

BỘ NÔNG NGHIỆP VÀ PHÁT TRIỂN NÔNG THÔN
TRƯỜNG CAO ĐẲNG CƠ GIỚI



GIÁO TRÌNH
MÔN HỌC: CƠ SỞ KỸ THUẬT ĐIỆN
NGHỀ: KỸ THUẬT MÁY LẠNH VÀ ĐIỀU HÒA
KHÔNG KHÍ
TRÌNH ĐỘ: TRUNG CẤP

*Ban hành kèm theo Quyết định số: / QĐ-CĐCG-KT&KDCL ngày
tháng..... năm của Hiệu trưởng trường Cao đẳng Cơ giới.*

*Quảng Ngãi, năm
(Lưu hành nội bộ)*

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 MỞ ĐẦU

Cùng với công cuộc đổi mới công nghiệp hóa và hiện đại hóa đất nước, kỹ thuật lạnh đang phát triển mạnh mẽ ở Việt Nam. Tủ lạnh, máy lạnh thương nghiệp, công nghiệp, điều hòa nhiệt độ đã trở nên quen thuộc trong đời sống và sản xuất. Các hệ thống máy lạnh và điều hòa không khí phục vụ trong đời sống và sản xuất như: chế biến, bảo quản thực phẩm, bia, rượu, in ấn, điện tử, thông tin, y tế, thể dục thể thao, du lịch... đang phát huy tác dụng thúc đẩy mạnh mẽ nền kinh tế, đời sống đi lên.

Cùng với sự phát triển kỹ thuật lạnh, việc đào tạo phát triển đội ngũ kỹ thuật viên lành nghề được Đảng, Nhà trường và mỗi công dân quan tâm sâu sắc để có thể làm chủ được máy móc, trang thiết bị của nghề.

Nghề Kỹ thuật máy lạnh và điều hòa không khí là một trong những chuyên ngành của ngành điện.

Cơ sở kỹ thuật điện là môn học cơ sở trong chương trình đào tạo trình độ Trung cấp nghề và Cao đẳng nghề Kỹ thuật máy lạnh và điều hòa không khí. Việc học tập tốt môn học này giúp học sinh, sinh viên có điều kiện để tiếp thu nội dung các kiến thức, kỹ năng chuyên môn phần điện của nghề tiếp theo.

Giáo trình này được thiết kế theo môn học thuộc hệ thống môn học MH08 của chương trình đào tạo nghề Kỹ thuật máy lạnh và điều hòa không khí ở cấp trình độ trung cấp nghề và được dùng làm giáo trình cho học viên trong các khóa đào tạo, sau khi học tập xong môn học này, học viên có đủ kiến thức để học tập tiếp các môn học, mô đun khác của nghề.

Quảng Ngãi, ngày tháng..... năm

Tham gia biên soạn

1. Ngô Thị Bích Tần

Chủ biên

2.

MỤC LỤC

NỘI DUNG	TRANG
Lời mở đầu	2
Mục lục	3
Giáo trình môn học	4
Chương 1: Mạch điện 1 chiều	11
1. Khái niệm dòng 1 chiều	12
2. Các phần tử của mạch điện	14
3. Các định luật cơ bản của mạch điện	18
4. Công và công suất	20
5. Phương pháp biến đổi tương đương.	22
Chương 2: Từ trường	26
1. Khái niệm về từ trường	27
2. Các đại lượng từ cơ bản	29
3. Lực điện từ	31
4. Vật liệu sắt từ	35
Chương 3: Cảm ứng điện từ	36
1. Hiện tượng cảm ứng điện từ	37
2. Nguyên tắc biến cơ năng thành điện năng	40
3. Nguyên tắc biến điện năng thành cơ năng	40
4. Hiện tượng tự cảm	41
5. Hiện tượng hồ cảm	43
6. Dòng điện Foucault (xoáy)	45
Chương 4: Mạch điện xoay chiều hình sin 1 pha	47
1. Khái niệm về dòng điện hình sin	48
2. Các thông số đặc trưng cho	48
3. Biểu thị các lượng hình sin bằng đồ thị véc tơ	50
4. Mạch hình sin thuần trở	54
5. Mạch hình sin thuần điện cảm	55
6. Mạch hình sin thuần điện dung	57
7. Mạch điện R- L- C nối tiếp	59
Chương 5: Mạch điện xoay chiều hình sin 3 pha	66
1. Khái quát về mạch điện hình sin 3 pha	68
2. Cách nối dây MFĐ 3 pha hình sao (Y)	70
3. Cách nối dây MFĐ 3pha hình tam giác (Δ)	73
4. Từ trường đập mạch - Từ trường quay.	75
5. Bài tập ứng dụng	81
TÀI LIỆU THAM KHẢO	88

GIÁO TRÌNH MÔN HỌC

Tên môn học: CƠ SỞ KỸ THUẬT ĐIỆN

Mã môn học: MĐ08

Thời gian môn học: 45 giờ (Lý thuyết: 33 giờ; Thực hành, thí nghiệm, thảo luận, bài tập: 9 giờ; Kiểm tra: 3 giờ)

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

- Vị trí: Là môn học cơ sở cung cấp cho học sinh những kiến thức cơ bản về điện để có thể tiếp thu nội dung các kiến thức chuyên môn phần điện trong các môn học chuyên môn của chuyên ngành Kỹ thuật máy lạnh và điều hòa không khí.
- Tính chất: Môn học được giảng dạy ở học kỳ I của khóa học cùng với các môn Vẽ kỹ thuật, cơ kỹ thuật. Là môn học bắt buộc
- Ý nghĩa và vai trò của môn học: Cơ sở kỹ thuật điện là môn học cơ sở trong chương trình đào tạo trình độ Trung cấp nghề và Cao đẳng nghề Kỹ thuật máy lạnh và điều hòa không khí. Việc học tập tốt môn học này giúp học sinh, sinh viên có điều kiện để tiếp thu nội dung các kiến thức, kỹ năng chuyên môn phần điện của nghề tiếp theo.

Mục tiêu của môn học:

- Kiến thức:

A1. Vẽ và nêu nguyên lý hoạt động mạch xoay chiều.

A2. Giải thích được các đại lượng đặc trưng của mạch điện.

A3. Tính toán được các bài toán về mạch điện.

- Kỹ năng:

B1. Vận dụng được các kiến thức về cấu tạo và nguyên lý hoạt động của mạch xoay chiều

B2. Vận dụng được các phương pháp vào giải bài toán về mạch điện.

- Năng lực tự chủ và trách nhiệm:

C1. Chủ động, nghiêm túc trong học tập và công việc.

C2. Giữ gìn vệ sinh công nghiệp, đảm bảo an toàn cho người và thiết bị.

1. Chương trình khung nghề điện công nghiệp

Mã MH/MĐ	Tên môn học, mô đun	Số tín chỉ	Thời gian học tập (giờ)			
			Tổng số	Trong đó		
				Lý thuyết	Thực hành/ bài tập	Kiểm tra
I	Các môn học chung/đại cương	12	255	94	148	13
MH 01	Chính trị	2	30	15	13	2
MH 02	Pháp luật	1	15	9	5	1
MH 03	Giáo dục thể chất	1	30	4	24	2
MH 04	Giáo dục quốc phòng - An ninh	2	45	21	21	3
MH 05	Tin học	2	45	15	29	1
MH 06	Ngoại ngữ (Anh văn)	4	90	30	56	4
II	Các môn học, mô đun chuyên môn ngành, nghề	68	1645	450	1103	92
II.1	Môn học, mô đun cơ sở					
MH 07	Vẽ kỹ thuật	2	30	18	10	2
MH 08	Cơ sở kỹ thuật điện	3	45	33	9	3
MH 09	Cơ sở kỹ thuật nhiệt - lạnh và điều hoà không khí	4	75	56	16	3
MH 10	Vật liệu điện lạnh	2	30	24	4	2
MH 11	An toàn lao động và vệ sinh công nghiệp	2	30	23	5	2
MĐ 12	Máy điện	4	90	24	60	6
MĐ 13	Trang bị điện hệ thống lạnh	5	120	30	82	8
MĐ 14	Thực tập gò – hàn	3	70	12	52	6
MĐ 15	Kỹ thuật điện tử	2	45	11	31	3
II.2	Môn học, mô đun chuyên môn ngành, nghề					
MĐ 16	Đo lường điện - lạnh	2	45	17	26	2
MĐ 17	Lạnh cơ bản	5	120	30	84	6
MĐ 18	Hệ thống máy lạnh dân dụng	4	120	13	103	4
MĐ 19	Hệ thống điều hoà không khí cục bộ	5	120	28	84	8

MĐ20	PLC	3	60	19	35	6
MĐ 21	Hệ thống máy lạnh công nghiệp	4	90	38	48	4
MĐ 22	Hệ thống điều hoà không khí trung tâm	3	75	15	57	3
MĐ 23	Sửa chữa board mạch	5	120	44	69	7
MĐ 24	Chuyên đề điều hoà không khí	3	60	15	43	2
MĐ 25	Thực tập tốt nghiệp	7	300		285	15
	Tổng cộng	80	1900	544	1251	105

2. Chương trình chi tiết mô đun

TT	Tên chương mục	Thời gian (giờ)			
		Tổng số	Lý thuyết	Thực hành/ bài tập	Kiểm tra*
I	Mạch điện 1 chiều 1. Khái niệm dòng 1 chiều 2. Các phần tử của mạch điện 3. Các định luật cơ bản của mạch điện 4. Công và công suất 5. Phương pháp biến đổi tương đương.	9	7	2	
II	Từ trường 1. Khái niệm về từ trường 2. Các đại lượng từ cơ bản 3. Lực điện từ 4. Vật liệu sắt từ	6	5	1	
III	Cảm ứng điện từ 1. Hiện tượng cảm ứng điện từ 2. Nguyên tắc biến cơ năng thành điện năng 3. Nguyên tắc biến điện năng thành cơ năng 4. Hiện tượng tự cảm 5. Hiện tượng hổ cảm 6. Dòng điện Foucault (xoáy)	9	6	2	1
IV	Mạch điện xoay chiều hình sin 1 pha 1. Khái niệm về dòng điện hình sin 2. Các thông số đặc trưng cho 3. Biểu thị các lượng hình sin bằng	12	9	2	1

V	đồ thị véc tơ 4. Mạch hình sin thuần trở 5. Mạch hình sin thuần điện cảm 6. Mạch hình sin thuần điện dung 7. Mạch điện R- L- C nối tiếp	9	6	2	1
	Mạch điện xoay chiều hình sin 3 pha 1. Khái quát về mạch điện hình sin 3 pha 2. Cách nối dây MFĐ 3 pha hình sao (Y) 3. Cách nối dây MFĐ 3pha hình tam giác (Δ) 4. Từ trường đập mạch - Từ trường quay. 5. Bài tập ứng dụng				
Cộng		45	33	9	3

3. Điều kiện thực hiện mô đun:

3.1. Phòng học Lý thuyết/Thực hành: Đáp ứng phòng học chuẩn

3.2. Trang thiết bị dạy học: Projektor, máy vi tính, bảng, phấn, tranh vẽ....

3.3. Học liệu, dụng cụ, mô hình, phương tiện: Giáo trình, mô hình thực hành, bộ dụng cụ nghề điện,...

3.4. Các điều kiện khác: Người học tìm hiểu thực tế về các mạch điện trong nhà máy, xí nghiệp công nghiệp.

4. Nội dung và phương pháp đánh giá:

4.1. Nội dung:

- Kiến thức: Đánh giá tất cả nội dung đã nêu trong mục tiêu kiến thức
- Kỹ năng: Đánh giá tất cả nội dung đã nêu trong mục tiêu kỹ năng.
- Năng lực tự chủ và trách nhiệm: Trong quá trình học tập, người học

cần:

- + Nghiên cứu bài trước khi đến lớp.
- + Chuẩn bị đầy đủ tài liệu học tập.
- + Tham gia đầy đủ thời lượng môn học.
- + Nghiêm túc trong quá trình học tập.

4.2. Phương pháp:

Người học được đánh giá tích lũy môn học như sau:

4.2.1. Cách đánh giá

- Áp dụng quy chế đào tạo Trung cấp hệ chính quy ban hành kèm theo Thông tư số 09/2017/TT-BLĐTBXH, ngày 13/3/2017 của Bộ trưởng Bộ Lao động – Thương binh và Xã hội.

- Hướng dẫn thực hiện quy chế đào tạo áp dụng tại Trường Cao đẳng Cơ giới như sau:

Điểm đánh giá	Trọng số
+ Điểm kiểm tra thường xuyên (Hệ số 1)	40%
+ Điểm kiểm tra định kỳ (Hệ số 2)	
+ Điểm thi kết thúc môn học	60%

4.2.2. Phương pháp đánh giá

Phương pháp đánh giá	Phương pháp tổ chức	Hình thức kiểm tra	Chuẩn đầu ra đánh giá	Số cột	Thời điểm kiểm tra
Thường xuyên	Viết/ Thuyết trình	Tự luận/ Trắc nghiệm/ Báo cáo	A1, C1	1	Sau 9 giờ.
Định kỳ	Viết và thực hành	Tự luận/ Trắc nghiệm/ thực hành	A2, B1,B2, C1,C2	3	Sau 35giờ
Kết thúc môn học	Vấn đáp và thực hành	Vấn đáp và thực hành trên mô hình	A1, A2, A3, B1, B2,C1, C2	1	Sau 45 giờ

4.2.3. Cách tính điểm

- Điểm đánh giá thành phần và điểm thi kết thúc môn học được chấm theo thang điểm 10 (từ 0 đến 10), làm tròn đến một chữ số thập phân.

- Điểm môn học là tổng điểm của tất cả điểm đánh giá thành phần của mô đun nhân với trọng số tương ứng. Điểm mô đun theo thang điểm 10 làm tròn đến một chữ số thập phân.

5. Hướng dẫn thực hiện mô đun

5.1. Phạm vi, đối tượng áp dụng: Đối tượng Trung cấp KT Máy lạnh và điều hòa không khí

5.2. Phương pháp giảng dạy, học tập mô đun

5.2.1. Đối với người dạy

* **Lý thuyết:** Áp dụng phương pháp dạy học tích cực bao gồm: Trình chiếu, thuyết trình ngắn, nêu vấn đề, hướng dẫn đọc tài liệu, bài tập cụ thể, câu hỏi thảo luận nhóm....

* **Thực hành:**

- Phân chia nhóm nhỏ thực hiện bài tập thực hành theo nội dung đề ra.
- Khi giải bài tập, làm các bài Thực hành, thí nghiệm, bài tập:... Giáo viên hướng dẫn, thao tác mẫu và sửa sai tại chỗ cho người học.
- Sử dụng các mô hình, học cụ mô phỏng để minh họa các bài tập ứng dụng các mạch điện máy lạnh, các loại thiết bị điều khiển.

* **Thảo luận:** Phân chia nhóm nhỏ thảo luận theo nội dung đề ra.

* **Hướng dẫn tự học theo nhóm:** Nhóm trưởng phân công các thành viên trong nhóm tìm hiểu, nghiên cứu theo yêu cầu nội dung trong bài học, cả nhóm thảo luận, trình bày nội dung, ghi chép và viết báo cáo nhóm.

5.2.2. Đối với người học: Người học phải thực hiện các nhiệm vụ như sau:

- Nghiên cứu kỹ bài học tại nhà trước khi đến lớp. Các tài liệu tham khảo sẽ được cung cấp nguồn trước khi người học vào học môn học này (trang web, thư viện, tài liệu...)
- Sinh viên trao đổi với nhau, thực hiện bài thực hành và báo cáo kết quả
- Tham dự tối thiểu 70% các giờ giảng tích hợp. Nếu người học vắng >30% số giờ tích hợp phải học lại môn học mới được tham dự kì thi lần sau.
- Tự học và thảo luận nhóm: Là một phương pháp học tập kết hợp giữa làm việc theo nhóm và làm việc cá nhân. Một nhóm gồm 2-3 người học sẽ được cung cấp chủ đề thảo luận trước khi học lý thuyết, thực hành. Mỗi người học sẽ chịu trách nhiệm về 1 hoặc một số nội dung trong chủ đề mà nhóm đã

phân công để phát triển và hoàn thiện tốt nhất toàn bộ chủ đề thảo luận của nhóm.

- Tham dự đủ các bài kiểm tra thường xuyên, định kỳ.
- Tham dự thi kết thúc môn học.
- Chủ động tổ chức thực hiện giờ tự học.

6. Tài liệu tham khảo:

[1] Phạm Thị Cư (chủ biên), *Mạch điện 1*, NXB Giáo dục, năm 2000.

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

[3] Đặng Văn Đào, *Kỹ Thuật Điện*, NXB Giáo Dục, năm 2004

[4] Hoàng Hữu Thận, *Kỹ thuật điện đại cương*, NXB Đại học và Trung học chuyên nghiệp, Hà Nội, năm 2000.

[5] Hoàng Hữu Thận, *Bài tập Kỹ thuật điện đại cương*, NXB Đại học và Trung học chuyên nghiệp, Hà Nội, 2004.

Chương 1: Mạch điện 1 chiều

Mã chương: MH08-01

Giới thiệu:

Khái niệm và định nghĩa về dòng điện và mạch điện là những khái niệm, định nghĩa cơ bản nhất trong ngành điện. Để tìm hiểu về các khái niệm, định nghĩa trong ngành điện, trước tiên cần phải hiểu rõ khái niệm dòng điện, bản chất dòng điện, các tác dụng của dòng điện và các định nghĩa về mạch điện. Bài học này giới thiệu các nội dung cơ bản nhất về dòng điện và mạch điện.

Mục tiêu:

- Học xong chương này, học sinh nắm chắc những kiến thức cơ bản về mạch điện 1 chiều, các ứng dụng trong thực tiễn, làm cơ sở cho việc tiếp thu kiến thức kỹ thuật điện phục vụ chuyên ngành học;
- Rèn luyện khả năng tư duy logic mạch điện.

Phương pháp giảng dạy và học tập chương 1

- Đối với người dạy: Sử dụng phương pháp giảng dạy tích cực (điển giảng, vấn đáp, dạy học theo vấn đề); yêu cầu người học nhớ những kiến thức cơ bản về mạch điện 1 chiều

- Đối với người học: Chủ động đọc trước giáo trình trước buổi học

Điều kiện thực hiện bài học

- *Phòng học chuyên môn hóa/nhà xưởng: Phòng học chuyên môn*
- *Trang thiết bị máy móc: Máy chiếu và các thiết bị dạy học khác*
- *Học liệu, dụng cụ, nguyên vật liệu: Chương trình môn học, giáo trình, tài liệu tham khảo, giáo án, phim ảnh, và các tài liệu liên quan.*

- Các điều kiện khác: Không có

Kiểm tra và đánh giá bài học

- Nội dung:
 - ✓ *Kiến thức: Kiểm tra và đánh giá tất cả nội dung đã nêu trong mục tiêu kiến thức*

✓ *Kỹ năng: Đánh giá tất cả nội dung đã nêu trong mục tiêu kỹ năng.*

✓ *Năng lực tự chủ và trách nhiệm: Trong quá trình học tập, người học cần:*

- + *Nghiên cứu bài trước khi đến lớp*
- + *Chuẩn bị đầy đủ tài liệu học tập.*
- + *Tham gia đầy đủ thời lượng môn học.*
- + *Nghiêm túc trong quá trình học tập.*

- *Phương pháp:*

✓ *Điểm kiểm tra thường xuyên: 1 điểm kiểm tra (hình thức: hỏi miệng)*

✓ *Kiểm tra định kỳ lý thuyết: không có*

✓ *Kiểm tra định kỳ thực hành: không có*

Nội dung chính:

1. Khái niệm dòng 1 chiều:

1.1. Định nghĩa dòng điện

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

Vậy: Dòng điện là dòng các điện tích chuyển dời có hướng dưới tác dụng của lực điện trường.

Quy ước: Chiều dòng điện là chiều di chuyển của các điện tích dương (đó cũng là chiều của điện trường)

1.2. Bản chất dòng điện trong các môi trường

Trong kim loại: dòng điện là dòng các điện tử chuyển dời có hướng vì điện tử di chuyển từ nơi có điện thế thấp đến nơi có điện thế cao hơn nên chiều dòng điện tử ngược với chiều quy ước của dòng điện.

Trong dung dịch điện ly: dòng điện là dòng các ion chuyển dời có hướng. Bao gồm 2 dòng ngược chiều nhau là: dòng ion dương cùng chiều quy ước (chiều điện trường), dòng ion âm ngược chiều quy ước. Như vậy các ion dương sẽ di chuyển từ anốt (cực +) về catốt (cực -) nên được gọi là các cation,

còn các ion âm di chuyển từ catốt (cực -) về anốt (cực +) nên được gọi là các anion.

Trong môi trường chất khí bị ion hoá: dòng điện là dòng các ion và điện tử chuyển dời có hướng. Bao gồm dòng các ion dương đi theo chiều của điện trường từ anốt (cực +) về catốt (cực -), còn các ion âm và điện tử đi ngược chiều điện trường từ catốt (cực -) về anốt (cực +).

1.3. Cường độ dòng điện

Đại lượng đặc trưng cho độ lớn của dòng điện gọi là cường độ dòng điện (gọi tắt là dòng điện), kí hiệu: I .

Cường độ dòng điện là lượng điện tích qua tiết diện thẳng của dây dẫn trong một đơn vị thời gian.

