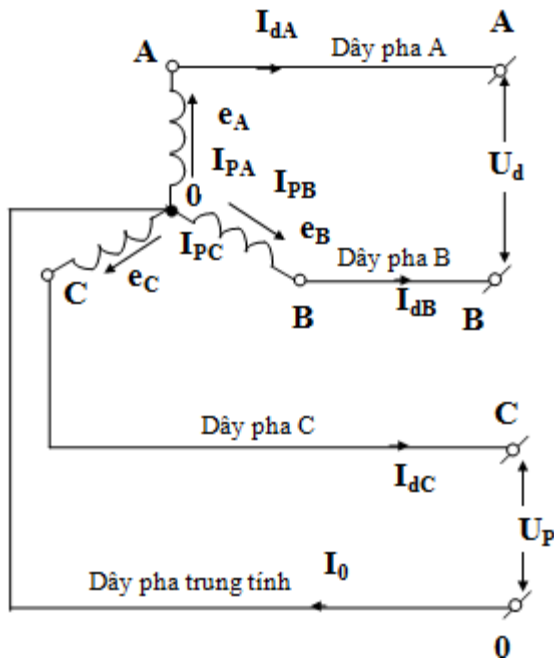
a. Các định nghĩa

- Nối các cuộn dây máy phát điện thành hình sao là đấu 3 đầu cuối X, Y, Z tại một điểm chung gọi là điểm trung tính, ký hiệu: 0.

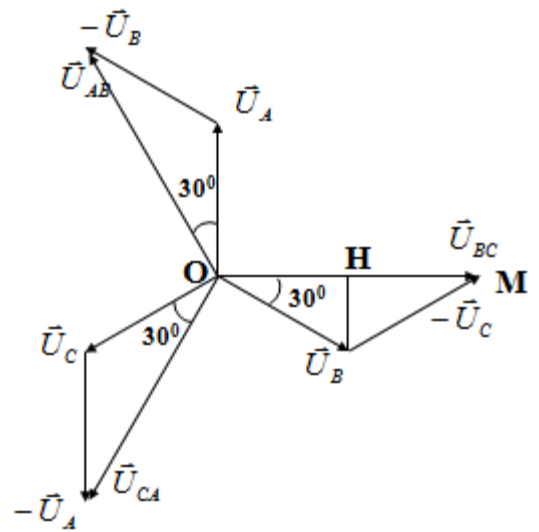
- Dây dẫn nối các đầu đầu: A, B, C gọi là dây pha, dây dẫn nối với điểm trung tính gọi là dây trung tính (Hình 3 - 44).

- Nếu mạch chỉ có 3 dây pha gọi là mạch 3 pha 3 dây. Nếu có thêm dây trung tính gọi là mạch 3 pha 4 dây.

- Dòng điện đi trên dây pha gọi là dòng điện dây, ký hiệu: I_d .



Hình 3 - 44



Hình 3 - 45

- Dòng điện đi trong các cuộn dây pha gọi là dòng điện pha, ký hiệu: I_p .
Dòng điện đi trên trung tính ký hiệu: I_0 .

- Điện áp giữa 2 đầu cuộn dây pha gọi là điện áp pha, ký hiệu: U_p . Đó cũng chính là điện áp giữa dây pha với dây trung tính: U_A, U_B, U_C .

- Điện áp giữa 2 đầu đầu của 2 cuộn dây pha hay giữa 2 dây pha với nhau gọi là điện áp dây, ký hiệu: $U_d (U_{AB}, U_{BC}, U_{CA})$.

b. Mối quan hệ giữa các đại lượng dây và pha

+ Trong sơ đồ đầu dây (Hình 4 - 44) ta thấy dòng điện trong các cuộn dây pha chính là dòng điện đi trên dây pha tương ứng: $I_{PA} = I_{dA}$, $I_{PB} = I_{dB}$, $I_{PC} = I_{dC} \Rightarrow I_P = I_d$

+ Điện áp dây bằng hiệu hai điện áp pha tương ứng:

$$\vec{U}_{AB} = \vec{U}_A - \vec{U}_B, \quad \vec{U}_{BC} = \vec{U}_B - \vec{U}_C, \quad \vec{U}_{CA} = \vec{U}_C - \vec{U}_A$$

+ Thực hiện cộng trừ véc tơ ta được hình 3 - 45. Từ đồ thị ta thấy:

- Điện áp dây vượt pha trước điện áp pha 1 góc 30°

- Về trị số: Xét tam giác OMN có: $ON = MN = U_B = U_C = U_p$

\Rightarrow tam giác OMN là tam giác cân có góc ở đáy bằng 30° , hạ đường cao NH $\Rightarrow 2OH = OM = U_{BC} = U_d$