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

Trong đó: q : điện tích (C)

t : thời gian (s)

I : cường độ dòng điện (A)

Ampe là cường độ của dòng điện cứ một giây thì có một coulông chuyển qua tiết diện thẳng của dây dẫn.

$$1\text{kA}=10^3\text{A}, \quad 1\text{mA}=10^{-3}\text{A}, \quad 1\mu\text{A}=10^{-6}\text{A}$$

Nếu điện tích di chuyển qua dây dẫn không đều theo thời gian sẽ tạo ra dòng điện có cường độ thay đổi (ký hiệu là i). Giả sử trong thời gian rất nhỏ dt , có lượng điện tích dq qua tiết diện dây thì cường độ dòng điện $i = \frac{dq}{dt}$.

Khi điện tích di chuyển theo một hướng nhất định với tốc độ không đổi sẽ tạo thành dòng điện một chiều (hay dòng điện không đổi). Vậy dòng điện một chiều là dòng điện có chiều và trị số không đổi theo thời gian. Đồ thị của nó là một đường thẳng song song với trục thời gian.

Nếu dòng điện có trị số hoặc chiều biến đổi theo thời gian được gọi là dòng điện biến đổi. Dòng điện biến đổi có thể là dòng điện không chu kỳ hoặc dòng điện có chu kỳ.

Ví dụ: dòng điện tắt dần đó là dòng điện không chu kỳ.

Dòng điện có chu kỳ là dòng điện biến đổi tuần hoàn nghĩa là cứ sau một khoảng thời gian nhất định nó lặp lại trị số và dạng biến thiên như cũ. Trong các dòng điện có chu kỳ thì quan trọng nhất là dòng điện xoay chiều hình sin.

1.4. Mật độ dòng điện

Khi cường độ dòng điện qua một đơn vị diện tích được gọi là mật độ dòng điện, kí hiệu là δ (denta).

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

Trong đó: I: cường độ dòng điện (A)

S: diện tích tiết diện dây (m^2)

δ : mật độ dòng điện (A/m^2), (A/cm^2), (A/mm^2)

Cường độ dòng điện dọc theo một đoạn dây dẫn là như nhau ở mọi tiết diện nên ở chỗ nào tiết diện dây nhỏ, mật độ dòng điện sẽ là lớn và ngược lại.

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

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

1.5. Điện trở vật dẫn

Khi đặt cùng một hiệu điện thế vào hai đầu của các vật dẫn khác nhau thì kết quả đo được các dòng điện qua chúng cũng khác nhau. Điều này chứng tỏ khả năng cản trở dòng điện của các vật dẫn khác nhau thì khác nhau. Để đặc trưng cho mức độ cản trở đó người ta đưa ra khái niệm điện trở, ký hiệu R, đơn vị (Ω , $k\Omega$...).

Bản chất của điện trở: Điện trở của một vật dẫn phụ thuộc vào hình dáng, bản chất, kích thước và nhiệt độ của vật dẫn đó:

Sự phụ thuộc của điện trở vào kích thước và bản chất vật dẫn:

Xét một đoạn mạch đồng nhất có tiết diện S chiều dài l đặt trong môi trường có nhiệt độ không đổi lúc đó điện trở của vật dẫn được xác định:

$$R = \rho \cdot \frac{l}{S}, (\Omega), l(m); S(mm^2)$$

$\rho(\Omega.m)$ là điện trở suất của vật dẫn, phụ thuộc vào bản chất của từng vật dẫn.

2. Các phần tử của mạch điện:

2.1. Định nghĩa mạch điện

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

Mô hình mạch điện là sơ đồ thay thế mạch điện thực, trong đó quá trình năng lượng điện từ và kết cấu hình học giống như mạch thực.

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

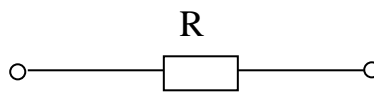
2.2. Các phần tử mạch điện

2.2.1. Phần tử điện trở.

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

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

Kí hiệu:



Hình 1.1. Kí hiệu điện trở.

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

Cho dòng điện i chạy qua điện trở R gây ra sụt áp trên điện trở là u_R . Theo định luật Ôm quan hệ giữa dòng điện i và điện áp u_R là: $u_R = i.R$

Công suất tiêu thụ trên điện trở $p = u_R.i = i^2.R$

Như vậy điện trở R đặc trưng cho công suất tiêu tán trên điện trở.

Điện năng tiêu thụ trên điện trở trong khoảng thời gian t là

$$A = \int_0^t pt = \int_0^t i^2 R dt \quad \text{khi } i = \text{const} \quad \text{có } A = i^2 R t$$

Đơn vị của điện năng là Wh (oát giờ), bội số của nó là kWh.

Điện dẫn G: Đặc trưng cho vật dẫn về mặt dẫn điện, là đại lượng nghịch đảo của điện trở.

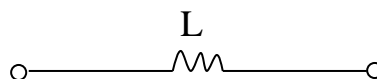
$$G = \frac{1}{R}$$

Đơn vị: S (Simen).

2.2.2. Phần tử điện cảm.

Điện cảm L đặc trưng cho hiện tượng tích phóng năng lượng từ trường của cuộn dây.

Kí hiệu:



Hình 1.2. Kí hiệu điện cảm.

Đơn vị của điện cảm là H (Henry).

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

Khi có dòng điện i chạy qua cuộn dây có w vòng dây, sẽ sinh ra từ thông móc vòng qua cuộn dây $\psi = w \cdot \phi$

$$\text{Điện cảm của cuộn dây được định nghĩa là } L = \frac{\psi}{i} = \frac{w\phi}{i}$$

Nếu dòng điện i biến thiên thì từ thông cũng biến thiên và theo định luật cảm ứng điện từ trong cuộn dây xuất hiện sức điện động tự cảm

$$e_L = - \frac{d\psi}{dt} = -L \frac{di}{dt}$$

$$\text{Điện áp trên cuộn dây: } u_L = - e_L = L \frac{di}{dt}$$

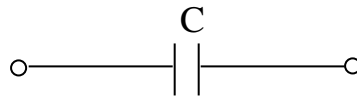
$$\text{Công suất trên cuộn dây: } p_L = u_L \cdot i = i \cdot L \frac{di}{dt}$$

$$\text{Năng lượng từ trường tích lũy trong cuộn dây: } W = \int_0^t p_L dt = \int_0^t L i di = \frac{1}{2} L i^2$$

2.2.3. Phần tử điện dung.

Điện dung C đặc trưng cho hiện tượng tích lũy năng lượng điện trường trong tụ điện.

Kí hiệu:



Hình 1.3. Kí hiệu điện dung.

Đơn vị của điện dung là Fara (F).

Khi đặt điện áp u_C lên tụ điện có điện dung C thì tụ điện sẽ được nạp điện với điện tích q : $q = C \cdot u_C$

Nếu điện áp u_C biến thiên sẽ có dòng điện chuyển dịch qua tụ điện

$$i = \frac{dq}{dt} = \frac{d}{dt}(C u_C) = C \frac{du_C}{dt} \quad \text{từ đó suy ra } u_C = - \frac{1}{C} \int i dt$$

Nếu tại thời điểm $t = 0$ mà tụ điện đã có điện tích ban đầu thì điện áp trên tụ điện là: $u_C = \frac{1}{C} \int_0^t i dt + u_C(0)$

$$\text{Công suất trên tụ điện: } P_c = u_c \cdot i = C u_c \frac{du_c}{dt}$$

Năng lượng tích lũy trong điện trường của tụ điện.

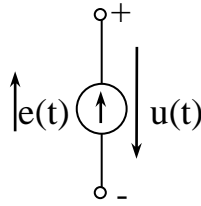
$$W_E = \int_0^t p_c dt = \int_0^u C u_c du_c = \frac{1}{2} C u^2$$

2.2.4. Phần tử nguồn.

a) Nguồn điện áp $u(t)$.

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

Kí hiệu:



Hình 1.4. Kí hiệu nguồn điện áp.

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

Điện áp đầu cực $u(t)$ sẽ bằng sức điện động: $u(t) = e(t)$.

Chiều $e(t)$ từ điểm điện thế thấp đến điểm điện thế cao.

Chiều $u(t)$ từ điểm điện thế cao đến điểm điện thế thấp, vì thế chiều điện áp đầu cực nguồn ngược với chiều sức điện động.

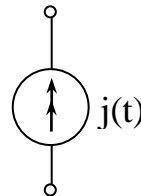
Đơn vị: V(vôn).

b) Nguồn dòng điện $j(t)$.

Để tạo ra điện áp đặt vào mạch điện, người ta dùng các nguồn điện. Ví dụ: pin, acquy cung cấp các điện áp không đổi (theo thời gian), các máy phát điện xoay chiều cung cấp điện áp hình sin có tần số $f = 50$ Hz dùng trong công nghiệp và sinh hoạt.

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

Kí hiệu: bằng một vòng tròn với mũi tên kép.



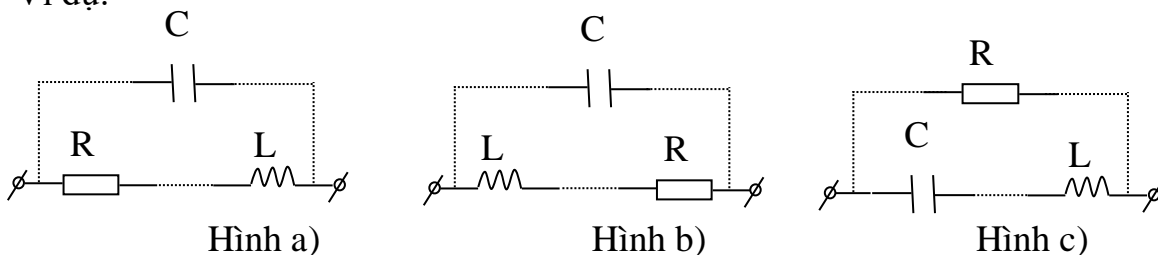
Hình 1.5. Kí hiệu nguồn dòng điện.

Đơn vị: A(ampe).

2.3. Kết cấu 1 mạch điện

Một phần tử thực của mạch điện có thể được mô hình gần đúng với một hay tập hợp nhiều phần tử lý tưởng được ghép nối với nhau để mô tả gần đúng hoạt động của phần tử thực tế.

Ví dụ:



Hình 1.6. Kí hiệu phần tử thực của điện trở, cuộn dây và tụ điện.

Hình a) là mô hình của điện trở thực ở tần số cao (cần lưu ý đến tham số L_R, C_R mà đa số các trường hợp có thể bỏ qua.)

Hình b) là mô hình của cuộn dây, ngoài phần tử điện cảm L , cần lưu ý đến điện trở R_L là tổn hao trong cuộn dây và trong lõi ở tần số cao còn phải kể đến ảnh hưởng của điện dung ký sinh C_L giữa các vòng dây.

Hình c) là mô hình của tụ điện ngoài điện dung C còn kể đến điện trở R_C là tổn hao trong điện môi ở tần số cao thì phải lưu ý đến điện cảm L_C của dây nối.

3. Các định luật cơ bản của mạch điện:

3.1. Định luật Ôm

Định luật Ohm do nhà bác học G. Ohm người Đức tìm ra bằng thực nghiệm ở nửa đầu thế kỷ 19, là một trong những định luật cơ bản của mạch điện.

Với đoạn mạch.

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

I: Cường độ dòng điện (A)

U: Điện áp (V)

R: Điện trở (Ω)

Với toàn mạch:

$$I = \frac{E}{R} \quad E: \text{Sức điện động (V)}$$

Định luật Ohm nêu mối quan hệ giữa dòng điện và điện áp ở mạch điện không phân nhánh. Đối với mạch điện phân nhánh, quan hệ giữa các dòng điện và điện áp sẽ phức tạp hơn rất nhiều.

3.2. Định luật Kiết khớp

a. Định luật Kirchooff 1. (Định luật Kirchooff 1 phát biểu cho một nút)

Định luật Kirchooff 1 nói lên tính chất liên tục của dòng điện, trong một nút không có hiện tượng tích lũy điện tích có bao nhiêu dòng điện tới nút thì có bấy nhiêu dòng điện rời khỏi nút.

Ta có nhận xét là dòng điện trong một nhánh có trị số không đổi ở tất cả các tiết diện của nó. Ta nói rằng dòng điện có tính chất liên tục.

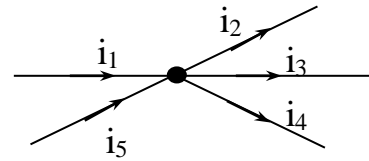
Từ tính liên tục của dòng điện, ta thấy: “Tổng các dòng điện đi đến một nút bằng tổng các dòng điện rời khỏi nút”.

Định luật : “**Tổng đại số các dòng điện tại một nút bằng không**”.

hay “ Tổng các dòng điện tới nút bằng tổng các dòng điện rời khỏi nút”

Biểu thức: $\sum i_{1 \text{ nút}} = 0$

Quy ước dấu: Dòng điện đi đến nút có dấu dương, dòng điện rời khỏi nút có dấu âm.



Phương trình Kirchooff 1 cho hình 2.

$$i_1 - i_2 + i_3 - i_4 + i_5 = 0$$

Hình 1.7. Dòng điện nút.

b. Định luật Kirchooff 2. (Định luật Kirchooff 2 phát biểu cho mạch vòng kín)

Định luật Kirchooff 2 nói lên tích chất thế của mạch điện. Trong một mạch điện xuất phát từ một điểm theo một mạch vòng kín và trở lại vị trí xuất phát thì lượng tăng thế bằng không.

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

Định luật : “**Đi theo một mạch vòng khép kín theo một chiều tùy ý chọn, thì tổng đại số các sức điện động bằng tổng đại số các sụt áp trên các phần tử của mạch**”.

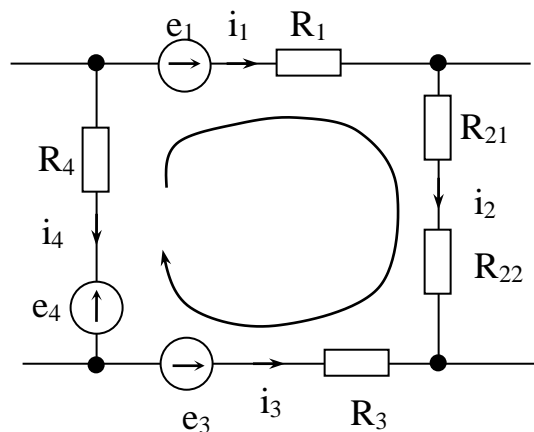
Biểu thức: $\Sigma e = \Sigma u$ hoặc $\Sigma e = \Sigma (i.R)$

Để viết được phương trình Kirchooff 2, ta phải chọn chiều dương cho mạch vòng (thuận chiều hoặc ngược chiều kim đồng hồ, tùy theo sự thuận tiện đối với từng mạch vòng)

Quy ước dấu: “Những sức điện động nào cùng chiều mạch vòng sẽ mang dấu dương, ngược chiều mạch vòng sẽ mang dấu âm”.

Áp dụng định luật Kirchooff 2 cho mạch vòng

$$e_1 - e_3 + e_4 = i_1.R_1 + i_2.(R_{21} + R_{22}) - i_3.R_3 - i_4.R_4$$



Hình 1.8. Mạch vòng khép kín

Cần chú ý rằng: Khi nghiên cứu mạch điện ở chế độ quá độ thì định luật Kirchooff viết cho giá trị tức thời của dòng điện và điện áp. Khi nghiên cứu mạch điện xoay chiều hình sin ở chế độ xác lập, dòng điện và điện áp được biểu diễn bằng vectơ hoặc số phức.

Hai định luật Kirchooff diễn tả đầy đủ quan hệ dòng điện và điện áp trong mạch điện. Dựa trên 2 định luật này người ta có thể xây dựng các phương pháp giải mạch điện, nó là cơ sở để nghiên cứu tính toán mạch điện.

4. Công và công suất:

4.1. Công của dòng điện

Công của dòng điện là lượng điện năng một đoạn mạch tiêu thụ khi trong mạch có dòng điện chạy qua và chuyển hóa thành nhiều dạng năng lượng khác.

Công của dòng điện đo bằng công của dòng điện thực hiện khi di chuyển bố trí theo hướng các điện tích.

Công thức tính Công của dòng điện

– Công thức tính công: $A = P.t = UI t$

– Trong đó:

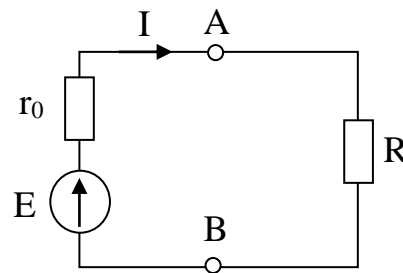
- A: Công (J)
- P: Công suất (W)
- U: Hiệu điện thế (V)
- I: Cường độ dòng điện (A)
- t: Thời gian sinh công(s)

– Công của dòng điện đo bằng đơn vị Jun (J):

Đổi đơn vị:

$$1\text{J} = 1\text{W} \cdot 1\text{s} = 1\text{V} \cdot 1\text{A} \cdot 1\text{s}; 1\text{kW} \cdot \text{h} = 1000\text{W} \cdot 3600\text{s} = 3600000\text{J} = 3,6 \cdot 10^6\text{J}$$

4.2. Công suất của dòng điện



Hình 1.9. Nguồn điện nối với tải.

Nối nguồn điện F có sức điện động E và điện trở trong r_0 với một tải điện trở. Dưới tác dụng của lực trường ngoài của nguồn điện, các điện tích liên tục chuyển động qua nguồn và mạch ngoài tạo thành dòng điện I. Công của trường ngoài cũng là công của nguồn để di chuyển một điện tích q qua nguồn là:

$$A_f = E \cdot q \text{ mà } q = I \cdot t \text{ thay vào ta có } A_f = E \cdot I \cdot t$$

Theo định luật bảo toàn năng lượng thì công của nguồn sẽ biến đổi thành các dạng năng lượng khác ở phần tử của mạch, cụ thể là ở tải R và ở chính điện trở trong r_0 của nguồn.

Gọi điện áp trên tải (giữa hai cực AB) là $U = V_A - V_B$ năng lượng do điện tích q thực hiện khi qua đoạn mạch AB sẽ là: $A = U \cdot q = U \cdot I \cdot t$

Còn một phần năng lượng sẽ tiêu tán bên trong nguồn dưới dạng nhiệt:

$$\Delta A_0 = A_f - A = (E - U)It = \Delta U_0 It$$

Hiệu giữa sức điện động với điện áp trên hai cực của nó gọi là sụt áp bên trong nguồn, ký hiệu $\Delta U_0 = E - U$

Từ đó ta có phương trình cân bằng sức điện động trong mạch: $E = U + \Delta U_0$

Vậy sức điện động của nguồn bằng tổng điện áp trên hai cực nguồn với sụt áp bên trong nguồn.

Sụt áp trong nguồn, theo định luật Ôm, tỷ lệ với dòng điện qua nguồn:

$$\Delta U_0 = r_0 I$$

ở đây hệ số tỷ lệ r_0 chính là điện trở trong của nguồn.

Khi nguồn hở mạch $I = 0$ thì $\Delta U_0 = 0$ từ đó $E = U$, sức điện động nguồn bằng điện áp trên hai cực nguồn khi hở mạch. Vì thế có thể đo sức điện động bằng vôn-mét mắc vào hai cực nguồn đang hở mạch (không tải).

Tỷ số giữa công A và thời gian thực hiện t gọi là công suất P: $P = \frac{A}{t}$

Như vậy công suất là tốc độ thực hiện công theo thời gian. Vì công đặc trưng cho sự biến đổi năng lượng nên công suất là tốc độ biến đổi năng lượng theo thời gian.

Nếu công thực hiện không đều theo thời gian thì tốc độ thực hiện công (tức công suất) xác định như sau:

Xét trong thời gian vô cùng bé Δt công thực hiện là ΔA thì:

$$P = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta A}{\Delta t} = \frac{dA}{dt}$$

Từ các định nghĩa trên ta có:

$$\text{Công suất nguồn (gọi là công suất phát): } P_f = \frac{A_f}{t} = \frac{EIt}{t} = EI$$

$$\text{Công suất tải: } P = \frac{A}{t} = \frac{UIt}{t} = UI$$

$$\text{Công suất tổn hao trong nguồn: } \Delta P = \frac{\Delta A_0}{t} = \frac{\Delta U_0 It}{t} = \Delta U_0 I$$

Ta có phương trình cân bằng công suất (định luật bảo toàn năng lượng) trong mạch điện: $P_f = P + \Delta P_0$

Trong hệ đơn vị SI, E và U tính ra vôn (V), I tính ra ampe (A), t tính ra giây (s) thì đơn vị công là jun (J) và công suất oát (W)

$$1W = \frac{1J}{1s} = 1 \text{ vôn} \times 1 \text{ ampe} = 1VA$$

$$1J = 1W \times s = 1V \times As = 1VC$$

Oát là công suất của hệ thực hiện công một jun trong thời gian một giây. Đối với mạch điện, oát là công suất của dòng điện một ampe thực hiện trên một đoạn mạch có điện áp một vôn.

Bội số của W là hW(hecto oát), kW(kilo oát), MW (mêga oát) còn ước số là mW(mili oát).

$$1\text{hW}=10^2 \text{ W}; 1\text{kW}=10^3 \text{ W}; 1\text{MW}=10^3 \text{ kW} = 10^6 \text{ W};$$

$$1\text{mW}=10^{-3} \text{ W};$$

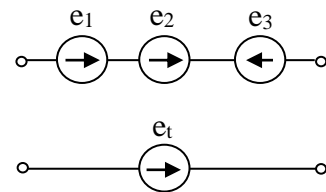
5. Phương pháp biến đổi tương đương

5.1. Nguồn áp mắc nối tiếp.

Nguồn áp mắc nối tiếp sẽ tương đương với một nguồn áp duy nhất có trị số bằng tổng đại số các sức điện động.

$$e_{td} = \sum \pm e_k \quad (k=1 \dots n)$$

Ví dụ: $e_{td} = e_1 + e_2 - e_3$



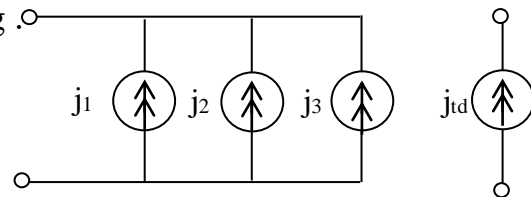
Hình 1.10 Các nguồn áp mắc nối tiếp.

5.2. Nguồn dòng mắc song song.

Nguồn dòng mắc song song sẽ tương đương với một nguồn dòng duy nhất có trị số bằng tổng đại số các nguồn dòng.

$$j_{td} = \sum \pm j_k \quad (k=1 \dots n)$$

Ví dụ: $j_{td} = j_1 + j_2 - j_3$



Hình 1.11. Các nguồn dòng mắc song song.

5.3. Điện trở mắc nối tiếp, song song.

5.3.1. Điện trở mắc nối tiếp.

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

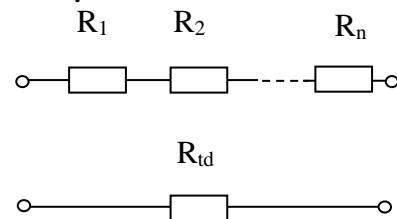
Ta có:

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

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

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

Nếu $R_1 = R_2 = \dots = R_n = R$ thì $R_{td} = n.R$



Hình 1.12. Các điện trở mắc nối tiếp.

5.3.2. Điện trở mắc song song.

Mắc các điện trở là mắc đầu các điện trở với nhau, cuối các điện trở với nhau, sao cho các điện trở được đặt vào cùng một điện áp.

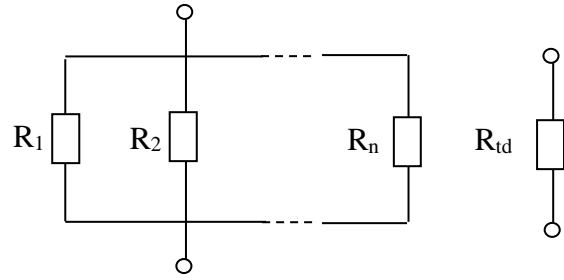
Ta có:

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

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

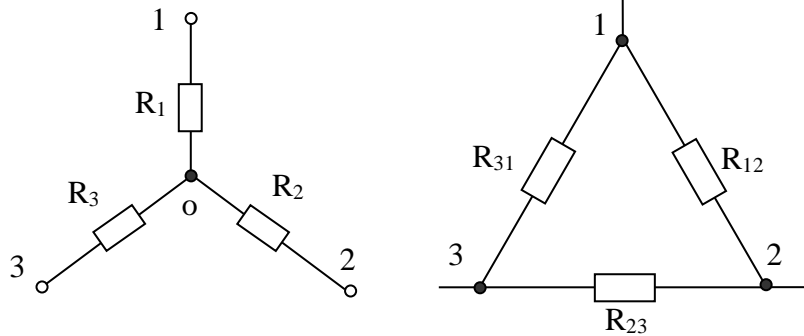
$$\frac{1}{R_{td}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_n}$$

Nếu $R_1 = R_2 = \dots = R_N = R$ thì $R_{td} = \frac{R}{n}$



Hình 1.13. Các điện trở mắc song song.

5.4. Biến đổi Δ -Y và Y- Δ .



H 1.14. Các điện trở mắc hình sao – tam giác.

Biến đổi Y \rightarrow Δ

$$R_{12} = R_1 + R_2 + \frac{R_1 \cdot R_2}{R_3}$$

$$R_{23} = R_2 + R_3 + \frac{R_2 \cdot R_3}{R_1}$$

$$R_{31} = R_3 + R_1 + \frac{R_3 \cdot R_1}{R_2}$$

Biến đổi $\Delta \rightarrow$ Y

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

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

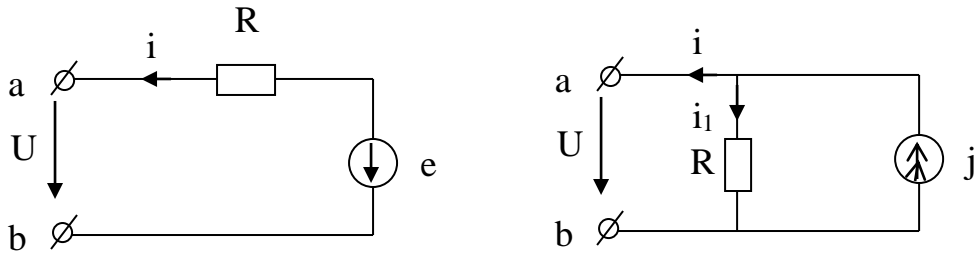
$$R_3 = \frac{R_{23} \cdot R_{31}}{R_{12} + R_{23} + R_{31}}$$

Nếu $R_1 = R_2 = R_3 = R_Y$ thì $R_{\Delta} = 3 \cdot R_Y$

Nếu $R_{12} = R_{23} = R_{31} = R_{\Delta}$ thì $R_Y = \frac{R_{\Delta}}{3}$

5.5. Biến đổi nguồn tương đương.

Một nguồn áp ghép nối tiếp với một điện trở sẽ tương đương với một nguồn dòng ghép song song với một điện trở đó và ngược lại.



Hình 1.15. Biến đổi nguồn tương đương.

a) $u = e - i.R$ (1) b) $j = i + i_1$ với $i_1 = \frac{U}{R} \rightarrow U = Rj - Ri$ (2)

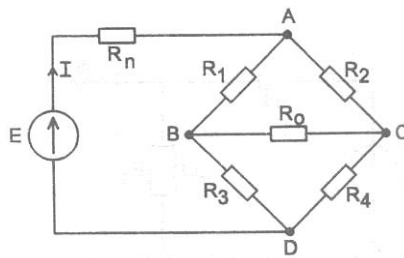
So sánh (1) và (2) ta thấy 2 mạch sẽ tương đương nếu $e = Rj \rightarrow j = \frac{e}{R}$

Ví dụ 1.2

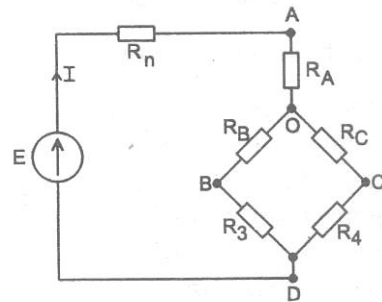
Tính dòng điện I chạy qua nguồn của mạch cầu hình 1.16, biết

$R_1 = 12\Omega, R_3 = R_2 = 6\Omega, R_4 = 21\Omega, R_0 = 18\Omega, E = 240V, R_n = 2\Omega$

Giải:



Hình 1.16. Mạch điện ví dụ.



Hình 1.17. Biến đổi $\Delta \rightarrow Y$

Biến đổi tam giác ABC (R_1, R_2, R_0) thành sao R_A, R_B, R_C (hình 1.17)

$$R_A = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2 + R_0} = \frac{12 \cdot 6}{12 + 6 + 18} = 2\Omega$$

$$R_B = \frac{R_1 R_0}{R_1 + R_2 + R_0} = \frac{12 \cdot 18}{12 + 18 + 6} = 6\Omega$$

$$R_C = \frac{R_0 R_2}{R_1 + R_2 + R_0} = \frac{18 \cdot 6}{12 + 18 + 6} = 3\Omega$$

Điện trở tương đương R_{OD} của 2 nhánh song song:

$$R_{OD} = \frac{(R_B + R_3) \cdot (R_C + R_4)}{R_B + R_3 + R_C + R_4} = \frac{(6 + 6) \cdot (3 + 21)}{6 + 6 + 3 + 21} = 8\Omega$$

Điện trở tương đương toàn mạch: $R_{td} = R_n + R_A + R_{OD} = 2 + 2 + 8 = 12\Omega$

CÂU HỎI VÀ BÀI TẬP

1. Nêu khái niệm dòng 1 chiều?
2. Trình bày các định luật cơ bản của mạch điện?
3. Phân tích các phương pháp biến đổi tương đương?

Chương 2: Từ trường

Mã chương: MH08-02

Giới thiệu:

Chương này giới thiệu các nội dung cơ bản nhất kiến thức cơ bản về từ trường, bản chất từ trường để từ đó hiểu được các ứng dụng của từ trường trong các thiết bị thực tế

Mục tiêu:

- Học xong chương này, học sinh nắm chắc kiến thức cơ bản về từ trường, bản chất từ trường để từ đó hiểu được các ứng dụng của từ trường trong các thiết bị thực tế;
- Rèn luyện khả năng tư duy trừu tượng về từ trường của dòng điện với ứng dụng của nó.

Phương pháp giảng dạy và học tập chương 2

- Đối với người dạy: Sử dụng phương pháp giảng dạy tích cực (điển giảng, vấn đáp, dạy học theo vấn đề); yêu cầu người học nhớ kiến thức cơ bản về từ trường, bản chất từ trường.

- Đối với người học: Chủ động đọc trước giáo trình trước buổi học

Điều kiện thực hiện bài học

- *Phòng học chuyên môn hóa/nhà xưởng: Phòng học chuyên môn*
- *Trang thiết bị máy móc: Máy chiếu và các thiết bị dạy học khác*
- *Học liệu, dụng cụ, nguyên vật liệu: Chương trình môn học, giáo trình, tài liệu tham khảo, giáo án, phim ảnh, và các tài liệu liên quan.*
- *Các điều kiện khác: Không có*

Kiểm tra và đánh giá bài học

- **Nội dung:**
 - ✓ *Kiến thức: Kiểm tra và đánh giá tất cả nội dung đã nêu trong mục tiêu kiến thức*
 - ✓ *Kỹ năng: Đánh giá tất cả nội dung đã nêu trong mục tiêu kỹ năng.*

✓ *Năng lực tự chủ và trách nhiệm: Trong quá trình học tập, người học cần:*

- + *Nghiên cứu bài trước khi đến lớp*
- + *Chuẩn bị đầy đủ tài liệu học tập.*
- + *Tham gia đầy đủ thời lượng môn học.*
- + *Nghiêm túc trong quá trình học tập.*

- *Phương pháp:*

- ✓ *Điểm kiểm tra thường xuyên: không có (hình thức: hỏi miệng)*
- ✓ *Kiểm tra định kỳ lý thuyết: không có*
- ✓ *Kiểm tra định kỳ thực hành: không có*

Nội dung chính:

1. Khái niệm về từ trường

Khảo sát hiện tượng:

Khi đặt hai kim nam châm thử gần nhau thì ta thấy hai kim lệch khỏi vị trí ban đầu. Khi thay một trong hai kim bằng một dây dẫn có dòng điện thì ta thấy kim nam châm còn lại cũng bị lệch khỏi vị trí ban đầu. Tiếp tục thay thế kim nam châm còn lại bởi một dây dẫn mang dòng điện khác thì cũng có lực tương tác giữa hai dây dẫn đó.

Tương tác giữa hai kim nam châm, kim nam châm với dây dẫn mang dòng điện, hay giữa hai dây dẫn mang dòng điện với nhau được gọi là tương tác từ.

Từ trường:

Định nghĩa từ trường: Từ trường là dạng vật chất tồn tại xung quanh hạt mang điện chuyển động và tác dụng lực từ lên hạt mang điện tích khác đặt trong nó.

Tính chất: Tính chất cơ bản của từ trường là tác dụng lực từ lên các hạt mang điện chuyển động đặt trong phạm vi ảnh hưởng của nó.

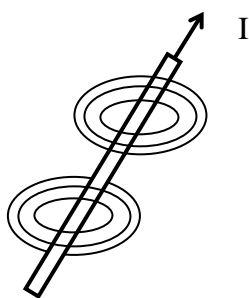
Đường cảm ứng từ: Là đường cong vẽ trong từ trường mà tiếp tuyến tại mỗi điểm của nó trùng với trục của nam châm thử đặt tại điểm đó. Quy ước đường cảm ứng từ của nam châm thẳng đi ra từ cực Bắc đi vào cực Nam.

Các đường cảm ứng từ của một từ trường thì không cắt nhau và tập hợp lại thành từ phổ của từ trường đó.

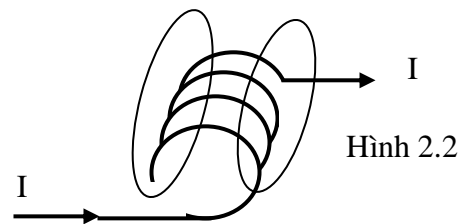
Một số dạng từ trường:

Từ trường của dây dẫn thẳng mang dòng điện: Đường sức từ của dây dẫn thẳng mang dòng điện là những đường tròn đồng tâm nằm trong mặt phẳng vuông góc dây dẫn có tâm tại trục dây dẫn, chiều xác định theo quy tắc vặn nút chai.

Quy tắc: Vặn cho cái nút chai tiến theo chiều dòng điện thì chiều quay của nó sẽ là chiều đường sức từ .



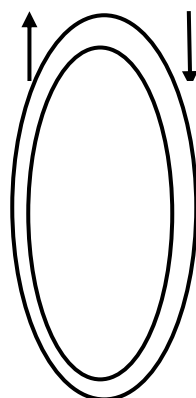
Hình 2.1



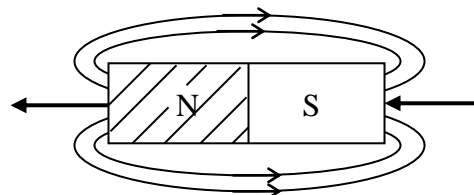
Hình 2.2

Từ trường của ống dây có dòng điện: Nếu chiều dài ống dây đủ lớn so với đường kính của nó thì đường sức từ trong lòng ống dây sẽ song song với nhau. Chiều đường sức từ được xác định như sau: Quay cho cái nút chai tiến theo chiều dòng điện trong các vòng dây của ống thì chiều của đường sức từ tạo ra trong lòng ống dây là chiều tiến của cái nút chai như hình 2.2 ở trên.

Từ trường của nam châm vĩnh cửu: Từ trường của nam châm vĩnh cửu đi từ cực Bắc đến cực Nam. Nếu cả hai cực của nam châm là phẳng và khá gần nhau thì các đường sức giữa hai cực là những đường thẳng song song cách đều nhau. Và từ trường đó được gọi là từ trường đều. Hình vẽ.



Hình 2.3

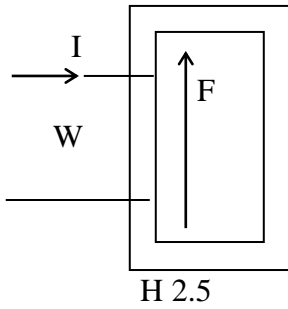


Hình 2.4

2. Các đại lượng từ cơ bản

Sức từ động (Lực từ hóa): Dòng điện là nguồn tạo ra từ trường. Khả năng tác dụng lực từ của dây dẫn mang dòng điện được gọi là lực từ hóa hay sức từ động (stđ), được ký hiệu F.

Lực từ hóa của cuộn dây được xác định :



$$F = I.W (A.Vòng) ; W \text{ là số vòng dây.}$$

Chiều của stđ là chiều của đường sức từ trong lòng cuộn dây. Được xác định theo quy tắc vắn nút chai.

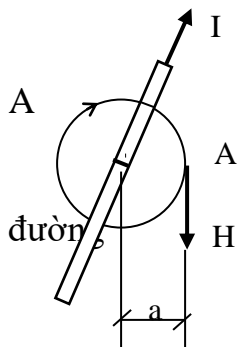
Ví dụ: Xác định sức từ hóa của một cuộn dây 2000 vòng dòng điện trong nó là 1,5A.

Cường độ từ trường: ở các trường đối xứng (từ trường của dây dẫn thẳng, cuộn dây hình xuyên...) thì lực từ hóa phân bố đều dọc theo chiều dài đường sức từ l.

Như vậy lực từ hóa phân bố trên mỗi đơn vị chiều dài của một đường sức từ. Tỉ số giữa stđ với chiều dài của mỗi đường sức tại điểm xét được gọi là cường độ từ trường, ký hiệu là H. Được xác định:

- Trị số: $H = F/l ; (A/m).$
- Phương: Trùng phương với tiếp tuyến đường sức từ tại điểm xét.
- Chiều: Cùng chiều với chiều của đường sức từ.

Xét từ trường của một dây dẫn thẳng có dòng điện I chạy qua.



$$F = I.W = I ; \text{Coi dây dẫn là một vòng dây. Xét điểm}$$

cách trục dây dẫn một khoảng a, lúc đó chiều dài của

$$\text{sức từ là } l = 2\pi.a$$

Từ đó: Cường độ từ trường tại điểm xét A ở ngoài dây dẫn

được tính:
$$H = \frac{F}{l} = \frac{I}{2\pi \cdot a}$$

Như vậy cường độ điện trường ở một điểm bất kỳ bên ngoài dây dẫn tỉ lệ nghịch với khoảng cách từ điểm đó đến tâm dây dẫn.

Cường độ từ trường ở điểm B bên trong cách tâm dây dẫn một khoảng $b < r$ bán kính dây dẫn là:

Theo định luật toàn dòng điện cường độ từ trường tại điểm B là:

$$H = \frac{\sum I}{l}$$

$l = 2\pi \cdot b$ là chu vi của đường sức qua điểm B

$$\sum I = S_b \cdot j = \pi b^2 \cdot j = I \cdot \frac{b^2}{r^2}$$

Như vậy cường độ điện trường ở một điểm bất kỳ bên trong dây dẫn tỉ lệ thuận với bình phương khoảng cách từ điểm đó đến tâm dây dẫn.

Cường độ từ trường ở điểm C ngay trên bề mặt dây dẫn có dòng điện, lưu ý cường độ từ trường tại đây có giá trị lớn nhất:

$$H_{Max} = \frac{I}{2\pi \cdot r}$$

Cường độ từ cảm: Tính chất cơ bản của từ trường là tác dụng lực từ lên các điện tích chuyển động trong nó. Để đặc trưng cho phương diện tác dụng lực của từ trường trong các môi trường khác nhau ta có khái niệm cường độ từ cảm hay cảm ứng từ B. Là một đại lượng được xác định:

- Là đại lượng vectơ có điểm đặt tại điểm khảo sát
- Cùng phương với cường độ từ trường H
- Độ lớn $B = \mu_t \cdot H = \mu_0 \cdot \mu \cdot H$

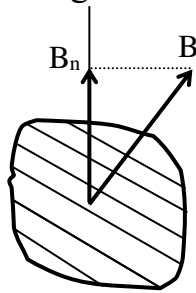
μ_0 là hệ số từ môi của chất khí $= 125 \cdot 10^{-8}$ (H/m).

- Đơn vị là N/(A.m) hay T, đôi khi ta còn dùng đơn vị gauss (G) $= 10^{-4}$ T.

Từ thông: Từ thông qua một mặt S là đại lượng đo bằng tích hình chiếu vectơ cường độ từ cảm B lên phương vuông góc với mp S và diện tích của mặt phẳng S đó.

Xét các trường hợp cụ thể:

Từ thông của từ trường đều qua mặt S đặt vuông góc với đường sức:



$$\phi = B.S; \text{ Đơn vị là (T.mm}^2\text{) hay vêbe (Wb)}$$

Từ thông của từ trường đều qua mặt S đặt xiêng góc với đường sức:

H 2.7

$$\phi = B_n .S = B.S. \cos\alpha$$

Vậy trong từ trường đều thì cường độ từ cảm chính là lượng từ thông qua một đơn vị diện tích đặt vuông góc với đường sức vì thế cường độ từ cảm còn được gọi là mật độ từ thông.

Khi từ trường không đều: Chia mặt S thành các phần nhỏ dS mà trên đó xem như là đều, lúc đó từ thông có thể tính:

$$d\phi = B_n .dS$$
$$\Rightarrow \phi = \int_S d\phi = \int_S B_n .dS$$

3. Lực điện từ

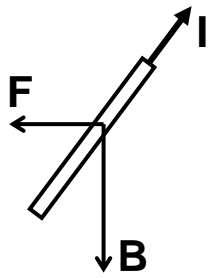
Lực tác dụng của từ trường lên dây dẫn có dòng điện: Đặt một dây dẫn thẳng có dòng điện vuông góc với đường sức từ, thì sẽ xuất hiện lực điện từ tác dụng lên dây dẫn đó được xác định:

Trị số: Lực điện từ tỉ lệ thuận với cường độ từ cảm B, độ dài dây dẫn đặt trong từ trường l, và với cường độ dòng điện chạy trong nó.