Từ tam giác vuông OHN ta có:

$$OH = ON \cdot \cos 30^\circ = U_B \cos 30^\circ = U_p \cos 30^\circ = \frac{\sqrt{3}}{2} U_p$$

$$\text{Do đó: } U_d = 2OH = 2 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} U_p = \sqrt{3} U_p$$

Kết luận: Trong hệ điện áp 3 pha đầu sao đối xứng trị số điện áp dây gấp $\sqrt{3}$ điện áp pha:

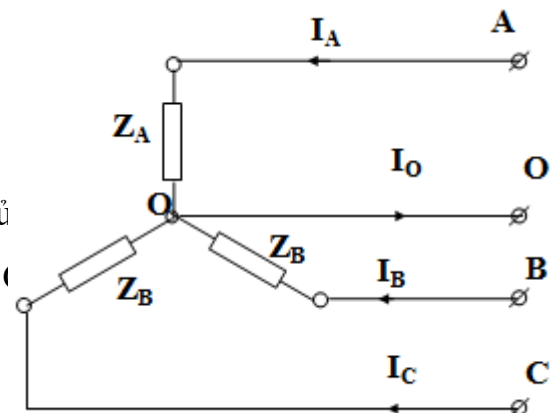
$$U_d = \sqrt{3} U_p \Rightarrow U_p = \frac{U_d}{\sqrt{3}}$$

3.2.2. Mạch phụ tải ba pha đầu hình sao

a. Đại cương về cách đấu hình sao

Phụ tải 3 pha đầu sao là nối 3 đầu cuối của ba cuộn dây tải lại với nhau tại điểm trung tính, ký hiệu: O. Ba đầu A, B, C của nguồn.

Phụ tải 3 pha của mạch cân



Hình 3 - 46

bằng thường chỉ dùng 3 dây pha.

Nếu phụ tải 3 pha không cân bằng, không đối xứng, hay dễ xảy ra mất đối xứng thì phải dùng dây trung tính gọi là mạch 3 pha 4 dây.

Mạch 3 pha 4 dây thì trung tính (O) của phụ tải nối với trung tính của nguồn (O). (phụ tải chiếu sáng, phục vụ sinh hoạt)

+ Mạch phụ tải 3 pha đối xứng và mạch 3 pha 4 dây thì điện áp 3 pha luôn luôn đối xứng và có quan hệ:

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

b. Mạch 3 pha đầu sao đối xứng

+ Mạch phụ tải 3 pha đầu sao có các thành phần trở kháng các pha như nhau gọi là phụ tải 3 pha đầu sao đối xứng:

- Trở kháng tác dụng: $R_A = R_B = R_C = R$

- Trở kháng phản kháng: $X_A = X_B = X_C = X$

\Rightarrow Trở kháng toàn phần (Tổng trở): $Z_A = Z_B = Z_C = Z$

+ Nếu đặt vào mạch hệ điện áp 3 pha đối xứng thì hệ dòng điện 3 pha cũng đối xứng: $I_{PA} = I_{PB} = I_{PC} = I_P = \frac{U_P}{Z}$

+ Dòng điện các pha lệch pha so với điện áp pha tương ứng các góc: $\varphi_A = \varphi_B = \varphi_C = \varphi$ và được xác định bởi $tg\varphi = tg\varphi_A = tg\varphi_B = tg\varphi_C = \frac{X}{R}$ (Hình 3 - 47)

+ Phương trình của dòng điện 3 pha:

$$i_A = I_m \sin(\omega t - \psi_A)(A)$$

$$i_B = I_m \sin(\omega t - 120^\circ - \psi_B)(A)$$

$$i_C = I_m \sin(\omega t - 240^\circ - \psi_C)(A)$$

+ Áp dụng định luật Kiéc Khốp I cho điểm trung tính ta có: $\vec{I}_A + \vec{I}_B + \vec{I}_C = \vec{I}_0$.
Thực hiện cộng véc tơ ta được hình 3 - 48:

Xét tam giác OAB có OA = AB = BO do đó tam giác OAB là tam giác đều. Khi đó ta có: $\vec{I}_A + \vec{I}_B + \vec{I}_C + \vec{I}_0 = 0$. Nghĩa là trong mạch phụ tải 3 pha đấu sao đối xứng, dòng điện trong dây trung tính bằng 0.

Vì vậy đối với mạch này ta có thể bỏ dây trung tính tạo thành mạch 3 pha 3 dây. (Động cơ điện 3 pha, lò điện 3pha...)

+ Công suất trong mạch:

- Công suất tác dụng 1 pha: $P = U_p I_p \cos \varphi = I_p^2 R (W)$

- Công suất tác phản kháng 1 pha: $Q = U_p I_p \sin \varphi = I_p^2 X (VAR)$

- Công suất biểu kiến 1 pha: $S = U_p I_p = I_p^2 Z (VA)$

Từ đó suy ra công suất 3 pha:

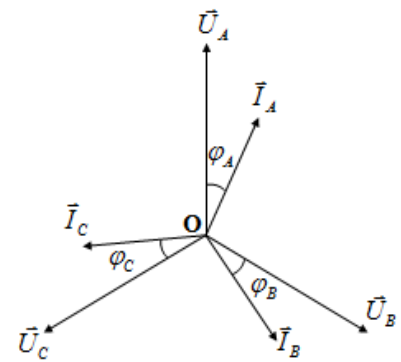
$$P_{3P} = 3P = 3U_p I_p \cos \varphi = \sqrt{3} U_d I_d \cos \varphi = 3I_p^2 R (W)$$

$$Q_{3P} = 3Q = 3U_p I_p \sin \varphi = \sqrt{3} U_d I_d \sin \varphi = 3I_p^2 X (VAR)$$

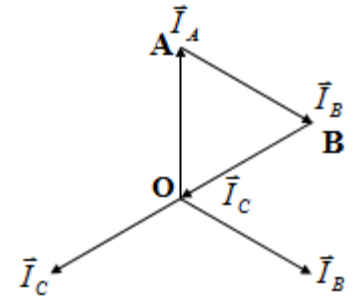
$$S_{3P} = 3S = 3U_p I_p = \sqrt{3} U_d I_d = 3I_p^2 Z (VA)$$

c. Mạch 3 pha đấu sao không đối xứng

+ Mạch phụ tải 3 pha đấu sao có các thành phần trở kháng các pha không bằng nhau gọi là phụ tải 3 pha đấu sao không đối xứng:



Hình 3 - 47



Hình 3 - 48

- Trở kháng tác dụng: $R_A \neq R_B \neq R_C$

- Trở kháng phản kháng: $X_A \neq X_B \neq X_C$

\Rightarrow Trở kháng toàn phần (Tổng trở): $Z_A \neq Z_B \neq Z_C$

+ Khi phụ tải 3 pha không đối xứng thì hệ dòng điện 3 pha cũng không đối xứng và dòng điện trong dây trung tính sẽ khác 0: $\vec{I}_A + \vec{I}_B + \vec{I}_C = \vec{I}_0 \neq 0$

Thông thường dòng điện trong dây trung tính nhỏ hơn các dòng điện pha nên dây trung tính có tiết diện nhỏ hơn dây pha.

+ Tính toán các thông số của mạch này phải tính toán riêng từng pha.

- Dòng điện các pha:

$$I_A = \frac{U_P}{Z_A} = \frac{U_P}{\sqrt{R_A^2 + X_A^2}} \text{ (A)}; \quad I_B = \frac{U_P}{Z_B} = \frac{U_P}{\sqrt{R_B^2 + X_B^2}} \text{ (A)};$$

$$I_C = \frac{U_P}{Z_C} = \frac{U_P}{\sqrt{R_C^2 + X_C^2}} \text{ (A)}$$

- Dòng điện các pha lệch pha so với điện áp pha tương ứng các góc là:

$$\varphi_A; \varphi_B; \varphi_C, \text{ được xác định bởi: } \operatorname{tg} \varphi_A = \frac{X_A}{R_A}; \operatorname{tg} \varphi_B = \frac{X_B}{R_B}; \operatorname{tg} \varphi_C = \frac{X_C}{R_C};$$

- Công suất 3 pha được tính như sau:

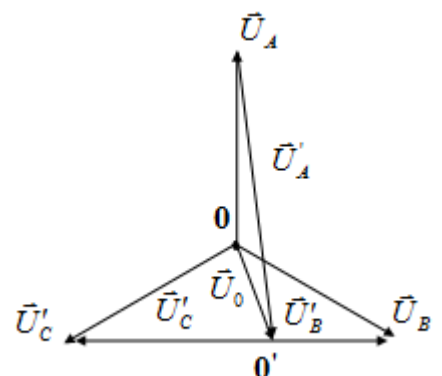
$$P_{3P} = P_A + P_B + P_C = U_A I_A \cos \varphi_A + U_B I_B \cos \varphi_B + U_C I_C \cos \varphi_C$$

$$Q_{3P} = Q_A + Q_B + Q_C = U_A I_A \sin \varphi_A + U_B I_B \sin \varphi_B + U_C I_C \sin \varphi_C$$

$$S_{3P} = S_A + S_B + S_C = U_A I_A + U_B I_B + U_C I_C$$

+ Tác dụng của dây trung tính:

- Dây trung tính trong mạch 3 pha 4 dây ngoài tác dụng giữ cho điện áp pha luôn đối xứng, còn cho phép ta sử dụng được 2 cấp điện áp: U_p và U_d .



- Nếu mạch 3 pha 4 dây bị đứt dây trung tính, khi đó do dòng điện 3 pha không cân bằng nên độ sụt áp trên đường dây các pha không bằng nhau, dẫn đến điện áp trên phụ tải pha sẽ mất đối xứng.