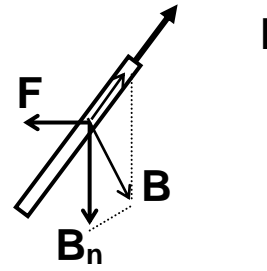
$$F = B.l.I ; (N).$$

Điểm đặt: Ngay trọng tâm của đoạn dây.

Phương và chiều xác định theo quy tắc bàn tay trái: Ngửa bàn tay trái hứng các đường sức từ hoặc vectơ cảm ứng từ B. Nếu chiều từ cổ tay đến các ngón tay là chiều dòng điện thì ngón cái duỗi thẳng 90° sẽ là chiều của lực từ



H 2.8



H2.9.

Khi Cảm ứng từ B không \perp với dây dẫn thì lực điện từ được xác định:

$$F = B_n \cdot l \cdot I = B \cdot l \cdot I \cdot \sin\alpha ; (\text{N}).$$

Ví dụ: Một dây dẫn đặt xiên góc 30° trong từ trường đều có cảm ứng từ là $0,7\text{T}$, chiều dài nằm trong mmiền tác dụng của từ trường là $0,5\text{m}$. Xác định lực tác dụng lên đoạn dây biết cường độ dòng điện trong nó là 100A .

Giải: áp dụng công thức $F = B \cdot l \cdot I \cdot \sin\alpha$ để tính.

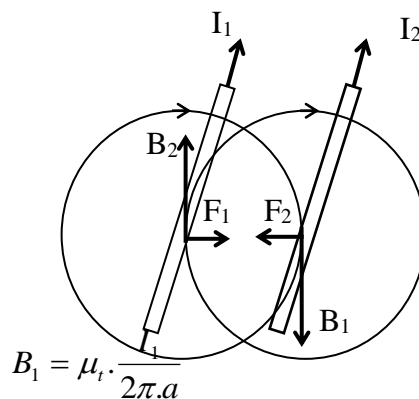
Lực điện từ giữa hai dây dẫn có dòng điện đặt song song :

Xét hai thanh dẫn mang dòng điện cùng chiều đặt song song cách nhau một khoảng a .

- + Gọi B_1 là cường độ từ cảm do I_1 tạo ra tại vị trí đặt dây dẫn có dòng điện I_2 .
- + Gọi B_2 là cường độ từ cảm do I_2 tạo ra tại vị trí đặt dây dẫn có dòng điện I_1 .

Các trị số đó được xác định:

H.2.11



$$B_1 = \mu_r \cdot \frac{I_2}{2\pi \cdot a}$$

$$B_2 = \mu_r \cdot \frac{I_1}{2\pi \cdot a}$$

Chiều của B_1 và B_2 được xác định theo quy tắc vắn nút chai.

Và lúc đó thì từ trường do dây dẫn 1 sẽ tác dụng lên dây dẫn 2 một lực F_2 xác định:

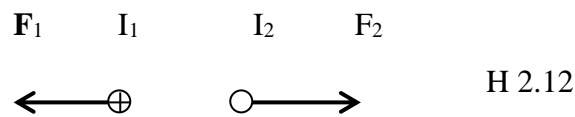
$$F_2 = B_1 \cdot I_2 \cdot l = \mu_r \cdot \frac{I_1}{2\pi \cdot a} \cdot I_2 \cdot l ; \text{ (N)}.$$

Ngược lại từ trường do dây dẫn 2 sẽ tác dụng lên dây dẫn 1 một lực F_1 xác định:

$$F_1 = B_2 \cdot I_1 \cdot l = \mu_r \cdot \frac{I_2}{2\pi \cdot a} \cdot I_1 \cdot l ; \text{ (N)}.$$

Chiều của F_1 và F_2 được xác định theo quy tắc bàn tay trái.

Trường hợp hai thanh dẫn mang dòng điện khác chiều thì lực điện từ xác định:



$$F_1 = F_2 = F = \mu_r \cdot \frac{I_1 \cdot I_2 \cdot l}{2\pi \cdot a} ; \text{ (N)}.$$

Ví dụ 1: Xác định lực tương tác giữa hai dây dẫn giống nhau dài 2m đặt cách nhau một khoảng $a = 2\text{cm}$ trong môi trường có $\mu = 1$, biết chúng lần lượt dẫn dòng điện là $I_1 = 50\text{A}$, $I_2 = 20\text{A}$ trong hai trường hợp:

- Dòng điện cùng chiều.
- Dòng điện ngược chiều.

Giải: Xác định được phương tác dụng của lực rồi áp dụng công thức tính.

Ví dụ 2: Khi các chiều dài của chúng là khác nhau:

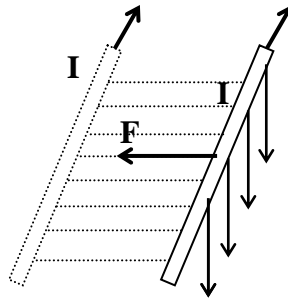
Công của lực điện từ:

Công của lực điện từ tác dụng lên dây dẫn thẳng có dòng điện:

Ta đã biết một dây dẫn thẳng có dòng điện chiều dài l đặt vuông góc với đường sức từ thì sẽ chịu một lực tác dụng $F = B \cdot l \cdot I$ (N). Giả sử lực F làm dây dẫn dịch chuyển một đoạn b thì lực F này sẽ thực hiện được một công A .

$A = F \cdot b = B \cdot I \cdot l \cdot b = B \cdot I \cdot S$; Đơn vị Jun(J) hoặc Calo(Cal). S là diện tích mà đoạn dây quét qua. Mặt khác $\Phi = B \cdot S$ nên ta có:

$$A = I \cdot \phi.$$



H 2.13

Vậy khi dây dẫn mang dòng điện dịch chuyển trong từ trường theo phương vuông góc với đường sức từ sẽ thực hiện một công có độ lớn được tính bằng tích từ thông qua diện tích mà dây dẫn quét qua với giá trị dòng điện trong dây dẫn đó.

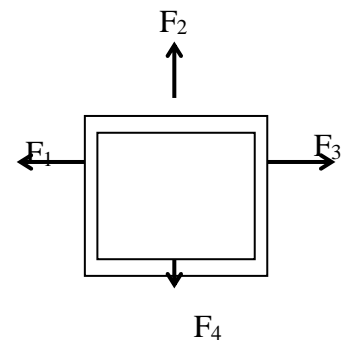
Trường hợp tổng quát:

Nếu dây dẫn là cong và đặt xiên góc với từ trường không đều một góc α thì lúc đó ta phải chia đoạn dây thành các phần nhỏ đoạn dây thành các phần nhỏ mà có thể coi từ trường cắt qua chúng là đều thì lực từ tác dụng lên chúng là:

$$dF = B_n \cdot dl \cdot I = B \cdot dl \cdot I \cdot \sin \alpha. \Rightarrow F = \int_l B \cdot I \cdot dl \cdot \sin \alpha.$$

Công của lực điện từ tác dụng lên khung dây có dòng điện:

Xét khung dây abcd có dòng điện chạy qua đặt trong từ trường có cảm ứng từ B. Lúc đó tất cả các cạnh ab, bc, cd, da đều chịu tác dụng của lực điện từ xác định theo quy tắc bàn tay trái.



H 2.14

Giả sử $F_2 = F_4$ và $F_3 > F_1$ thì lúc đó vòng dây sẽ chuyển động theo lực tổng hợp $F = F_3 - F_1$ cùng phương F_3 . Công của lực F_3 sinh ra là $A_3 = I \cdot \phi_1$. Gọi từ thông

biến thiên qua khung là ϕ . ở cạnh cd thì trong quá trình chuyển động lượng từ thông tăng thêm một lượng là ϕ_1 , nên tổng từ thông biến thiên qua nó là $\phi + \phi_1$. Còn ở cạnh ab thì

thì từ thông giảm một lượng ϕ_2 nên từ thông tổng qua nó là: $\phi + \phi_1 - \phi_2$. Do F_1 là lực cản nên công sinh ra là âm có giá trị được tính:

$$A_1 = -I.\phi_2.$$

Công tổng hợp tác dụng lên khung dây được tính:

$$A = A_1 + A_3 = I.(\phi_1 - \phi_2) = I.\Delta\phi ; \quad (J).$$

Vậy: Công của lực điện từ tác dụng lên một khung dây kín có dòng điện đặt trong từ trường bằng tích của dòng điện với tổng từ thông biến thiên xuyên qua khung dây trong quá trình dịch chuyển.

4. Vật liệu sắt từ

- Sắt từ cứng: Đặc điểm: Có chu trình từ hóa ngắn và rộng, trị số từ dư lớn, mất từ trễ lớn. Thường dùng chế tạo nam châm vĩnh cửu. Vật liệu sắt từ cứng được chế tạo từ hợp kim sắt-Vônfram-Crôm-Cácbon-Nhôm và Niken...

- Sắt từ mềm: Có chu trình từ hóa dài và hẹp, mất từ trễ bé, trị số từ dư nhỏ. Thường được dùng để chế tạo nam châm điện, lõi thép các máy điện, hoặc các khí cụ điện... Vật liệu sắt từ mềm được chế tạo từ sắt tinh khiết, thép lá ít Cácbon (0,04%C), tôn Silic, hợp kim Sắt kền, hoặc hợp kim Sắt-Silic-Nhôm.

Vật liệu sắt từ công dụng đặc biệt: Nó là Ôxít Sắt hay còn gọi là Pherit, các hợp kim Sắt-Niken có μ lớn 10 ÷ 50 lần so với thép lá kỹ thuật hoặc bột Ôxít Sắt, Kẽm có ρ lớn cho phép làm việc ở tần số cao. Hoặc một số hợp kim được sử dụng rộng rãi trong chế tạo linh kiện điện tử, khuếch đại từ...

Câu hỏi và bài tập

1. Trình bày khái niệm về từ trường?
2. Các đại lượng từ cơ bản ?
3. Lực điện từ?

Chương 3: Cảm ứng điện từ

Mã chương: MH08-03

Giới thiệu:

Trong chương này ta sẽ làm quen với các hiện tượng của cảm ứng điện từ; nguyên tắc biến cơ năng thành điện năng, nguyên tắc biến điện năng thành cơ năng

Mục tiêu:

- Học xong chương này, học sinh nắm vững nội dung cơ bản về các hiện tượng của cảm ứng điện từ;
- Rèn luyện cho học sinh khả năng tư duy trừu tượng về các hiện tượng cụ thể của cảm ứng điện từ.

Phương pháp giảng dạy và học tập chương 3

Đối với người dạy: Sử dụng phương pháp giảng dạy tích cực (diễn giảng, vấn đáp, dạy học theo vấn đề); yêu cầu người học nhớ nội dung cơ bản về các hiện tượng của cảm ứng điện từ;

- Đối với người học: Chủ động đọc trước giáo trình trước buổi học

Điều kiện thực hiện bài học

- *Phòng học chuyên môn hóa/nhà xưởng: Phòng học chuyên môn*
- *Trang thiết bị máy móc: Máy chiếu và các thiết bị dạy học khác*
- *Học liệu, dụng cụ, nguyên vật liệu: Chương trình môn học, giáo trình, tài liệu tham khảo, giáo án, phim ảnh, và các tài liệu liên quan.*

- Các điều kiện khác: Không có

Kiểm tra và đánh giá bài học

- **Nội dung:**
 - ✓ *Kiến thức: Kiểm tra và đánh giá tất cả nội dung đã nêu trong mục tiêu kiến thức*
 - ✓ *Kỹ năng: Đánh giá tất cả nội dung đã nêu trong mục tiêu kỹ năng.*

✓ *Năng lực tự chủ và trách nhiệm: Trong quá trình học tập, người học cần:*

- + *Nghiên cứu bài trước khi đến lớp*
- + *Chuẩn bị đầy đủ tài liệu học tập.*
- + *Tham gia đầy đủ thời lượng môn học.*
- + *Nghiêm túc trong quá trình học tập.*

- **Phương pháp:**

- ✓ *Điểm kiểm tra thường xuyên: không có (hình thức: hỏi miệng)*
- ✓ *Kiểm tra định kỳ lý thuyết: 1 điểm kiểm tra*
- ✓ *Kiểm tra định kỳ thực hành: không có*

Nội dung chính:

1. Hiện tượng cảm ứng điện từ

Thí nghiệm: Khi đặt vòng dây cố định và di chuyển nam châm lại gần hoặc ra xa vòng dây, hay ta cũng có thể làm ngược lại. Ngoài ra ta thay đổi dòng điện qua khung dây để làm thay đổi từ thông.

Từ các thí nghiệm trên ta có kết luận: Khi có sự biến thiên của từ thông qua không gian giới hạn bởi một mạch điện kín thì trong mạch sẽ xuất hiện dòng điện cảm ứng.

Hiện tượng xuất hiện dòng điện cảm ứng gọi là hiện tượng cảm ứng điện từ.

Định luật cảm ứng điện từ:

Định luật Lenx (định luật cảm ứng điện từ): Khi từ thông xuyên qua một vòng dây biến thiên thì sẽ làm xuất hiện một suất điện động trong nó được gọi là suất điện động cảm ứng. Suất điện động cảm ứng này có chiều sao cho dòng điện do nó sinh ra có tác dụng chống lại sự biến thiên của từ thông sinh ra nó.

Suất điện động cảm ứng: Khi có từ thông biến thiên qua diện tích giới hạn bởi một mạch điện kín thì trong mạch sẽ xuất hiện một suất điện động cảm ứng, được kí hiệu là E , tỷ lệ với tốc độ biến thiên của từ thông.

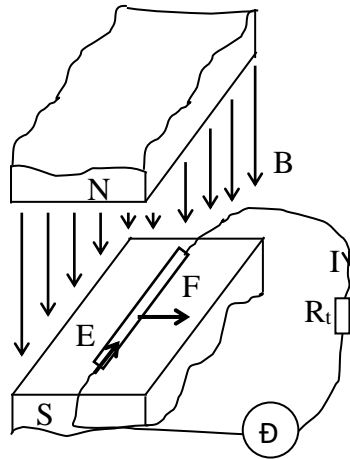
Suất điện động trong dây dẫn thẳng chuyển động vuông góc trong từ trường:

Xét một đoạn dây dẫn thẳng dài l chuyển động với vận tốc v vuông góc với đường sức từ trong từ trường có cảm ứng từ B .

Xem đoạn dây dẫn thẳng như là một vòng dây có cạnh đối diện ở xa vô cùng có $B = 0$.

Giả sử trong khoảng thời gian Δt dây dẫn di chuyển được một đoạn $\Delta b = v \cdot \Delta t$. Từ thông qua vòng kín biến thiên một lượng $\Delta \phi = B \cdot \Delta S = B \cdot l \cdot \Delta b = B \cdot l \cdot v \cdot \Delta t$. ΔS là diện tích dây dẫn quét qua. Khi đó trong thanh dẫn sẽ xuất hiện một sđđ:

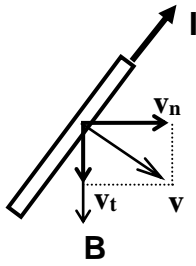
$$e = \lim \frac{\Delta \phi}{\Delta t} = \lim \frac{Blv \Delta t}{\Delta t} = B \cdot l \cdot v ; \text{ (V)}.$$



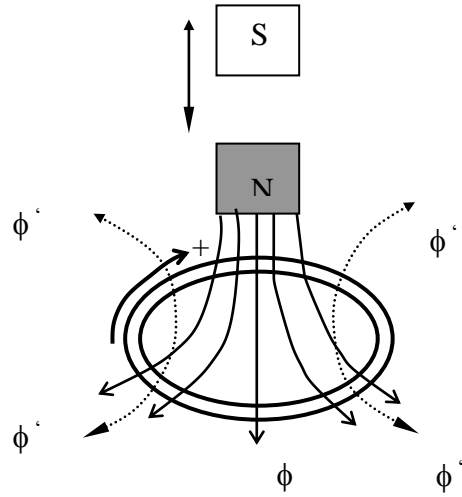
Hình 3.1.

Chiều của sđđ này xác theo quy tắc bàn tay phải: Ngã bàn tay phải cho vectơ cảm ứng từ xuyên qua. Nếu ngón cái choãi ra 90° chỉ chiều chuyển động của thanh dẫn thì chiều từ cổ tay đến các ngón tay là chiều của sđđ cảm ứng xuất hiện trong vòng dây.

Nếu dây dẫn chuyển động xiên góc trong từ trường (B không $\perp v$) thì ta phân tích v thành hai thành phần: $v_t // B$ và $v_n \perp B$ là nguyên nhân gây ra sđđ cảm ứng, như hình vẽ:



Hình 3.2



Lúc đó sđđ cảm ứng xuất hiện trong thanh dẫn là:

$$e = B.l.v_n = B.l.v.\sin\alpha.$$

Suất điện động cảm ứng trong vòng dây có từ thông biến thiên:

Quy ước chiều dương vòng dây như hình vẽ: Vặn cho cái nút chai tiến theo chiều

đường sức thì chiều quay của nó sẽ là chiều dương của dòng điện. Và khi đó sđđ cảm ứng xuất hiện trong vòng dây được xác định theo định luật Maxoen:

$$e = -\frac{d\phi}{dt} = -\frac{\Delta\phi}{\Delta t}; \quad (\text{V}).$$

Nghĩa là: sđđ cảm ứng xuất hiện trong vòng dây có giá trị bằng tốc độ biến thiên từ thông qua nó. Dấu - thể hiện định luật Lenx về chiều của sđđ cảm ứng.

Các trường hợp cụ thể:

+ Từ trường không biến thiên: Khi đó $\frac{d\phi}{dt} = 0 \Rightarrow e = 0$

Nghĩa là nếu không có từ thông biến thiên qua vòng dây thì không có suất điện động cảm ứng xuất hiện trong vòng dây đó.

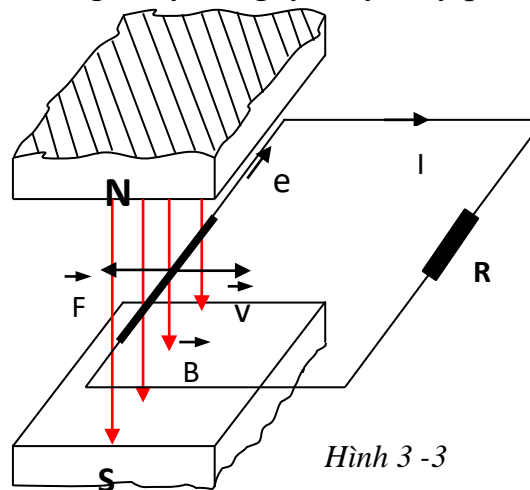
+ Từ thông qua vòng dây tăng dần: Khi đó $\frac{d\phi}{dt} > 0$ thì e có giá trị âm, tức ngược chiều dương quy ước. Dòng điện do sđđ cảm ứng sinh ra cùng chiều với nó và dòng điện cảm ứng này sẽ sinh ra từ thông ϕ' có chiều ngược với từ thông ban đầu ϕ sẽ chống lại sự tăng của từ thông qua vòng dây, thỏa mãn nguyên lý cảm ứng điện từ của Lenx.

+ Từ thông qua vòng dây giảm dần: Khi đó $\frac{d\phi}{dt} < 0$ thì e có giá trị dương, tức cùng chiều dương quy ước. Dòng điện do sđđ cảm ứng sinh ra cùng chiều với nó và dòng điện cảm ứng này sẽ sinh ra từ thông ϕ' cùng chiều với từ thông ban đầu ϕ sẽ chống lại sự giảm của từ thông qua vòng dây, thỏa mãn nguyên lý cảm ứng điện từ của Lenx.

2. Nguyên tắc biến đổi cơ năng thành điện năng

Khi khung dây chuyển động trong từ trường thì trong khung dây xuất hiện một sức điện động cảm ứng.

Nếu nối khung dây với một phụ tải thì trong phụ tải có dòng điện chạy qua. Như vậy ta thấy khung dây chuyển động trong từ trường đã có tác dụng biến cơ năng thành điện năng, đây là nguyên lý máy phát điện.

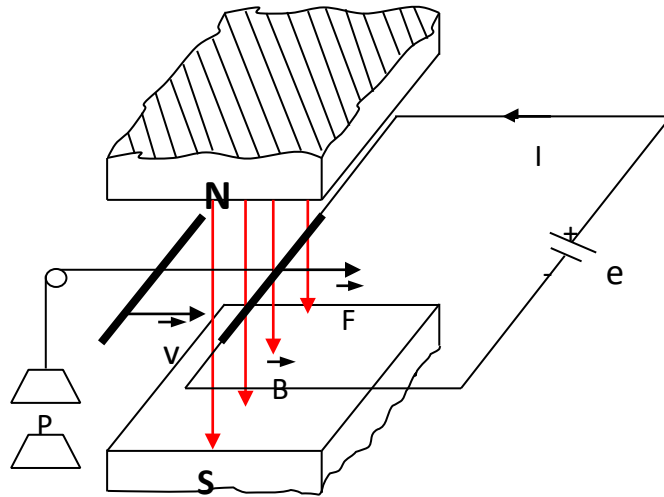


Ứng dụng sản xuất ra máy phát điện.

3. Nguyên tắc biến đổi điện năng thành cơ năng.

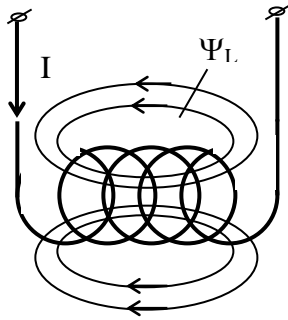
Đặt thanh dẫn có dòng điện I do nguồn e cung cấp vào trong từ trường đều B, lúc này thanh dẫn bị tác dụng một lực điện từ F làm nó di chuyển và kéo vật nặng P đi. Như vậy ta thấy thanh dẫn có dòng điện đặt trong từ trường đã có tác dụng kéo vật nặng P, hay điện năng biến thành cơ năng.

Đây là nguyên lý của động cơ điện.



Hình 3.4

4. Hiện tượng tự cảm

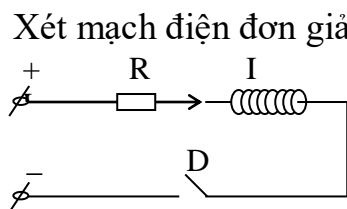


Hiện tượng tự cảm: Khi dòng điện qua cuộn dây biến thiên sẽ sinh ra từ thông biến thiên Ψ_L móc vòng qua cuộn dây sẽ làm xuất hiện sức điện động tự cảm e_L được xác định theo định luật Maxoen :

$$e_L = -\frac{d\Psi_L}{dt} = -\frac{d(Li)}{dt} = -L\frac{di}{dt} = -L\frac{\Delta i}{\Delta t}$$

Nếu mạch điện kín thì sức điện động này sẽ tạo ra dòng điện tự cảm qua mạch có chiều chống lại nguyên nhân sinh ra nó (Lenx). Hiện tượng tạo ra sức điện động tự cảm trong mạch do sự biến thiên của từ thông móc vòng do chính mạch đó gây ra được gọi là hiện tượng tự cảm.

Hiện tượng tự cảm khi đóng cắt mạch điện một chiều:



H 3.5

Xét mạch điện đơn giản:

Trước khi đóng D thì $I = 0$, không có hiện tượng gì xảy ra.

Sau khi đóng D:

Nếu không có điện cảm L thì dòng điện trong mạch lập tức đạt giá trị $I = U/R$

Nếu mạch có điện cảm L thì do trong mạch có tồn tại dòng điện biến thiên nên xuất hiện sức điện động tự cảm $e_L = -\frac{d\Psi_L}{dt} = -\frac{d(L.i)}{dt} = -L\frac{di}{dt} = -L\frac{\Delta i}{\Delta t}$.

Áp dụng định luật Kierhoff 2, ta có:

$$U + e_L = i.R \text{ hay:}$$

$$U - L\frac{di}{dt} - i.R = 0.$$

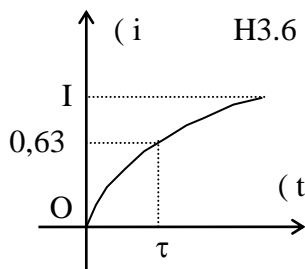
Phương trình trên có dạng vi phân cấp 1 nên nghiệm của nó có dạng:

$$i = I.(1 - e^{-t/\tau}).$$

$e = 2,71$ là hệ số lôgarit tự nhiên

$\tau = L/R$ là hằng số thời gian của mạch

Quan hệ $i = f(t)$ là một đường cong được biểu diễn:



+ Khi $t = 0$ thì $e^{-t/\tau} = 1 \Rightarrow i = 0$

+ Khi $t = T$ thì $i = I.(1 - e^{-1}) = 0,63I$

+ Khi $t = \text{vô cùng}$ thì $e^{-t/\tau} \rightarrow 0 \Rightarrow i \rightarrow I$

Tức là dòng điện đạt giá trị ổn định sau thời gian vô cùng lớn.

Trong thực tế thì khi $t = 5\tau$ thì $i = I(1 - e^{-5}) = 0,99I$. Thì lúc này có thể xem như dòng điện đã đạt giá trị ổn định.

Từ thông móc vòng và hệ số tự cảm

Hệ số tự cảm: Khi cuộn dây có dòng điện sẽ có từ thông Ψ_L móc vòng qua nó.

Dòng

điện qua cuộn dây càng lớn thì Ψ_L càng tăng.

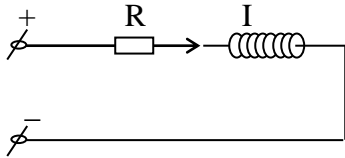
Tỉ số $L = \frac{\Psi_L}{I}$ đặc trưng cho khả năng tự luyện từ của cuộn dây được gọi

là hệ số tự cảm hay điện cảm của cuộn dây.

Nếu cuộn dây có L không phụ thuộc Ψ_L và I thì gọi là cuộn dây tuyến tính, ngược lại thì gọi là cuộn dây phi tuyến.

Năng lượng từ trường

Xét mạch điện đơn giản:



H 3.7

Phương trình cân bằng điện áp:

$$U + e_L = i.R ; \text{ hay}$$

$$U = i.R + L \frac{di}{dt} ; \text{ nhân hai vế với } i.dt \text{ ta có:}$$

$$U.i.dt = i^2.R.dt + L.i \frac{di}{dt} .dt ; \text{ hay}$$

$$U.i.dt = i^2.R.dt + L.i.di.$$

$U.i.dt$: Năng lượng nguồn cung cấp trong thời gian t , đặt bằng dW .

$i^2.R.dt$: Năng lượng tổn hao trên điện trở R

$L.i.di$: Năng lượng tích lũy trong cuộn dây khi dòng điện biến thiên $= i.d\Psi$.

- Tổng vi phân $dW_M = L.i.di$ của năng lượng tích lũy trong từ trường cuộn dây có hệ số

từ cảm L khi dòng điện tăng từ 0 đến I được xác định:

$$W_M = \int_0^I L.i.di = \frac{1}{2} L.I^2 = \frac{1}{2} \Psi.I . \quad (*)$$

Vậy: Năng lượng từ trường tích lũy trong cuộn dây có điện cảm L tỷ lệ với độ lớn giá trị điện cảm và với bình phương dòng điện biến thiên qua cuộn cảm đó.

- Đối với cuộn dây hình xuyên ta có:

$$\Psi = \Psi.W = B.S.W. ; H = I.W/l \rightarrow I = H.l/W \text{ và thay vào phương trình}$$

(*) trên ta có:

$$W_M = \frac{1}{2} \Psi.I = \frac{1}{2} B.S.W. \frac{H.l}{W} = \frac{1}{2} B.S.H.l . ; \text{ Gọi } V = S.l \text{ là thể tích lõi xuyên}$$

thì:

$$\Rightarrow W_M = \frac{1}{2} B.S.V = \frac{1}{2} \frac{B^2}{\mu_0 \mu_r} .V .$$

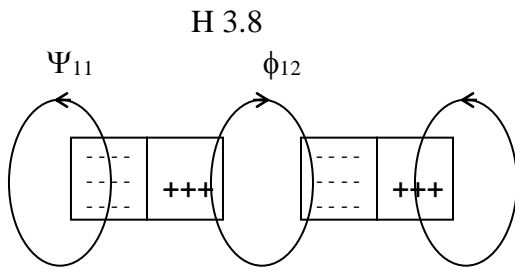
5. Hiện tượng hồ cảm

Xét hai cuộn dây W_1 và W_2 đặt gần nhau:

Khi có dòng điện I_1 chạy qua W_1 thì sẽ sinh ra các thành phần từ thông tự cảm

Ψ_{11} móc vòng qua chính nó và một lượng từ thông hồ cảm Φ_{12} móc vòng qua

cuộn W_2 . Tương tự như thế thì cuộn dây W_2 khi có dòng điện I_2 chạy qua cũng hình thành hai loại từ thông như trên. Được biểu thị bằng hình vẽ



Tổng từ thông hồ cảm móc vòng từ cuộn W_1 sang cuộn W_2 là:

$\Phi_{12} = \phi_{12} \cdot W_1$ tỉ lệ với I_1 . Tương tự như vậy, tổng từ thông hồ cảm móc vòng từ cuộn W_2 sang cuộn

W_1 là: $\Phi_{21} = \phi_{21} \cdot W_2$ tỉ lệ với I_2 .

Từ thông hồ cảm và hệ số hồ cảm

Tỷ số $M_{12} = \frac{\Phi_{12}}{I_1}$ hoặc $M_{21} = \frac{\Phi_{21}}{I_2}$ đặc trưng cho quan hệ hồ cảm giữa hai

cuộn W_1 và W_2 được gọi là hệ số hồ cảm của chúng.

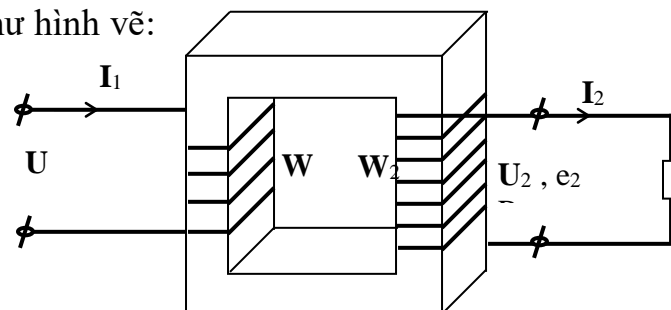
Theo nguyên lý hồ cảm ta có:

$$M_{12} = M_{21} = \frac{\Phi_{12}}{I_1} = \frac{\Phi_{21}}{I_2} = M ; M \text{ gọi là hệ số hồ cảm giữa 2 cuộn dây.}$$

Nguyên tắc máy biến áp (MBA):

Định nghĩa: MBA là thiết bị điện từ tĩnh làm việc theo nguyên lý cảm ứng điện từ, có tác dụng biến đổi hệ thống dòng điện có điện áp này thành điện áp kia có cùng tần số.

Cấu tạo: Gồm lõi thép dẫn từ và hai cuộn dây W_1 và W_2 cách điện với nhau được quấn trên đó, như hình vẽ:



Nguyên lý hoạt động: Xét một MBA đơn giản gồm hai bộ dây quấn trên lõi thép hình trụ, có số vòng dây tương ứng là W_1 và W_2 .

Khi cho điện áp thay đổi U_1 vào cuộn W_1 thì sẽ tạo ra từ thông biến thiên trong lõi thép móc vòng qua cả hai cuộn dây làm cảm ứng trong chúng các sđđ cảm ứng có giá trị:

$$e_1 = -W_1 \cdot \frac{\Delta\phi}{\Delta t}; \text{ (V).}$$

$$e_2 = -W_2 \cdot \frac{\Delta\phi}{\Delta t}; \text{ (V).}$$

Nếu cuộn W_2 để hở mạch thì $U_2 = e_2$ và nếu bỏ qua tổn thất trong MBA thì ta có $U_1 = e_1$. Và lúc đó ta luôn có:

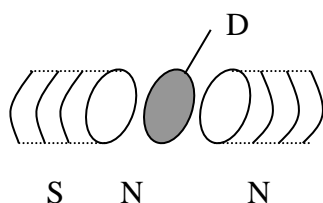
$$\frac{e_1}{e_2} = \frac{U_1}{U_2} = \frac{W_1}{W_2} = k. \quad ; k \text{ được gọi là tỷ số biến áp:}$$

Nếu $k > 1$ thì MBA giảm áp.

Nếu $k < 1$ thì MAB tăng áp.

6. Dòng điện Phu cô (xoáy)

Hiện tượng: Khi từ thông qua một khối kim loại biến thiên sẽ sinh ra các sđđ cảm ứng trong khối kim loại đó tạo ra dòng điện cảm ứng khép mạch trong lòng vật dẫn gọi là dòng điện xoáy. Dòng điện xoáy do nhà bác học Phucô người Pháp tìm ra nên gọi là dòng điện Phucô.



+ý nghĩa

Dòng điện phucô sẽ chạy quanh trong bản thân kim loại gây tổn hao dưới dạng nhiệt.

Ưu điểm: Có thể lợi dụng dòng Phucô để nấu chảy kim loại trong lò điện cảm ứng, hoặc cũng có thể ứng dụng tôi kim loại trong lò nung cao tần, tạo ra các mômen hãm trong các dụng cụ đo.

Nhược điểm: Sinh ra tổn hao trong mạch từ các khí cụ điện, máy điện, làm phát nóng thiết bị và gây tổn hao năng lượng, khi đó cần phải có biện pháp để

làm giảm tác dụng của dòng điện Phuocô bằng cách ghép mạch từ của các khí cụ điện, máy điện từ các lá thép mỏng có lớp sơn cách điện, cũng có thể giảm nhỏ tác dụng này bằng cách thay thế các vật liệu có từ trở lớn như ferít, pécmalôi. ...

Câu hỏi và bài tập:

1. Trình bày hiện tượng cảm ứng điện từ? Nêu ứng dụng của hiện tượng cảm ứng điện từ?
2. Trình bày hiện tượng tự cảm? Nêu ứng dụng của hiện tượng tự cảm?
3. Trình bày hiện tượng tổ cảm? Nêu ứng dụng của hiện tượng hồ cảm?
4. Trình bày khái niệm dòng điện xoáy? Nêu những tác dụng của dòng điện xoáy?

Chương 4: Mạch điện xoay chiều hình sin 1 pha

Mã chương: MH08-04

Giới thiệu:

Trong chương này giới thiệu về khái niệm dòng điện xoay chiều hình sin, nguyên lý tạo ra sức điện động xoay chiều hình sin đồng thời giúp cho sinh viên hiểu được các đại lượng điện xoay chiều hình sin và cách biểu diễn các đại lượng xoay chiều hình sin dưới dạng đồ thị hình sin và đồ thị véc tơ.

Mục tiêu:

- Học xong chương này, học sinh nắm vững kiến thức cơ bản về dòng điện hình sin nói chung và dòng hình sin 1 pha nói riêng;
- Rèn luyện khả năng tư duy logic, các ứng dụng trong thực tế, vận dụng hiểu biết tiếp thu các kiến thức chuyên ngành.

Phương pháp giảng dạy và học tập bài mở đầu

- Đối với người dạy: Sử dụng phương pháp giảng dạy tích cực (điển giảng, vấn đáp, dạy học theo vấn đề); yêu cầu người học nhớ kiến thức cơ bản về dòng điện hình sin nói chung và dòng hình sin 1 pha nói riêng

- Đối với người học: Chủ động đọc trước giáo trình trước buổi học

Điều kiện thực hiện bài học

- Phòng học chuyên môn hóa/nhà xưởng: Phòng học chuyên môn*
- Trang thiết bị máy móc: Máy chiếu và các thiết bị dạy học khác*
- Học liệu, dụng cụ, nguyên vật liệu: Chương trình môn học, giáo trình, tài liệu tham khảo, giáo án, phim ảnh, và các tài liệu liên quan.*

- Các điều kiện khác: Không có

Kiểm tra và đánh giá bài học

- Nội dung:

- ✓ Kiến thức: Kiểm tra và đánh giá tất cả nội dung đã nêu trong mục tiêu kiến thức*
- ✓ Kỹ năng: Đánh giá tất cả nội dung đã nêu trong mục tiêu kỹ năng.*

✓ *Năng lực tự chủ và trách nhiệm: Trong quá trình học tập, người học cần:*

- + *Nghiên cứu bài trước khi đến lớp*
- + *Chuẩn bị đầy đủ tài liệu học tập.*
- + *Tham gia đầy đủ thời lượng môn học.*
- + *Nghiêm túc trong quá trình học tập.*

- **Phương pháp:**

✓ *Điểm kiểm tra thường xuyên: 1 điểm kiểm tra (hình thức: hỏi miệng)*

✓ *Kiểm tra định kỳ lý thuyết: 1 điểm kiểm tra*

✓ *Kiểm tra định kỳ thực hành: không có*

Nội dung chính:

1. Khái niệm về dòng điện hình sin

Dòng điện xoay chiều hình sin là dòng điện xoay chiều biến thiên theo quy luật của hàm số sin.

Dòng điện xoay chiều hình sin là dòng điện xoay chiều đơn giản nhất nên được sử dụng rộng rãi. Từ đây nếu không có ghi chú gì đặc thì khi nói dòng điện xoay chiều là chỉ dòng điện xoay chiều hình sin.

- Dòng điện xoay chiều hình sin là dòng điện xoay chiều biến thiên theo quy luật của hàm số sin.

Dòng điện xoay chiều hình sin là dòng điện xoay chiều đơn giản nhất nên được sử dụng rộng rãi. Từ đây nếu không có ghi chú gì đặc thì khi nói dòng điện xoay chiều là chỉ dòng điện xoay chiều hình sin.

2. Các thông số đặc trưng

a) Chu kỳ T là khoảng thời gian ngắn nhất để dòng điện lặp lại trị số và chiều biến thiên.

b) Tần số f là số chu kỳ của dòng điện trong một giây.

$$f = \frac{1}{T} \text{ Đơn vị của tần số là héc, ký hiệu là Hz.}$$

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

c) Tần số góc ω là tốc độ biến thiên của dòng điện hình sin, đơn vị là rad/s.

Quan hệ giữa tần số góc ω và tần số f là:

$$\omega = 2\pi f$$

d) Trị số tức thời (kí hiệu: $i, u, e...)$

Trị số tức thời là trị số ứng với mỗi thời điểm t . Trong biểu thức $i = I_{\max} \cdot \sin(\omega t + \psi_i)$ trị số tức thời phụ thuộc vào biên độ I_{\max} và góc pha $(\omega t + \psi_i)$

e) Trị số biên độ (kí hiệu $I_{\max}, U_{\max}, E_{\max}...$)

Trị số biên độ là trị số lớn nhất mà lượng hình sin đạt được trong quá trình biến thiên. Biên độ I_{\max} là trị số cực đại, nói lên dòng điện lớn hay nhỏ.

f) Trị số hiệu dụng của dòng điện hình sin.

Trị số tức thời chỉ đặc trưng cho tác dụng của lượng hình sin ở từng thời điểm. Để đặc trưng cho tác dụng trung bình của lượng hình sin trong cả chu kì về mặt năng lượng, người ta đưa vào khái niệm về trị số hiệu dụng của lượng xoay chiều.

Định nghĩa: "Trị số hiệu dụng của dòng điện xoay chiều là giá trị tương đương với dòng điện một chiều khi chúng đi qua cùng một điện trở trong thời gian một chu kì thì toả ra cùng một năng lượng (dưới dạng nhiệt) như nhau."

Trị số hiệu dụng kí hiệu bằng chữ cái in hoa: $I, U, E...$

Ta biết rằng trong khoảng thời gian ngắn dt , dòng điện i đi qua điện trở R toả ra một năng lượng là: $dW = i^2 \cdot R \cdot dt$

Trong một chu kì, dòng điện i toả ra một nhiệt lượng là:

$$W = \int_0^T dW = \int_0^T i^2 \cdot R \cdot dt$$

Năng lượng này bằng năng lượng do dòng điện một chiều toả ra trên điện trở R trong một chu kì: $W = \int_0^T dW = I^2 \cdot R \cdot T$

Suy ra: $I = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T i^2 dt}$ thay biểu thức $i = I_{\max} \cdot \sin \omega t$,

$$\text{ta có: } I = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T I_{\max}^2 \cdot \sin^2 \omega t \cdot dt} = \sqrt{\frac{I_{\max}^2}{T} \int_0^T \sin^2 \omega t \cdot dt}$$

$$\text{Tính tích phân: } \int_0^T \sin^2 \omega t \cdot dt = \int_0^T \frac{1 - \cos 2\omega t}{2} dt = \frac{1}{2} \int_0^T dt - \frac{1}{2} \int_0^T \cos 2\omega t \cdot dt = \frac{T}{2} - 0 = \frac{T}{2}$$

$$\text{Vậy: } I = \sqrt{\frac{I_{\max}^2}{T} \times \frac{T}{2}} = \frac{I_{\max}}{\sqrt{2}}$$

Tương tự ta có trị số hiệu dụng của điện áp và của sức điện động là:

$$U = \frac{U_{\max}}{\sqrt{2}} \approx 0.707.U_{\max}, \quad E = \frac{E_{\max}}{\sqrt{2}} \approx 0.707.E_{\max}$$

Nhận xét: Trị số hiệu dụng của lượng hình sin bằng trị số cực đại chia cho $\sqrt{2}$.

3. Biểu thị các lượng hình sin bằng đồ thị véc tơ

a) Nguyên tắc biểu diễn lượng hình sin dưới dạng vectơ.

Ta biết hàm số sin chính là tung độ điểm cuối bán kính vectơ trên đường tròn lượng giác khi cho bán kính này quay quanh gốc tọa độ với một tốc độ góc không đổi.

Giả sử trên đường tròn lượng giác ta lấy một bán kính vectơ OM, có độ dài bằng biên độ của lượng hình sin theo tỉ lệ xích đã chọn (ví dụ: $OM = E_{\max}$).