Pha nào có dòng điện nhỏ hơn, điện áp sẽ tăng vượt quá trị số định mức, cá biệt có trường hợp bằng điện áp dây (khi 1 pha bị đứt). Các phụ tải nối vào pha đó dễ bị cháy, hư hỏng.

Ngược lại pha nào dòng điện lớn thì điện áp sẽ giảm nhỏ hơn điện áp định mức dẫn tới làm việc dưới mức bình thường, thậm chí không làm việc được.

Do đó, đối với mạch phụ tải 3 pha không đối xứng bao giờ cũng phải có dây trung tính. Để dây trung tính không bị đứt người ta quy định không được đặt cầu chì, cầu dao ở dây trung tính. Đồ thị véc tơ điện áp pha khi bị đứt 1 pha như hình 3- 49

3.2.3. Mạch phụ tải ba pha đấu tam giác

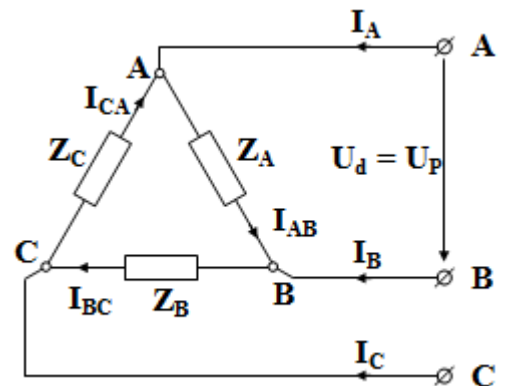
a. Đại cương về cách đấu tam giác

+ Phụ tải 3 pha nối tam giác là cách nối: cuối của pha này nối với đầu của pha kia theo thứ tự: AXB, BYC, CZA. Như vậy, phụ tải 3 pha sẽ tạo thành một mạch vòng tam giác kín (Hình 3-50). Ba đầu A, B, C nối với 3 dây pha của nguồn.

+ Từ sơ đồ đấu dây cho thấy trong mạch phụ tải 3 pha đấu tam giác thì điện áp dây bằng điện áp pha:

$$U_d = U_p.$$

+ Hệ sức điện động 3 pha của máy phát điện hoàn toàn đối xứng nên hệ điện áp 3 pha đặt vào phụ tải cũng đối xứng và có dạng hình sin.



Hình 3 - 50

$\Rightarrow \vec{U}_{AB} = \vec{U}_{BC} = \vec{U}_{CA} = 0$ (Hình 3- 51)

b. Mạch 3 pha đầu tam giác không đối xứng

+ Là mạch phụ tải 3 pha đầu tam giác có các thành phần trở kháng các pha không bằng nhau:

$$\left. \begin{matrix} R_A \neq R_B \neq R_C \\ X_A \neq X_B \neq X_C \end{matrix} \right\} \Rightarrow Z_A \neq Z_B \neq Z_C$$

+ Khi phụ tải không đối xứng thì dòng điện đi trên các pha cũng không bằng nhau:

$$I_{AB} = \frac{U_{AB}}{Z_A} \neq I_{BC} = \frac{U_{BC}}{Z_B} \neq I_{CA} = \frac{U_{CA}}{Z_C}$$

+ Dòng điện các pha lệch pha so với điện áp pha tương ứng các góc là: $\varphi_A; \varphi_B; \varphi_C$, được xác định bởi:

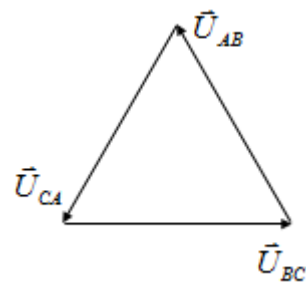
$$\operatorname{tg} \varphi_A = \frac{X_A}{R_A}; \operatorname{tg} \varphi_B = \frac{X_B}{R_B}; \operatorname{tg} \varphi_C = \frac{X_C}{R_C};$$

(Hình 3-52)

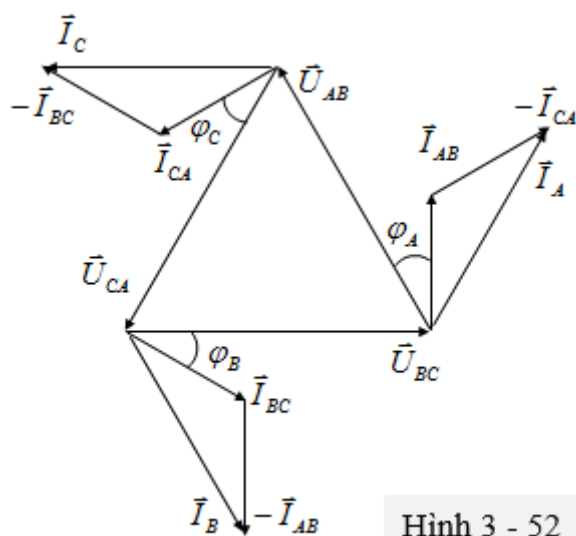
+ Áp dụng định luật Kiéc Khốp I cho các điểm nút A, B, C ta thấy dòng điện đi trên mỗi dây pha được xác định:

$$\vec{I}_A = \vec{I}_{AB} - \vec{I}_{CA}; \vec{I}_B = \vec{I}_{BC} - \vec{I}_{AB}; \vec{I}_C = \vec{I}_{CA} - \vec{I}_{BC}$$

Như vậy, véc tơ dòng điện dây bằng hiệu 2 véc tơ dòng điện pha tương ứng nối chung tại điểm nút đó, thực hiện cộng trừ véc tơ ta được hình 3 - 52.



Hình 3 - 51



Hình 3 - 52

+ Công suất: Do phụ tải 3 pha không cân bằng nên công suất các pha không bằng nhau, do đó công suất 3 pha bằng tổng 3 công suất 1 pha:

$$P_{3P} = P_A + P_B + P_C = U_{AB}I_{AB}\cos\varphi_A + U_{BC}I_{BC}\cos\varphi_B + U_{CA}I_{CA}\cos\varphi_C$$

$$Q_{3P} = Q_A + Q_B + Q_C = U_{AB}I_{AB}\sin\varphi_A + U_{BC}I_{BC}\sin\varphi_B + U_{CA}I_{CA}\sin\varphi_C$$

$$S_{3P} = S_A + S_B + S_C = U_{AB}I_{AB} + U_{BC}I_{BC} + U_{CA}I_{CA}$$

c. Mạch 3 pha đầu tam giác đối xứng

+ Là mạch phụ tải 3 pha đầu tam giác có các thành phần trở kháng các pha bằng nhau:

$$\left. \begin{array}{l} R_A = R_B = R_C = R \\ X_A = X_B = X_C = X \end{array} \right\} \Rightarrow Z_A = Z_B = Z_C = Z$$

+ Vì hệ điện áp 3 pha đặt vào mạch là đối xứng: $U_{AB} = U_{BC} = U_{CA} = U_d = U_p$

+ Nên dòng điện 3 pha cũng đối xứng và được xác định:

$$I_{AB} = I_{BC} = I_{CA} = \frac{U_p}{Z}$$

+ Áp dụng định luật Kiéc khốp I tại các điểm nút A, B, C thì dòng điện trên các dây pha được xác định:

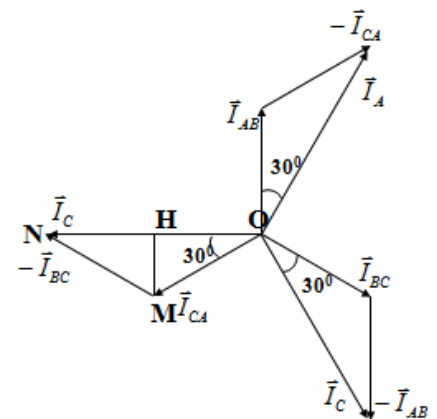
$\vec{I}_A = \vec{I}_{AB} - \vec{I}_{CA}; \vec{I}_B = \vec{I}_{BC} - \vec{I}_{AB}; \vec{I}_C = \vec{I}_{CA} - \vec{I}_{BC}$ Thực hiện cộng trừ đồ thị véc tơ ta được hình 3-52. Từ đồ thị véc tơ ta thấy:

- Dòng điện dây chậm pha sau dòng điện pha 1 góc 30°

- Về trị số: Xét tam giác OMN có: $OM = MN = I_{CA} = I_{BC} = I_{AB} = I_p$

\Rightarrow tam giác OMN là tam giác cân có góc ở đáy bằng 30° , hạ đường cao MH $\Rightarrow 2OH = ON = I_C = I_B = I_A = I_d$

Từ tam giác vuông OHM ta có:



Hình 3 - 53

$$OH = OM \cdot \cos 30^\circ = I_C \cos 30^\circ = I_p \cos 30^\circ = \frac{\sqrt{3}}{2} I_p$$

$$\text{Do đó: } I_d = 2OH = 2 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} I_p = \sqrt{3} I_p$$

Kết luận: Trong mạch phụ tải ba pha đấu tam giác đối xứng, dòng điện dây gấp $\sqrt{3}$ lần dòng điện pha, dòng điện dây chậm pha sau dòng điện pha một góc 30° .