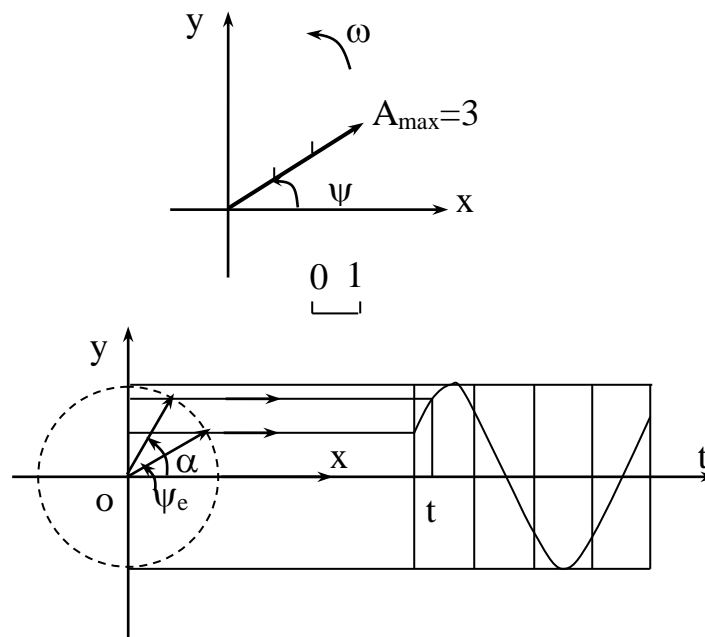
Bán kính vectơ này làm với trục hoành một góc bằng góc pha đầu (ví dụ: ψ_e).

Cho bán kính vectơ OM quay quanh gốc với vận tốc góc của lượng hình sin ω .

Tại thời điểm t bất kì, vectơ OM làm với trục hoành một góc: $\alpha = \omega t + \psi_e$

Tung độ điểm cuối bán kính vectơ là: $y = OM \cdot \sin \alpha = E_{\max} \cdot \sin(\omega t + \psi_e) = e$.

Đó chính là trị số tức thời của lượng hình sin. Đồ thị tương ứng của lượng hình sin này:



Hình 4.1. Biểu diễn lượng hình sin dưới dạng đồ thị

Như vậy một lượng hình sin : $a = A_{\max} \cdot \sin(\omega t)$ được biểu diễn dưới dạng một vectơ quay như sau:

Bước 1: Chọn tỉ lệ xích thích hợp.

Bước 2: Trên mặt phẳng tọa độ, lấy bán kính vectơ có gốc nằm ở gốc tọa độ, làm với trục hoành một góc bằng pha đầu của lượng hình sin ψ , có độ dài (môđun của vectơ) bằng biên độ lượng hình sin A_{\max} theo tỉ lệ xích đã chọn.

Bước 3: Cho vectơ OM quay quanh gốc với tốc độ bằng tốc độ góc của lượng hình sin ω , theo chiều dương là chiều ngược chiều kim đồng hồ.

Vậy: Vectơ OM là vectơ biểu diễn lượng hình sin đã cho và được gọi là đồ thị vectơ của lượng hình sin a.

* Từ đồ thị vectơ ta có thể xác định được:

- Biên độ của lượng hình sin ($I_{\max}, U_{\max}, E_{\max} \dots$)

- Góc pha đầu ($\psi_i, \psi_u, \psi_e \dots$)

- Vận tốc góc ω , do đó xác định được tần số f, chu kì T, nghĩa là hoàn toàn xác định được lượng hình sin.

* **Chú ý:**

1) Để tiện cho tính toán, người ta chọn độ dài bán kính vectơ OM bằng trị số hiệu dụng.

2) Khi có nhiều lượng hình sin cùng tần số góc (tức cùng tần số), vị trí tương đối giữa chúng ở mọi thời điểm đều như nhau. Do đó người ta biểu diễn chúng dưới dạng một hệ vectơ tại thời điểm $t = 0$ và khảo sát hệ đó với tốc độ góc như nhau là ω .

3) Để chỉ vectơ A biểu diễn lượng hình sin: $a = A_{\max} \cdot \sin(\omega t + \psi_a)$, ta kí hiệu là vectơ a hay \vec{A} .

b) Cộng và trừ các lượng hình sin bằng đồ thị.

Cách đơn giản để cộng và trừ các lượng hình sin là dùng đồ thị. Có hai loại đồ thị: đồ thị hình sin và đồ thị vectơ.

- Để cộng và trừ bằng đồ thị hình sin, ta vẽ các lượng hình sin thành phần lên cùng một hệ trục tọa độ, rồi cộng (hay trừ), các tung độ ở cùng thời điểm (tức là cùng hoành độ), ta có tung độ tương ứng của lượng hình sin tổng (hay hiệu) ở thời điểm ấy.

Phương pháp dùng đồ thị hình sin có ưu điểm là có thể cộng hoặc trừ các lượng hình sin không cùng tần số và kết quả cho ta luôn đồ thị của lượng

hình sin tổng (hay hiệu). Tuy nhiên thực hiện phương pháp này khó khăn và mất thời gian.

- Phương pháp cộng và trừ bằng đồ thị vector chỉ thực hiện được đối với các lượng hình sin cùng tần số góc (cùng tần số). Vì các lượng hình sin cùng tốc độ góc nên vị trí tương đối của chúng ở mọi thời điểm là như nhau. Như vậy ta có thể áp dụng nguyên tắc cộng và trừ các vector.

* Cho hai lượng hình sin: $e_1 = E_{1max} \cdot \sin(\omega t + \psi_1)$

$$e_2 = E_{2max} \cdot \sin(\omega t + \psi_2)$$

- Tổng hai lượng hình sin: $e = e_1 + e_2$ được biểu diễn bởi vector như sau:

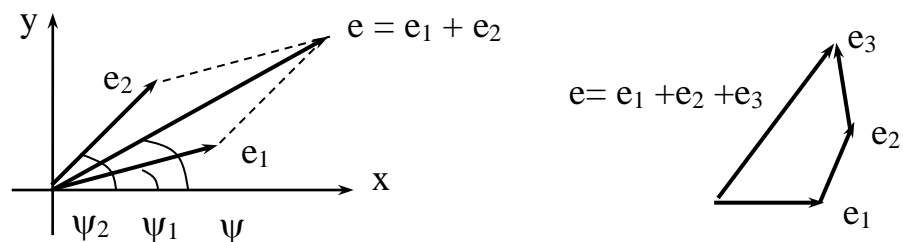
Đặt liên tiếp vector e_2 với vector e_1 (gốc e_2 trùng với ngọn e_1). Nối gốc e_1 với ngọn e_2 , đó chính là vector tổng e .

Vector e cũng có thể suy ra từ quy tắc hình bình hành như sau: đặt hai vector thành phần e_1 và e_2 cùng gốc, lấy e_1 và e_2 làm 2 cạnh, vẽ hình bình hành thì vector tổng $e = e_1 + e_2$ là đường chéo hình bình hành cùng xuất phát từ gốc chung. Nếu có nhiều lượng hình sin $e_1, e_2, e_3 \dots$ ta cũng tìm vector tổng của chúng theo nguyên tắc trên.

Phép trừ vector được suy ra từ phép cộng với vector đối: $e = e_1 + e_2 = e_1 + (-e_2)$.

Ta cũng có thể tìm vector hiệu như sau: hiệu hai vector là vector có gốc là ngọn của vector trừ Từ biểu thức trị số tức thời dòng điện

$$i = I_{max} \sin(\omega t + \psi_i) = I\sqrt{2} \sin(\omega t + \Psi_i)$$



Hình 4.2. Cộng các vector

Ta thấy khi tần số đã cho, nếu biết trị số hiệu dụng I và pha đầu Ψ_i , thì dòng điện i hoàn toàn xác định.

Từ toán học, vector được đặc trưng bởi độ dài (độ lớn, mô đun) và góc (acgumen), từ đó ta có thể dùng vector để biểu diễn dòng điện hình sin (hình như sau:

Độ dài của vector biểu diễn trị số hiệu dụng.

Góc của vector với trục ox biểu diễn góc pha đầu. Ta ký hiệu như sau:

Vectơ dòng điện: $\vec{I} = I \angle \Psi_i$

Vectơ điện áp: $\vec{U} = U \angle \Psi_u$

Ví dụ 3.1: Hãy biểu diễn dòng điện, điện áp bằng vectơ và chỉ ra góc lệch pha φ , cho biết:

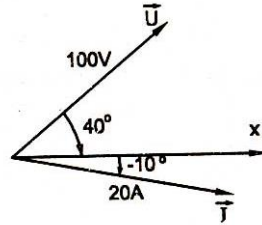
$$i = 20\sqrt{2} \sin(\omega t - 10^\circ) \text{A}$$

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

Giải:

Vectơ dòng điện: $\vec{I} = 20 \angle -10^\circ$

Vectơ điện áp: $\vec{U} = 100 \angle 40^\circ$



Hình 4.3. Đồ thị vectơ \vec{U} và \vec{I} cho ví dụ 3.1

Chọn tỷ lệ xích cho dòng điện, và tỷ lệ xích cho điện áp sau đó biểu diễn chúng bằng vectơ. Chú ý góc pha dương, âm được xác định theo quy ước trên hình.

Góc lệch pha φ giữa điện áp và dòng điện là góc giữa 2 vectơ \vec{U} và \vec{I}

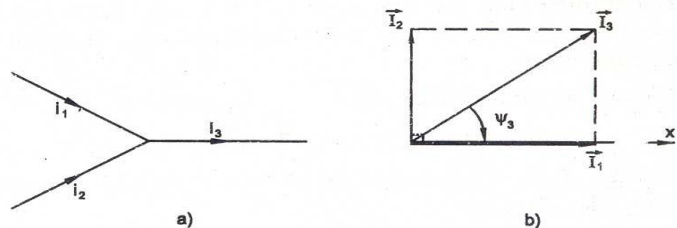
Phương pháp biểu diễn chúng bằng vectơ giúp ta dễ dàng cộng hoặc trừ các đại lượng dòng điện, điện áp xoay chiều hình sin.

Ví dụ 3.2: Tính dòng điện i_3 trong hình a) Cho biết trị số tức thời $i_1 = 16\sqrt{2} \sin \omega t$; $i_2 = 12\sqrt{2} \sin(\omega t + 90^\circ)$

Giải: áp dụng định luật Kirchoff 1 tại nút ta có: $i_3 = i_1 + i_2$

Ta không cộng trực tiếp trị số tức thời đã cho, mà biểu diễn chúng thành vectơ hình b

$\vec{I}_1 = 16 \angle 0^\circ$
 $\vec{I}_2 = 12 \angle 90^\circ$
 Rồi tiến hành cộng vectơ:
 $\vec{I} = \vec{I}_1 + \vec{I}_2$



Hình 4.4. Đồ thị vectơ \vec{U} và \vec{I} cho ví dụ 3.2

Trị số hiệu dụng của dòng điện I_3 là:

$$I_3 = \sqrt{12^2 + 16^2} = 20 \text{A}$$

Góc pha của dòng điện i_3 là:

$$\operatorname{tg}\psi_3 = \frac{12}{16} = 0,75$$

$$\text{Góc } \psi_3 = 36,87^\circ$$

Biết được trị số hiệu dụng I và góc pha đầu ψ_1 ta xác định dễ dàng trị số tức thời.

Trị số tức thời của dòng điện i_3

$$i_3 = 20\sqrt{2} \sin(\omega t + 36,87^\circ)$$

Việc ứng dụng vectơ để biểu diễn các đại lượng và các quan hệ trong mạch điện cũng như để giải mạch điện sẽ được đề cập trong các mục tiếp theo.

4. Mạch hình sin thuần trở

a. Quan hệ dòng áp.

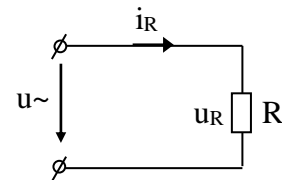
Xét mạch điện đơn giản chỉ có một phần tử là điện trở R được nối vào nguồn điện áp hình sin.

Ta có: $u = u_R = U_{R\max} \cdot \sin(\omega t + \psi_{u_R})$

Tại mọi thời điểm theo định luật Ôm ta có:

$$i_R = \frac{u_R}{R} = \frac{U_{R\max} \cdot \sin(\omega t + \psi_{u_R})}{R} = I_{R\max} \cdot \sin(\omega t + \psi_{i_R})$$

Trong đó: $I_{R\max} = \frac{U_{R\max}}{R}$, $\psi_{i_R} = \psi_{u_R}$

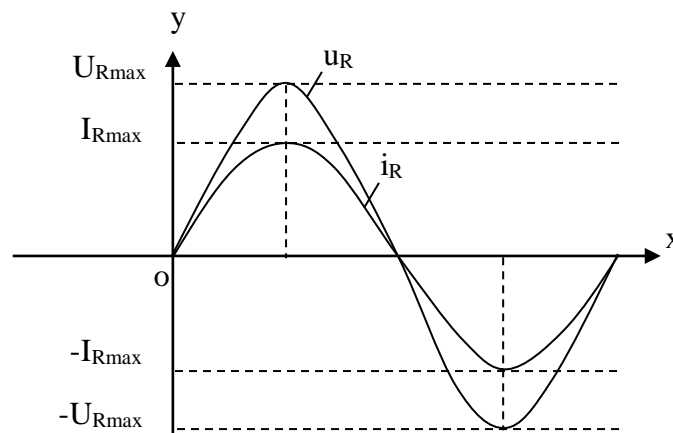


Hình 4.5. Mạch điện chỉ có điện trở R .

Nhận xét: Dòng điện và điện áp trên điện trở biến thiên cùng tần số và trùng pha nhau.

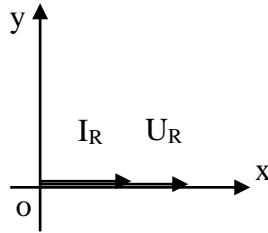
Góc lệch pha: $\varphi = \psi_{u_R} - \psi_{i_R} = 0$

* Đồ thị hình sin:



Hình 4.6. Đồ thị hình sin của mạch điện chỉ có điện trở R .

* Đồ thị vectơ:



Hình 4.7. Đồ thị vectơ của mạch điện chỉ có điện trở R.

b. Định luật Ôm.

Ta có: $I_{R\max} = \frac{U_{R\max}}{R}$ chia cả 2 vế cho $\sqrt{2}$

$$\Rightarrow \boxed{I_R = \frac{U_R}{R}}$$

c. Công suất.

- Công suất tức thời p_R .

$$\begin{aligned} p_R &= u_R \cdot i_R = U_{R\max} \cdot \sin(\omega t + \psi_{u_R}) \cdot I_{R\max} \cdot \sin(\omega t + \psi_{i_R}) \\ &= (I_{R\max} \cdot R) \cdot \sin(\omega t + \psi_{i_R}) \cdot I_{R\max} \cdot \sin(\omega t + \psi_{i_R}) \\ &= I_{R\max}^2 \cdot R \cdot \sin^2(\omega t + \psi_{i_R}) \end{aligned}$$

Nhận xét: Công suất tức thời $p_R \geq 0$ với $\forall t$, nghĩa là ở điện trở luôn có sự tiêu hao năng lượng điện năng được biến đổi thành điện năng.

- Công suất tác dụng P_R .

Công suất tác dụng là giá trị trung bình của công suất tức thời trong một chu kì của dòng điện.

$$\begin{aligned} P_R &= \frac{1}{T} \int_0^T p_R \cdot dt = \frac{1}{T} \int_0^T I_{R\max}^2 \cdot R \cdot \sin^2(\omega t + \psi_{i_R}) dt = \frac{I_{R\max}^2 \cdot R}{T} \int_0^T \frac{1 - \cos(\omega t + \psi_{i_R})}{2} \cdot dt \\ &= \frac{I_{R\max}^2 \cdot R}{T} (T - 0) = I_R^2 \cdot R \text{ (W)} \end{aligned}$$

5. Mạch hình sin thuần điện cảm

a. Quan hệ dòng áp.

Xét mạch điện đơn giản chỉ có một phần tử là điện cảm L được nối vào nguồn điện áp hình sin.

Ta có: $i_L = I_{L\max} \cdot \sin(\omega t + \psi_{i_L})$

Điện áp trên điện cảm:

$$\begin{aligned} u_L &= L \frac{di_L}{dt} = \frac{d[I_{L\max} \cdot \sin(\omega t + \psi_{i_L})]}{dt} = \omega \cdot L \cdot I_{L\max} \cdot \cos(\omega t + \psi_{i_L}) \quad u \sim \begin{array}{c} \phi \\ \text{---} \xrightarrow{i_L} \text{---} \\ \text{---} \text{---} \text{---} \\ \text{---} \text{---} \text{---} \\ \phi \end{array} \\ &= U_{L\max} \cdot \sin(\omega t + \psi_{i_L} + 90^\circ) = U_{L\max} \cdot \sin(\omega t + \psi_{u_L}) \end{aligned}$$

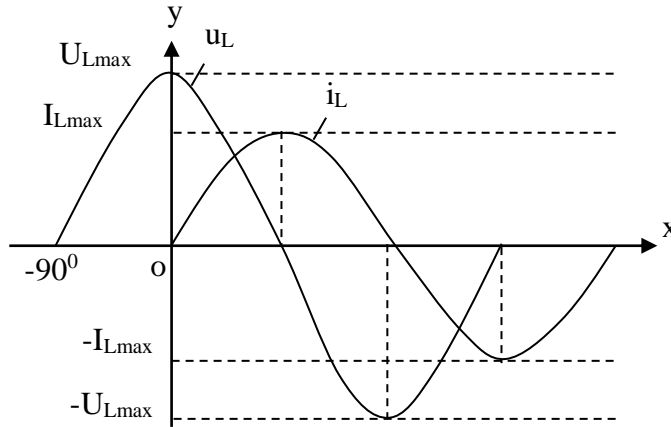
Trong đó: $U_{L\max} = \omega.L.I_{L\max}$, $\psi_{u_L} = \psi_{i_L} + 90^\circ$

Hình 4.8. Mạch điện chỉ có điện cảm L.

Nhận xét: Dòng điện và điện áp trên điện cảm biến thiên cùng tần số, nhưng điện áp nhanh pha hơn dòng điện một góc 90° .

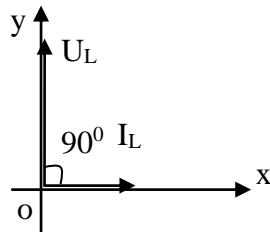
Góc lệch pha: $\varphi = \psi_{u_L} - \psi_{i_L} = 90^\circ$

* Đồ thị hình sin:



Hình 4.9. Đồ thị hình sin của mạch điện chỉ có điện cảm L.

* Đồ thị vector:



Hình 4.10. Đồ thị hình vector của mạch điện chỉ có điện cảm L.

b. Định luật Ôm.

Ta có: $U_{L\max} = \omega.L.I_{L\max} = X_L.I_{L\max}$

$$I_{L\max} = \frac{U_{L\max}}{X_L} \text{ chia cả 2 vế cho } \sqrt{2}$$

$$\Rightarrow \boxed{I_L = \frac{U_L}{X_L}}$$

Trong đó: X_L : là điện kháng (inductive reactance) của điện cảm (Ω).

c. Công suất.

- Công suất tức thời p_L .

$$\begin{aligned}
p_L &= u_L \cdot i_L = U_{L_{\max}} \cdot \sin(\omega t + \psi_{u_L}) \cdot I_{L_{\max}} \cdot \sin(\omega t + \psi_{i_L}) \\
&= (I_{L_{\max}} \cdot X_L) \cdot \sin(\omega t + \psi_{i_L} + 90^\circ) \cdot I_{L_{\max}} \cdot \sin(\omega t + \psi_{i_L}) \\
&= I_{L_{\max}}^2 \cdot X_L \cdot \cos(\omega t + \psi_{i_L}) \cdot \sin(\omega t + \psi_{i_L}) \\
&= I_L^2 \cdot X_L \cdot \sin 2(\omega t + \psi_{i_L})
\end{aligned}$$

Nhận xét: Công suất tức thời p_L dao động hình sin với tần số 2ω (gấp đôi tần số của dòng điện), với biên độ $I_L^2 \cdot X_L$

- Công suất tác dụng P_L .

Công suất tác dụng là giá trị trung bình của công suất tức thời trong một chu kỳ của dòng điện.

$$P_L = \frac{1}{T} \int_0^T p_L \cdot dt = \frac{1}{T} \int_0^T I_L^2 \cdot X_L \cdot \sin 2(\omega t + \psi_{i_L}) dt = 0$$

Về mặt vật lý điều này có nghĩa là ở điện cảm không có sự tiêu hao năng lượng mà chỉ có sự trao đổi năng lượng giữa nguồn và từ trường của cuộn dây. Trong mỗi chu kỳ năng lượng do nguồn đưa vào từ trường của điện cảm cũng bằng năng lượng mà từ trường trả lại nguồn.

Đặc trưng cho cường độ của sự trao đổi năng lượng giữa nguồn và từ trường của điện cảm người ta dùng biên độ của công suất tức thời, gọi là công suất phản kháng (reactive power) của điện cảm: $Q_L = I_L^2 \cdot X_L$ (VA_r: Vôn Ampe phản kháng).

6. Mạch hình sin thuần điện dung

a. Quan hệ dòng áp.

Xét mạch điện đơn giản chỉ có một phần tử là điện dung C được nối vào nguồn điện áp hình sin.