+ Công suất trong mạch:

$$\text{- Công suất tác dụng 1 pha: } P = U_p I_p \cos \varphi = I_p^2 R (W)$$

$$\text{- Công suất tác phản kháng 1 pha: } Q = U_p I_p \sin \varphi = I_p^2 X (VAR)$$

$$\text{- Công suất biểu kiến 1 pha: } S = U_p I_p = I_p^2 Z (VA)$$

Từ đó suy ra công suất 3 pha:

$$P_{3P} = 3P = 3U_p I_p \cos \varphi = \sqrt{3} U_d I_d \cos \varphi = 3I_p^2 R (W)$$

$$Q_{3P} = 3Q = 3U_p I_p \sin \varphi = \sqrt{3} U_d I_d \sin \varphi = 3I_p^2 X (VAR)$$

$$S_{3P} = 3S = 3U_p I_p = \sqrt{3} U_d I_d = 3I_p^2 Z (VA)$$

3.2.4. Giải mạch điện ba pha dưới dạng phức

a. Mạch 3 pha đấu sao

$$\text{+ Hệ điện áp 3 pha đối xứng: } \dot{U}_A = U e^{j0^\circ}; \dot{U}_B = U e^{-j120^\circ}; \dot{U}_C = U e^{j120^\circ}$$

$$\text{+ Tổng trở phức của mạch: } \dot{Z}_A = R_A + jX_A; \dot{Z}_B = R_B + jX_B; \\ \dot{Z}_C = R_C + jX_C$$

+ Trong mạch 3 pha đấu sao trị số dòng điện dây bằng dòng điện pha và được xác định:

$$\dot{I}_A = \frac{\dot{U}_A}{\dot{Z}_A}; \dot{I}_B = \frac{\dot{U}_B}{\dot{Z}_B}; \dot{I}_C = \frac{\dot{U}_C}{\dot{Z}_C}$$

$$\text{+ Nếu } \dot{I}_A = I_A e^{j0^\circ} \text{ thì } \dot{I}_B = I_B e^{-j120^\circ}; \dot{I}_C = I_C e^{-j240^\circ}. \text{ Khi đó:}$$

$$\dot{I}_0 = \dot{I}_A + \dot{I}_B + \dot{I}_C$$

- Đối với mạch đấu sao đối xứng:

$$\dot{I}_0 = \dot{I}_A + \dot{I}_B + \dot{I}_C = \dot{I}_A (1 + e^{-j120^\circ} + e^{-j240^\circ}) = 0$$

- Đối với mạch đấu sao không đối xứng: $\dot{I}_0 = \dot{I}_A + \dot{I}_B + \dot{I}_C \neq 0$

+ Công suất của mạch:

- Công suất một pha:

$$\dot{S}_A = \dot{U}_A \dot{I}_A^* = U_A e^{j\psi_u} I_A e^{-j\psi_A} = U_A I_A e^{j(\psi_u - \psi_i)} = U_A I_A e^{j\psi} = S_A \cos\varphi + jS_A \sin\varphi = P_A + jQ_A \text{ (VA)}$$

$$\dot{S}_B = \dot{U}_B \dot{I}_B^* = U_B e^{j\psi_u} I_B e^{-j\psi_B} = U_B I_B e^{j(\psi_u - \psi_i)} = U_B I_B e^{j\psi} = S_B \cos\varphi + jS_B \sin\varphi = P_B + jQ_B \text{ (VA)}$$

$$\dot{S}_C = \dot{U}_C \dot{I}_C^* = U_C e^{j\psi_u} I_C e^{-j\psi_C} = U_C I_C e^{j(\psi_u - \psi_i)} = U_C I_C e^{j\psi} = S_C \cos\varphi + jS_C \sin\varphi = P_C + jQ_C \text{ (VA)}$$

Phức công suất có môđun bằng công suất toàn phần của mạch và Argument bằng góc lệch pha giữa dòng điện và điện áp của mạch.

Phức công suất có phần thực là công suất tác dụng và phần ảo là công suất phản kháng.

- Công suất của mạch tính cho 3 pha:

Nếu là mạch đấu sao đối xứng thì công suất 3 pha được tính bằng 3 lần công suất 1 pha. Nếu là mạch đấu sao không đối xứng thì công suất 3 pha được tính bằng tổng công suất của các pha.

b. Mạch 3 pha đấu tam giác

+ Hệ điện áp 3 pha đối xứng:

$$\dot{U}_{AB} = U e^{j0}; \quad \dot{U}_{BC} = U e^{-j120^\circ}; \quad \dot{U}_{CA} = U e^{j120^\circ}$$

+ Tổng trở phức của mạch

$$\dot{Z}_{AB} = R_{AB} + jX_{AB}; \quad \dot{Z}_{BC} = R_{BC} + jX_{BC}; \quad \dot{Z}_{CA} = R_{CA} + jX_{CA}$$

+ Dòng điện các pha: $\dot{I}_{AB} = \frac{\dot{U}_{AB}}{\dot{Z}_{AB}}; \quad \dot{I}_{BC} = \frac{\dot{U}_{BC}}{\dot{Z}_{BC}}; \quad \dot{I}_{CA} = \frac{\dot{U}_{CA}}{\dot{Z}_{CA}}$

+ Dòng điện trên đường dây: $\dot{I}_A = \dot{I}_{AB} - \dot{I}_{CA}$; $\dot{I}_B = \dot{I}_{BC} - \dot{I}_{AB}$; $\dot{I}_C = \dot{I}_{CA} - \dot{I}_{BC}$

+ Công suất của mạch:

- Công suất một pha:

$$\dot{S}_A = \dot{U}_{AB} \dot{I}_{AB}^* = U_{AB} e^{j\psi_u} I_{AB} e^{-j\psi_A} = U_{AB} I_{AB} e^{j(\psi_u - \psi_i)} = U_{AB} I_{AB} e^{j\psi} = S_A \cos\varphi + jS_A \sin\varphi = P_A + jQ_A \text{ (VA)}$$

$$\dot{S}_B = \dot{U}_{BC} \dot{I}_{BC}^* = U_{BC} e^{j\psi_u} I_{BC} e^{-j\psi_B} = U_{BC} I_{BC} e^{j(\psi_u - \psi_i)} = U_{BC} I_{BC} e^{j\psi} = S_B \cos\varphi + jS_B \sin\varphi = P_B + jQ_B \text{ (VA)}$$

$$\dot{S}_C = \dot{U}_{CA} \dot{I}_{CA}^* = U_{CA} e^{j\psi_u} I_{CA} e^{-j\psi_C} = U_{CA} I_{CA} e^{j(\psi_u - \psi_i)} = U_{CA} I_{CA} e^{j\psi} = S_C \cos\varphi + jS_C \sin\varphi = P_C + jQ_C \text{ (VA)}$$

Phức công suất có môđun bằng công suất toàn phần của mạch và Argument bằng góc lệch pha giữa dòng điện và điện áp của mạch.

Phức công suất có phần thực là công suất tác dụng và phần ảo là công suất phản kháng.

- Công suất của mạch tính cho 3 pha:

Nếu là mạch đấu sao đối xứng thì công suất 3 pha được tính bằng 3 lần công suất 1 pha. Nếu là mạch đấu sao không đối xứng thì công suất 3 pha được tính bằng tổng công suất của các pha.

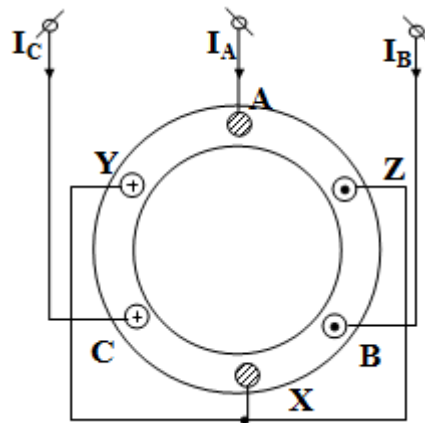
3.2.5. Từ trường quay ba pha

a. Sự hình thành từ trường quay

+ Một trong những đặc điểm quan trọng nhất của hệ thống điện 3 pha là tạo ra từ trường quay 3 pha.