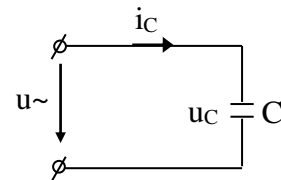
$$\text{Ta có: } i_C = I_{C_{\max}} \cdot \sin(\omega t + \psi_{i_C})$$

Điện áp trên điện dung:

$$u_C = \frac{1}{C} \int i_C \cdot dt = \frac{1}{C} \int I_{C_{\max}} \cdot \sin(\omega t + \psi_{i_C}) \cdot dt$$

$$\begin{aligned}
&= \frac{1}{\omega \cdot C} I_{C_{\max}} \cdot [-\cos(\omega t + \psi_{i_C})] = U_{C_{\max}} \cdot \sin(\omega t + \psi_{i_C} - 90^\circ) \\
&= U_{C_{\max}} \cdot \sin(\omega t + \psi_{u_C})
\end{aligned}$$

$$\text{Trong đó: } U_{C_{\max}} = \frac{1}{\omega \cdot C} I_{C_{\max}}, \quad \psi_{u_C} = \psi_{i_C} - 90^\circ$$

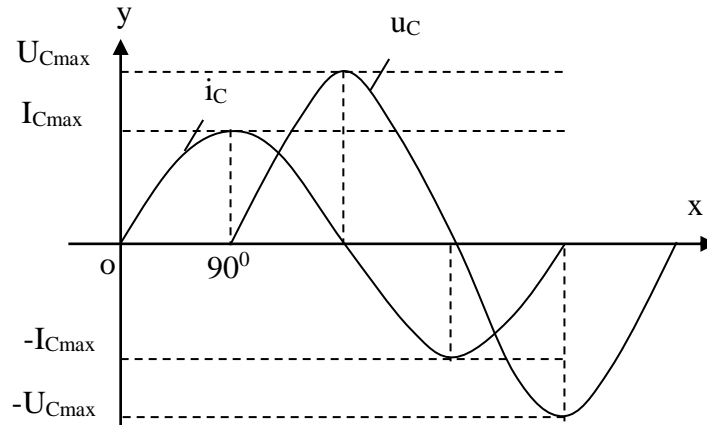


Hình 4.11. Mạch điện chỉ có điện dung C .

Nhận xét: Dòng điện và điện áp trên điện dung biến thiên cùng tần số, nhưng điện áp chậm pha sau dòng điện một góc 90° .

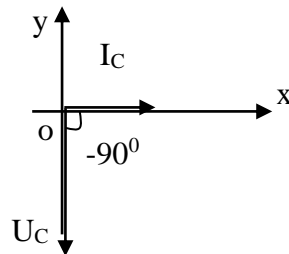
$$\text{Góc lệch pha: } \varphi = \psi_{u_C} - \psi_{i_C} = -90^\circ$$

* Đồ thị hình sin:



Hình 4.12. Đồ thị hình sin của mạch điện chỉ có điện dung C.

* Đồ thị vectơ:



Hình 4.13. Đồ thị hình vectơ của mạch điện chỉ có điện dung C.

b. Định luật Ôm - dạng phức.

Ta có: $U_{C\max} = \frac{1}{\omega \cdot C} I_{C\max} = X_C \cdot I_{C\max}$

$$I_{C\max} = \frac{U_{C\max}}{X_C} \text{ chia cả 2 vế cho } \sqrt{2} \Rightarrow \boxed{I_C = \frac{U_C}{X_C}}$$

Trong đó: X_C : là điện kháng (capacitive reactance) của điện dung (Ω).

c. Công suất.

- Công suất tức thời p_C .

$$\begin{aligned} p_C &= u_C \cdot i_C = U_{C\max} \cdot \sin(\omega t + \psi_{u_C}) \cdot I_{C\max} \cdot \sin(\omega t + \psi_{i_C}) \\ &= (I_{C\max} \cdot X_C) \cdot \sin(\omega t + \psi_{i_C} - 90^\circ) \cdot I_{C\max} \cdot \sin(\omega t + \psi_{i_C}) \\ &= I_{C\max}^2 \cdot X_C \cdot [-\cos(\omega t + \psi_{i_C})] \cdot \sin(\omega t + \psi_{i_C}) \\ &= -I_C^2 \cdot X_C \cdot \sin 2(\omega t + \psi_{i_C}) \end{aligned}$$

Nhận xét: Công suất tức thời p_C dao động hình sin với tần số 2ω (gấp đôi tần số của dòng điện), với biên độ $I_C^2 \cdot X_C$

- Công suất tác dụng P_C .

Công suất tác dụng là giá trị trung bình của công suất tức thời trong một chu kỳ của dòng điện.

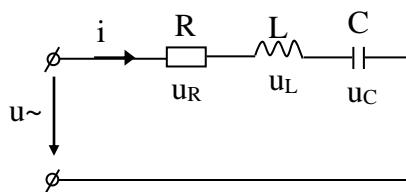
$$P_C = \frac{1}{T} \int_0^T p_C \cdot dt = \frac{1}{T} \int_0^T -I_C^2 \cdot X_C \cdot \sin 2(\omega t + \psi_{i_c}) dt = 0$$

Về mặt vật lý điều này có nghĩa là ở điện dung không có sự tiêu hao năng lượng mà chỉ có sự trao đổi năng lượng giữa nguồn và điện trường của tụ điện. Trong mỗi chu kỳ năng lượng do nguồn đưa vào điện trường của tụ điện cũng bằng năng lượng mà điện trường trả lại nguồn.

Để đặc trưng cho cường độ của sự trao đổi năng lượng giữa nguồn và điện trường của tụ điện người ta dùng biên độ của công suất tức thời, gọi là công suất phản kháng (reactive power) của điện dung: $Q_C = I_C^2 \cdot X_C$ (VA_r: Vôn Ampe phản kháng).

7. Mạch điện R- L- C nối tiếp

Mắc nối tiếp: là cách mắc sao cho chỉ có duy nhất một dòng điện đi qua các phần tử.



Hình 4.14. Mạch điện chỉ có RLC mắc nối tiếp.

Xét mạch điện xoay chiều gồm các phần tử điện trở R, điện cảm L, điện dung C mắc nối tiếp, đặt vào nguồn điện áp xoay chiều hình sin có

$$i = I_{\max} \cdot \sin(\omega t + \psi_i)$$

Dòng điện xoay chiều hình sin qua R, L, C gây ra sụt áp trên các phần tử:

$$u = u_R + u_L + u_C = R \cdot I_{\max} \cdot \sin(\omega t + \psi_i) + \omega \cdot L \cdot I_{\max} \cdot \sin(\omega t + \psi_i) + \frac{1}{\omega \cdot C} \cdot I_{\max} \cdot \sin(\omega t + \psi_i)$$

Về trị số và về pha ta có:

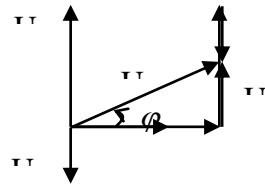
+ $U_R = I \cdot R$, điện áp trên điện trở trùng pha với dòng điện.

+ $U_L = I \cdot B_L$, điện áp trên điện cảm nhanh pha hơn dòng một góc 90° .

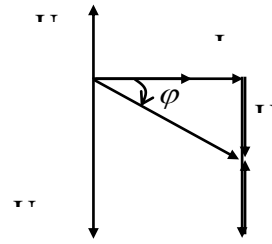
+ $U_C = I \cdot X_C$, điện áp trên điện dung chậm pha sau dòng điện một góc 90° .

Đồ thị vectơ:

$$U_L > U_C (X_L > X_C)$$



$$U_L < U_C (X_L < X_C)$$



Hình 4.15. Đồ thị vectơ của mạch điện có RLC mắc nối tiếp.

Nhận xét: Dòng điện và điện áp lệch pha nhau một góc φ .

+ $\varphi > 0$ khi $U_L > U_C (X_L > X_C)$: Điện áp nhanh pha hơn dòng điện một góc φ .

+ $\varphi < 0$ khi $U_L < U_C (X_L < X_C)$: Điện áp chậm pha sau dòng điện một góc φ .

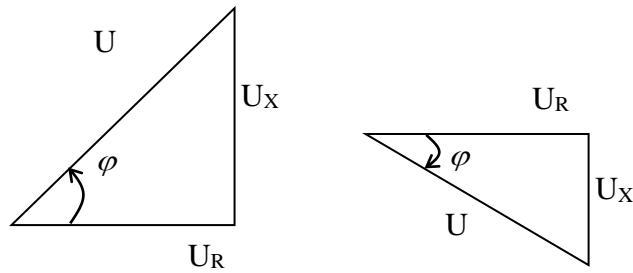
Tam giác điện áp.

ta có:

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

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

$$\rightarrow \varphi = \operatorname{arctg} \frac{U_L - U_C}{U_R}$$



Hình 4.16. Tam giác điện áp

Từ tam giác điện áp ta có:

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

$$\rightarrow I = \frac{U}{Z} \text{ trong đó: } Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2} : \text{ là tổng trở } (\Omega).$$

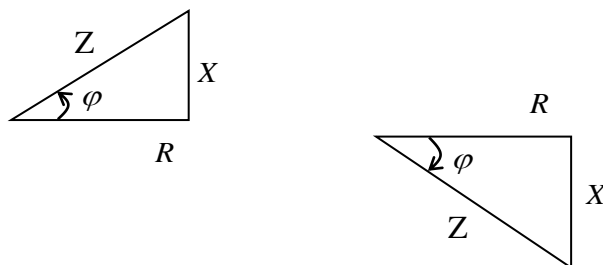
$X = X_L - X_C$: điện kháng hay trở kháng phản kháng (Ω).

Tam giác tổng trở:

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

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

$$\rightarrow \varphi = \operatorname{arctg} \frac{X_L - X_C}{R}$$



Hình 4.17. Tam giác tổng trở

Công suất:

- Công suất tác dụng: $P = I^2.R$ (W)

- Công suất phản kháng: $Q = Q_L - Q_C = I^2.(X_L - X_C)$ (VAr)

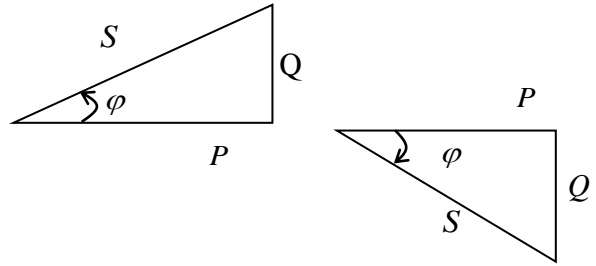
- Công suất biểu kiến: $S = \sqrt{P^2 + Q^2} = \sqrt{P^2 + (Q_L - Q_C)^2}$ (VA)

Tam giác công suất.

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

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

$$\rightarrow \varphi = \operatorname{arctg} \frac{Q_L - Q_C}{P}$$



Hình 4.18. Tam giác công suất

Ví dụ 3.4: Một mạch điện gồm $R = 10\Omega$, $X_L = 16\Omega$, $X_C = 11\Omega$ nối tiếp. Điện áp nguồn $u = 200\sqrt{2} \sin(\omega t + 50^\circ)$. Tính dòng điện trong mạch.

Giải: Tổng trở phức của mạch

$$\begin{aligned} Z &= R + j(X_L - X_C) = 10 + j(16 - 11) \\ &= 10 + j5 = 11,18 \angle 26,56^\circ \end{aligned}$$

Điện áp phức của nguồn:

$$\dot{U} = 200 \angle 50^\circ$$

áp dụng định luật Ôm

$$\dot{I} = \frac{\dot{U}}{Z} = \frac{200 \angle 50^\circ}{11,18 \angle 26,56^\circ} = 17,88 \angle 23,44^\circ$$

Trị số hiệu dụng và góc pha đầu của dòng điện là:

$$I = 17,88 \text{ A}$$

$$\psi_i = 23,44^\circ$$

Trị số tức thời của dòng điện là:

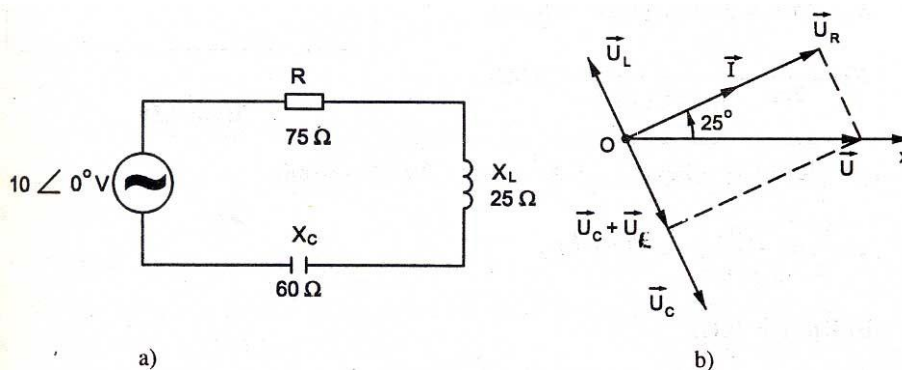
$$i = 17,88 \sqrt{2} \sin(\omega t + 23,44^\circ) \text{ A}$$

2.2. Giải mạch có nhiều phần tử mắc nối tiếp.

Ví dụ 3.5: Cho mạch điện R, L, C nối tiếp biết điện áp đầu cực của nguồn $u = 10\sqrt{2} \sin \omega t$

Tính dòng điện I và điện áp trên các phần tử U_R , U_L , U_C . Vẽ đồ thị vectơ mạch điện.

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



Hình 4.19. Mạch điện ví dụ 3.5

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

Dòng điện I chạy trong mạch

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

Điện áp trên các phần tử

$$U_R = RI = 75 \cdot 0,121 = 9,08V$$

$$U_L = X_L I = 25 \cdot 0,121 = 3,03V$$

$$U_C = X_C I = 60 \cdot 0,121 = 7,27V$$

Góc lệch pha giữa điện áp và dòng điện:

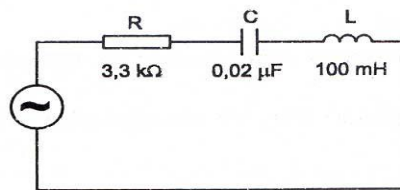
$$\operatorname{tg}\varphi = \frac{X_L - X_C}{R} = \frac{25 - 60}{75} = -0,466$$

$\varphi = -25^\circ$, $\varphi < 0$ cho ta biết dòng điện vượt trước điện áp.

Để vẽ đồ thị vector trước hết vẽ vector điện áp trùng với trục ox ($\psi_u = 0$) sau đó vẽ vector dòng điện \vec{I} vượt trước điện áp \vec{U} một góc 25° . Vector \vec{U}_R trùng pha với \vec{I} , vector \vec{U}_L vượt trước \vec{I} một góc 90° , vector \vec{U}_C chậm sau dòng điện \vec{I} một góc 90° . Chú ý: $\vec{U} = \vec{U}_R + \vec{U}_L + \vec{U}_C$

Ví dụ 3.6: Một mạch điện R, L, C nối tiếp. Điện áp đầu cực của nguồn $U = 20V$, tính dòng điện trong mạch khi tần số $f = 1kHz$ và $f = 2kHz$.

Giải:



Hình 4.20. Mạch điện ví dụ 3.6

a. Khi $f = 1kHz$

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Ví dụ 3.7: Một mạch điện R, L, C nối tiếp. Biết điện trở $R=10\text{k}\Omega$, dòng điện $I=0,2\text{mA}$, tần số dòng điện $f = 10\text{Hz}$.

a. Xác định điện áp U_R , U_L , U và vẽ đồ thị vectơ của mạch.

b. Thay $L = C$, cho biết dòng điện I có trị số không đổi. Xác định C và vẽ đồ thị vectơ trong trường hợp này.

Giải:

a, Mạch RL nối tiếp:

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

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

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

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

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

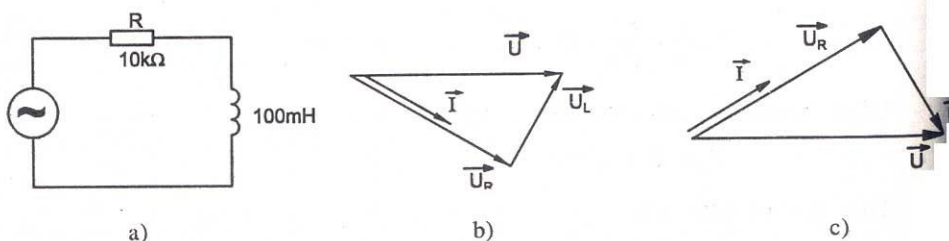
b. Mạch RC nối tiếp:

Vì I không đổi, nên tổng trở z không đổi. Từ biểu thức $z = \sqrt{R^2 + X_C^2}$

ta có:

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

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



Hình 4.21. Mạch điện ví dụ 3.7

2.3. Cộng hưởng điện áp.

Trong mạch điện xoay chiều R, L, C mắc nối tiếp điện áp trên điện cảm và điện dung luôn ngược pha nhau một góc 180° . Khi trị số $U_L = U_C$ thì chúng

sẽ triệt tiêu nhau, trong mạch chỉ còn điện áp trên điện trở và bằng điện áp nguồn $U_R = U$.

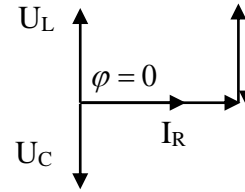
Khi có cộng hưởng điện áp, ta có:

$$\text{Điện áp: } U = \sqrt{U_R^2 + (U_L - U_C)^2} = U_R$$

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

$$\text{Dòng điện: } I = \frac{U}{Z} = \frac{U}{R}$$

$$\text{Góc lệch pha: } \varphi = \arctg \frac{U_L - U_C}{U_R} = 0$$



Hình 4.22. Đồ thị vectơ I, U khi cộng hưởng điện áp.

Điều kiện cộng hưởng điện áp:

$$U_L = U_C \text{ hay } X_L = X_C$$

$$\Leftrightarrow \omega.L = \frac{1}{\omega.C} \Leftrightarrow \omega = \frac{1}{\sqrt{L.C}} = \omega_0: \text{ là tần số góc riêng của mạch}$$

(rad/s).

$$\text{Tần số: } f = \frac{1}{2\pi\sqrt{L.C}} = f_0: \text{ tần số riêng của mạch (Hz).}$$

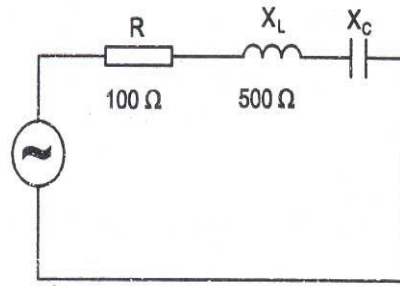
Như vậy tổng trở Z đạt giá trị nhỏ nhất tại $\omega = \omega_0$ do đó dòng điện $I = \frac{U}{Z}$ đạt giá trị lớn nhất tại điểm cộng hưởng.

- Hiện tượng cộng hưởng có nhiều ứng dụng trong kỹ thuật như để tạo ra điện áp lớn (trên cuộn cảm hay tụ điện) khi điện áp nguồn vẫn nhỏ: thường dùng trong thí nghiệm, dùng trong mạch lọc theo tần số, ứng dụng trong kỹ thuật nắn điện hay thông tin... Tuy nhiên nếu xảy ra cộng hưởng trong mạch điện không ứng với chế độ làm việc bình thường sẽ dẫn đến hậu quả có hại như điện áp trên cuộn cảm hay tụ điện quá lớn, vượt quá trị số cho phép sẽ gây nguy hiểm cho thiết bị và người vận hành.

Ví dụ 3.8: Một mạch điện R, L, C nối tiếp.

Điện áp đầu cực của nguồn $U = 200V, f = 50Hz$. Xác định C để mạch có cộng hưởng nối tiếp. Tính dòng điện I và điện áp trên các phần tử U_R, U_L, U_C .

Giải:



Hình 4.23. Mạch điện ví dụ 3.8

Để có cộng hưởng nối tiếp thì: $X_C = X_L = 500\Omega$

Điện dung C của mạch điện

$$C = \frac{1}{2\pi f X_C} = \frac{1}{2\pi 50 \cdot 500} = 6,37 \cdot 10^{-6} F$$

Dòng điện khi cộng hưởng

$$I = \frac{U}{R} = \frac{200}{100} = 2A$$

Điện áp trên điện trở bằng điện áp nguồn

$$U_R = U = 200V$$

Điện áp trên điện cảm

$$U_L = X_L I = 500 \cdot 2 = 1000V$$

Điện áp trên điện dung

$$U_C = X_C I = 500 \cdot 2 = 1000V$$

Điện áp U_L , U_C lớn hơn điện áp nguồn rất nhiều.

Câu hỏi ôn tập và bài tập

1. Dòng điện xoay chiều hình sin là gì? Biểu thức trị số tức thời, trị số hiệu dụng ? Ý nghĩa trị số hiệu dụng?
2. Định nghĩa góc pha ψ_i , ψ_u góc lệch pha φ . Đại lượng nào phụ thuộc vào chọn gốc toạ độ? Đại lượng nào phụ thuộc vào thông số R, X của mạch?
3. Hãy viết biểu thức I, φ , vẽ đồ thị vector cho các nhánh sau: R, L, C, RL, RC, LC, RLC nối tiếp.
4. Các biểu thức tính công suất tác dụng P? P là công suất tiêu thụ của phần tử nào trong mạch điện ? Ý nghĩa của công suất tác dụng P? Đơn vị của P?
5. Các biểu thức tính công suất phản kháng Q? Q là công suất tiêu thụ của phần tử nào trong mạch điện? Ý nghĩa của công suất phản kháng Q? Đơn vị của Q?
6. Các biểu thức tính công suất biểu kiến S? Ý nghĩa của công suất biểu kiến S? Đơn vị của S?
7. Nêu cách biểu diễn dòng điện và điện áp hình sin bằng vector.
8. Biểu thức trị số tức thời của dòng điện và điện áp một nhánh là $i=10\sqrt{2}\sin(\omega t-15^\circ)$ và $u=200\sqrt{2}\sin(\omega t+25^\circ)$. Hãy xác định I_{max} , U_{max} , I, U, ψ_i , ψ_u , φ , Đây là nhánh có tính chất gì ?