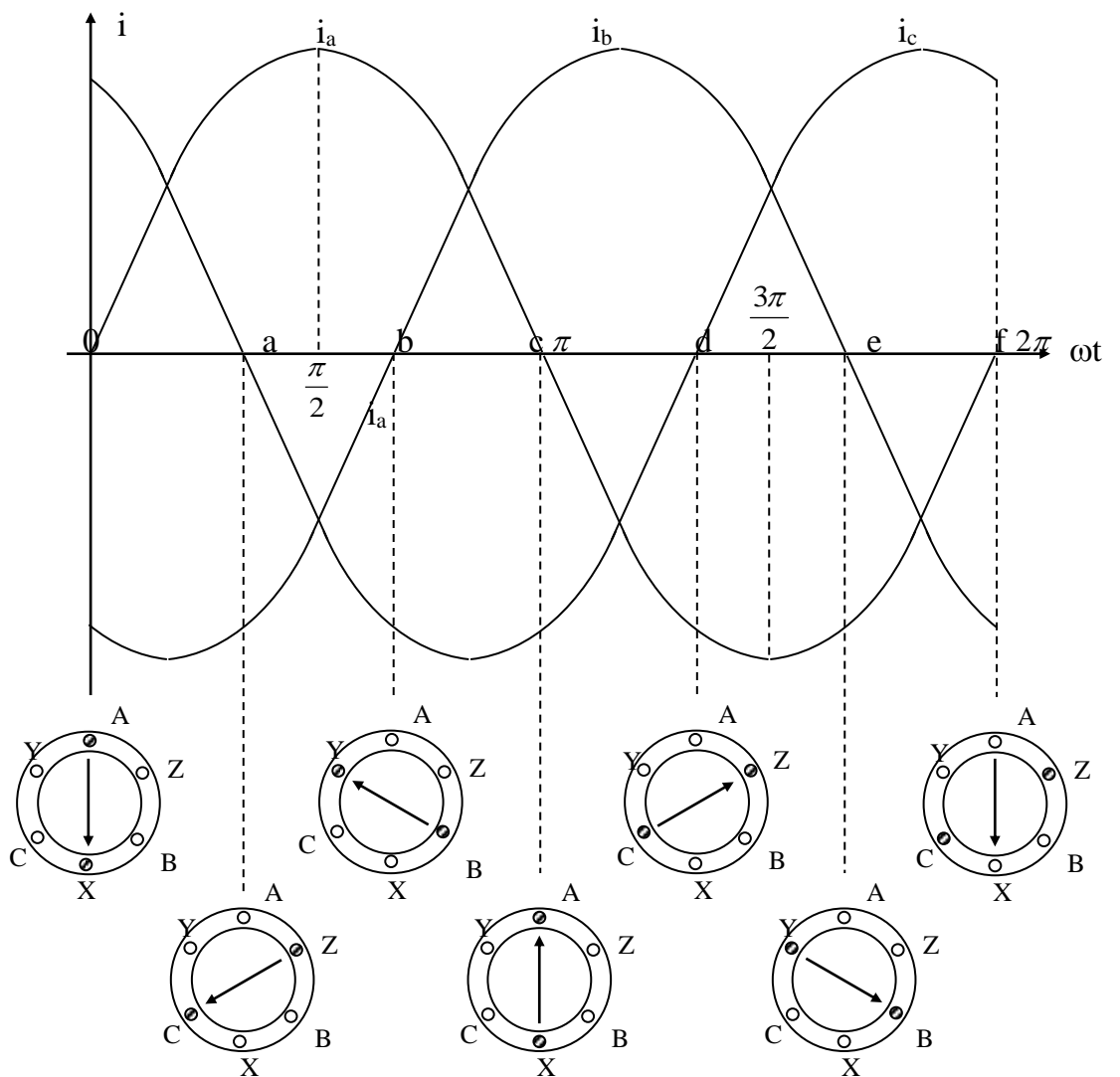
+ Về nguyên tắc cấu tạo gồm có: 3 cuộn dây AX, BY, CZ đặt lệch nhau 120° trong không gian trong các rãnh của lõi thép mạch từ, 3 cuộn dây có thể đấu sao hoặc tam giác và đưa vào 3 cuộn dây 1 hệ dòng điện 3 pha đối xứng (Hình 3 - 54).

+ Nếu đưa dòng điện xoay chiều một pha vào 1 cuộn dây riêng biệt thì từ trường của dòng điện trong cuộn dây đó luôn luôn có phương song song với trục cuộn dây và có trị số và chiều luôn thay đổi theo thời gian.



Hình 3 - 54

Khi thì đạt cực đại dương, khi bằng 0, sau đó đổi chiều và đạt cực đại âm, rồi lại về 0, từ trường đó được gọi là từ trường đập mạch.



Hình 3- 55

+ Giả sử ta có hệ dòng điện 3 pha:

$$i_A = I_m \sin \omega t (A);$$

$$i_B = I_m \sin(\omega t - 120^\circ)(A);$$

$$i_C = I_m \sin(\omega t - 240^\circ)(A)$$

+ Biểu diễn dưới dạng đồ thị hình sin ta được hình 4 - 14.

+ Lần lượt xét từ trường tổng ở từng thời điểm: 0, a, b, c, d, e, f như hình 4-14 ta thấy: Từ trường tổng hợp của dòng điện trong 3 cuộn dây quay theo thời gian. Khi dòng điện thực hiện được một chu kỳ thì từ trường tổng hợp quay được 1 vòng (trường hợp máy có hai cực như hình vẽ 3- 55).

+ Khi đổi pha của hệ dòng điện 3 pha thì chiều quay của từ trường tổng hợp cũng thay đổi.

c. Ứng dụng

Một trong những ứng dụng quan trọng nhất của từ trường quay là chế tạo động cơ điện không đồng bộ 3 pha.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Đặng Văn Đào, Lê Văn Doanh - *Kỹ thuật điện* - NXB Khoa học và Kỹ thuật - 2003.
- [2] TOMAT HAIAC, HUBE MELUZIN, IOZEP BECNAT (Dương Duy Hoạt, Bùi Huy Phùng dịch) - *Tính toán kỹ thuật điện đơn giản* - NXB Khoa học và kỹ thuật - 1998
- [3] Phạm Thị Cư (chủ biên) - *Mạch điện 1* - NXB Giáo dục - 2006.
- [4] Phạm Thị Cư - *Bài tập mạch điện 1* - Trường Đại học Kỹ thuật TP HCM - 2006.
- [5] Nguyễn Bình Thành - *Cơ sở lý thuyết mạch điện* - Đại học Bách khoa Hà Nội - 2001.
- [6] Hoàng Hữu Thuận - *Bài tập Kỹ thuật điện đại cương* - NXB Đại học và Trung học chuyên nghiệp - Hà Nội - 1999.