Đáp số: $I_{max}=10\sqrt{2}A$; $U_{max}=200\sqrt{2}V$; $I=10A$; $U=200V$; $\psi_i=-15^\circ$

$\psi_u=25^\circ$; $\varphi=40^\circ$; nhánh tính cảm (RL)

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

Đáp số: $I=2A$; $U_R=114V$; $U_L=200\Omega$

$\cos\varphi=0,495$; $P=228W$; $Q_L=400VAr$

Dòng điện chậm pha điện áp một góc $60,3^\circ$

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

Đáp số: $U=2,36V$

Chương 5: Mạch điện xoay chiều hình sin 3 pha

Mã chương: MH08-05

Giới thiệu:

Trong chương này chúng ta sẽ làm quen với các khái niệm, sơ đồ trong mạch ba pha và phương pháp giải mạch ba pha đối xứng.

Mục tiêu:

- Học xong chương này, học sinh nắm chắc kiến thức cơ bản về dòng xoay chiều 3pha, hệ thống điện xoay chiều 3 pha
- Rèn luyện khả năng tư duy trừu tượng các hiện tượng cụ thể của hệ thống điện xoay chiều 3 pha, ứng dụng trong thực tế

Phương pháp giảng dạy và học tập bài mở đầu

- Đối với người dạy: Sử dụng phương pháp giảng dạy tích cực (điển giảng, vấn đáp, dạy học theo vấn đề); yêu cầu người học nhớ kiến thức cơ bản về dòng xoay chiều 3pha, hệ thống điện xoay chiều 3 pha

- Đối với người học: Chủ động đọc trước giáo trình trước buổi học

Điều kiện thực hiện bài học

- *Phòng học chuyên môn hóa/nhà xưởng: Phòng học chuyên môn*
- *Trang thiết bị máy móc: Máy chiếu và các thiết bị dạy học khác*
- *Học liệu, dụng cụ, nguyên vật liệu: Chương trình môn học, giáo trình, tài liệu tham khảo, giáo án, phim ảnh, và các tài liệu liên quan.*
- *Các điều kiện khác: Không có*

Kiểm tra và đánh giá bài học

- **Nội dung:**
 - ✓ *Kiến thức: Kiểm tra và đánh giá tất cả nội dung đã nêu trong mục tiêu kiến thức*
 - ✓ *Kỹ năng: Đánh giá tất cả nội dung đã nêu trong mục tiêu kỹ năng.*
 - ✓ *Năng lực tự chủ và trách nhiệm: Trong quá trình học tập, người học cần:*
 - + *Nghiên cứu bài trước khi đến lớp*

- + Chuẩn bị đầy đủ tài liệu học tập.
- + Tham gia đầy đủ thời lượng môn học.
- + Nghiêm túc trong quá trình học tập.

- Phương pháp:

- ✓ Điểm kiểm tra thường xuyên: không có (hình thức: hỏi miệng)
- ✓ Kiểm tra định kỳ lý thuyết: không có
- ✓ Kiểm tra định kỳ thực hành: 1 điểm kiểm tra

Nội dung chính:

1. Khái quát về mạch điện hình sin 3 pha

1.1. Hệ thống ba pha đối xứng.

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

Động cơ điện ba pha có cấu tạo đơn giản và đặc tính tốt hơn động cơ điện một pha.

Truyền tải điện năng bằng mạch điện ba pha tiết kiệm được dây dẫn, giảm bớt tổn thất điện năng và tổn thất điện áp so với truyền tải điện năng bằng dòng điện một pha.

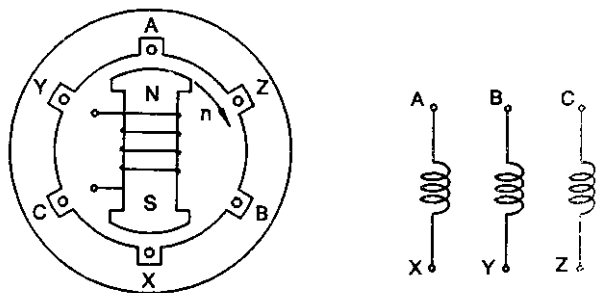
Mạch điện ba pha bao gồm nguồn điện ba pha, đường dây truyền tải và các tải ba pha.

Nguồn điện ba pha:

Để tạo ra dòng điện xoay chiều ba pha, người ta dùng các máy phát điện xoay chiều ba pha. Loại máy phát điện trong các nhà máy phát điện đồng bộ (được trình bày chi tiết trong máy điện). Cấu tạo của máy phát điện đồng bộ (hình 4.1) gồm:

Ba dây cuốn ba pha đặt trong các rãnh của lõi thép stato (phần tĩnh). Các dây cuốn này thường ký hiệu là: AX (dây cuốn pha A), BY (dây cuốn pha B), CZ (dây cuốn pha C).

Các dây cuốn của các pha có cùng số vòng dây và lệch nhau một góc 120° điện trong không gian.



Hình 5.1. Cấu tạo máy phát điện đồng bộ

Phần quay (còn gọi là rôto) là nam châm điện N-S

Khi quay rôto, từ trường sẽ quét qua các dây cuộn pha A, pha B, pha C của stato và trong dây cuộn pha stato xuất hiện sức điện động cảm ứng, sức điện động này có dạng hình sin cùng biên độ, cùng tần số góc ω và lệch pha nhau một góc $\frac{2\pi}{3}$.

Nếu chọn pha đầu của sức điện động e_A của dây cuộn AX bằng không, thì biểu thức sức điện động tức thời của các pha là:

$$\text{Sức điện động pha A: } e_A = E\sqrt{2} \sin \omega t$$

$$\text{Sức điện động pha B: } e_B = E\sqrt{2} \sin(\omega t - \frac{2\pi}{3}) = E\sqrt{2} \sin(\omega t - 120^\circ)$$

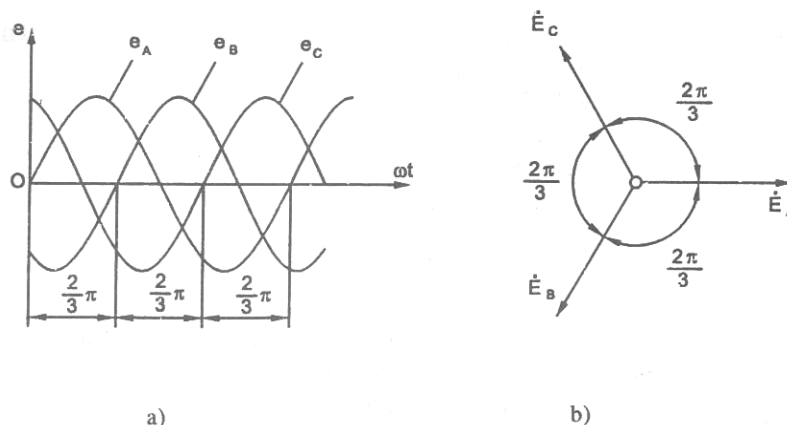
$$\begin{aligned} \text{Sức điện động pha C: } e_C &= E\sqrt{2} \sin(\omega t - \frac{4\pi}{3}) \\ &= E\sqrt{2} \sin(\omega t + \frac{2\pi}{3}) = E\sqrt{2} \sin(\omega t + 120^\circ) \end{aligned}$$

hoặc biểu diễn bằng số phức

$$\dot{E}_A = E e^{j0} \quad \dot{E}_B = E e^{-j\frac{2\pi}{3}} \quad \dot{E}_C = E e^{j\frac{2\pi}{3}}$$

1.2. Đồ thị dạng sóng và đồ thị véc tơ.

Hình a) vẽ đồ thị trị số tức thời hình sin và hình b) vẽ đồ thị véc tơ của sức điện động ba pha.



Hình 5.2. Đồ thị dạng sóng và đồ thị véc tơ của sức điện động ba pha.

1.3. Đặc điểm và ý nghĩa.

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

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

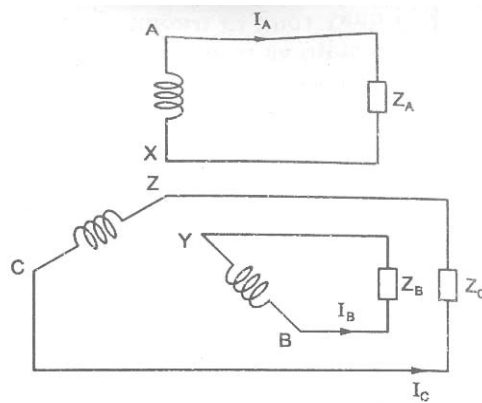
Thường ba pha của nguồn điện nối với nhau, ba pha của tải nối với nhau và có đường dây ba pha nối nguồn với tải, dẫn điện năng từ nguồn với

tải. Thông thường dùng 2 cách nối: nối hình sao ký hiệu là Y và nối hình tam giác ký hiệu là Δ .

Sức điện động, điện áp, dòng điện mỗi pha của nguồn điện (hoặc tải) gọi là sức điện động pha ký hiệu là E_p , điện áp pha ký hiệu là U_p , dòng điện pha ký hiệu là I_p .

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

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



Hình 5.3. Mạch điện ba pha nối riêng rẽ

2. Cách nối dây MFD 3 pha hình sao (Y)

a. Cách nối.

Mỗi pha của nguồn (hoặc tải) có đầu và cuối. Thường ký hiệu đầu pha là A, B, C, cuối pha là X, Y, Z. Muốn nối hình sao ta nối ba điểm cuối của pha với nhau tạo thành điểm trung tính.

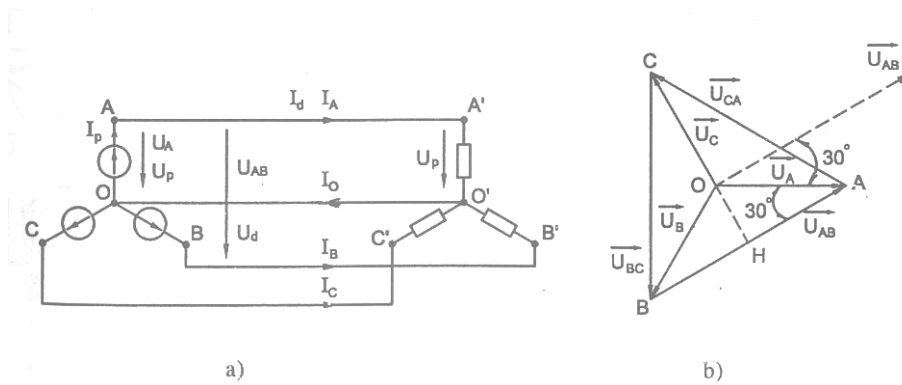
Đối với nguồn ba điểm cuối X, Y, Z, nối với nhau thành điểm trung tính 0 của nguồn.

Đối với tải ba điểm cuối X', Y', Z', nối với nhau tạo thành trung tính 0 của tải.

Ba dây nối 3 điểm đầu A, B, C của nguồn với 3 điểm đầu các pha của tải gọi là ba dây pha.

Dây dẫn nối điểm trung tính của nguồn tới điểm trung tính của tải gọi là dây trung tính.

b. Quan hệ giữ dòng điện dây và dòng điện pha



Hình 5.4. Mạch điện ba pha nối hình sao và đồ thị vector

Dòng điện pha I_p , là dòng điện chạy trong mỗi pha của nguồn (hoặc tải). Dòng điện dây I_d chạy trong các dây pha nối từ nguồn tải tới. Các dòng điện này đã được ký hiệu trên hình. Nhìn vào mạch điện ta thấy quan hệ giữa dòng điện dây và dòng điện pha như sau: $I_d = I_p$

c. Quan hệ giữa điện áp dây và điện áp pha

Điện áp pha U_p là điện áp giữa điểm đầu và điểm cuối của mỗi pha (hoặc giữa điểm đầu của mỗi pha và điểm trung tính, hoặc giữa dây pha và dây trung tính).

Điện áp dây U_d là điện áp giữa 2 điểm đầu của 2 pha (hoặc điện áp giữa 2 dây pha), ví dụ điện áp dây U_{AB} (giữa pha A và pha B), U_{BC} (giữa pha B và pha C), U_{CA} (giữa pha C và pha A).

Theo định nghĩa điện áp dây ta có:

$$\dot{U}_{AB} = \dot{U}_A - \dot{U}_B \quad \dot{U}_{BC} = \dot{U}_B - \dot{U}_C \quad \dot{U}_{CA} = \dot{U}_C - \dot{U}_A$$

Để vẽ đồ thị vector điện áp dây, trước hết vẽ đồ thị vector điện áp pha U_A, U_B, U_C , sau đó dựa vào công thức vẽ đồ thị vector điện áp dây.

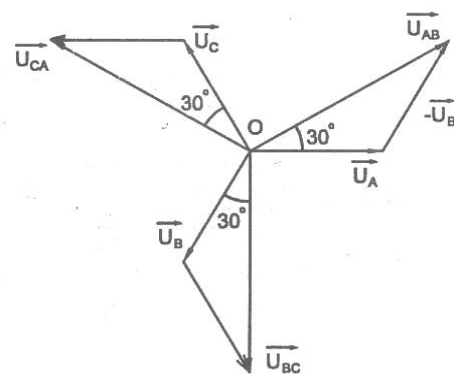
Xét tam giác OAB:

$$AB = 2AH = 2OA \cos 30^\circ = 2OA \frac{\sqrt{3}}{2} = \sqrt{3} OA$$

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

AB là điện áp dây U_d

OA là điện áp pha U_p



Hình 5.5. Điện áp dây và pha khi nối hình sao

Từ đồ thị vector, ta thấy: Khi điện áp pha đối xứng, thì điện áp dây đối xứng.

Về trị số hiệu dụng: $U_d = \sqrt{3} U_p$

Về pha: điện áp dây vượt trước điện áp pha tương ứng một góc 30° (U_{AB} vượt trước U_A một góc là 30° , U_{BC} vượt trước U_B một góc 30° , U_{CA} vượt trước U_C một góc 30°)

Khi tải đối xứng $\dot{I}_A, \dot{I}_B, \dot{I}_C$ tạo thành hình sao đối xứng, dòng điện trong dây trung tính bằng không.

$$I_0 = \dot{I}_A + \dot{I}_B + \dot{I}_C = 0$$

Trong trường hợp này có thể không cần dây trung tính, ta có mạch ba pha ba dây.

Động cơ điện ba pha là tải đối xứng, chỉ cần đưa ba dây pha đến động cơ ba pha.

Khi tải 3 pha không đối xứng, ví dụ như tải sinh hoạt của khu tập thể, của các gia đình..., dây trung tính có dòng điện I_0 bằng

$$I_0 = \dot{I}_A + \dot{I}_B + \dot{I}_C$$

Ví dụ 4.1: Một nguồn điện ba pha đối xứng nối hình sao điện áp ba pha nguồn $U_{pn}=220V$.

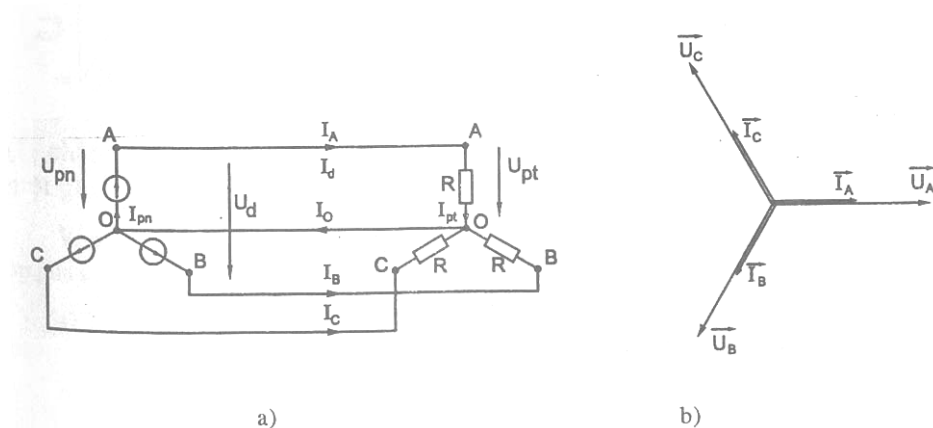
Nguồn cung cấp điện cho tải R ba pha đối xứng. Biết dòng điện dây $I_d = 10A$. Tính điện áp dây U_d , điện áp pha của tải, dòng điện pha của tải và của nguồn. Vẽ đồ thị vector.

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

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

Tải nối hình sao, biết $U_d=380V$,

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



Hình 5.6. Mạch điện và đồ thị vector ví dụ 4.1

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

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

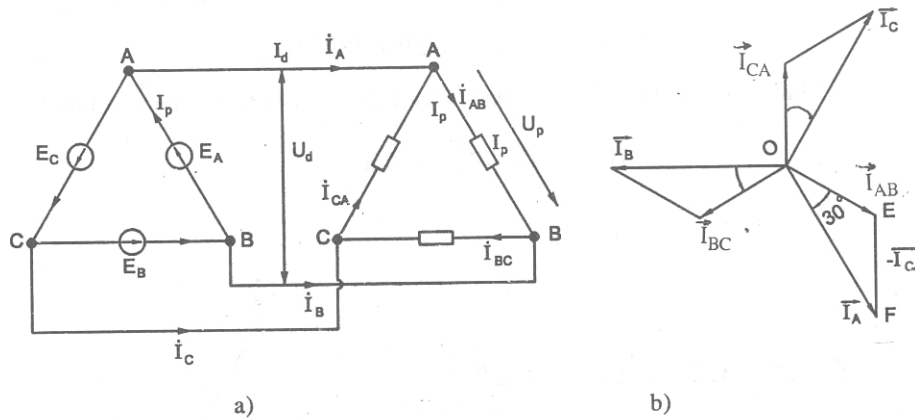
Dòng điện pha của tải: $I_{pt} = I_d = 10A$

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

3. Cách nối dây MFD 3pha hình tam giác (Δ)

a. Cách nối

Muốn nối hình tam giác, ta lấy đầu pha này nối với cuối pha kia. Ví dụ A nối với Z; B nối với X; C nối với Y. Cách nối tam giác không có dây trung tính.



Hình 5.7. Mạch điện nối hình tam giác

Các đại lượng dây và pha được ký hiệu trên hình vẽ

b. Quan hệ giữa điện áp dây và điện áp pha

Nhìn vào mạch điện nối tam giác ta thấy:

$$U_d = U_p$$

c. Quan hệ giữa dòng điện dây và dòng điện pha

Khi giải mạch điện nối tam giác ta thường quen quy ước: chiều dương dòng điện các pha I_p của nguồn ngược chiều quay kim đồng hồ, chiều dương dòng điện pha của tải cùng chiều quay kim đồng hồ.

Áp dụng định luật Kirchooff 1 tại các nút ta có:

$$\text{Tại nút A: } \dot{I}_A = \dot{I}_{AB} - \dot{I}_{CA}$$

$$\text{Tại nút B: } \dot{I}_B = \dot{I}_{BC} - \dot{I}_{AB}$$

$$\text{Tại nút C: } \dot{I}_C = \dot{I}_{CA} - \dot{I}_{BC}$$

Dòng điện I_A, I_B, I_C chạy trên các dây pha từ nguồn điện đến tải là dòng điện dây I_d . Dòng điện I_{AB}, I_{BC}, I_{CA} chạy trong các pha là dòng điện pha, lệch pha với điện áp $\dot{U}_{AB}, \dot{U}_{BC}, \dot{U}_{CA}$ một góc φ . Để vẽ dòng điện dây I_A, I_B, I_C ta dựa vào phương trình. Vectơ I_{AB} cộng với vectơ $(-I_{CA})$ ta có vectơ I_A ; Quá trình tương tự ta vẽ I_B, I_C .

Đồ thị vectơ dòng điện pha I_{AB}, I_{BC}, I_{CA} và dòng điện I_A, I_B, I_C vẽ trên hình.

Xét tam giác OEF

$$OF = 2OE \frac{\sqrt{3}}{2} = \sqrt{3} OE$$

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

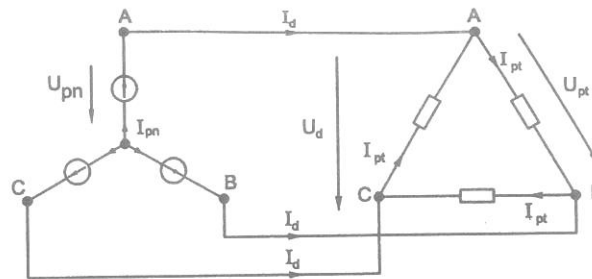
Về pha: dòng điện dây chậm sau dòng điện pha tương ứng góc 30° (I_A chậm pha I_{AB} một góc 30° ; I_B chậm pha I_{BC} một góc 30° ; I_C chậm pha I_{CA} một góc 30°).

Ví dụ 4.2: Một mạch điện ba pha, nguồn điện nối sao, tải nối hình tam giác. Biết tiết điện áp pha của nguồn $U_{pn} = 2\text{kV}$, dòng điện pha của nguồn $I_{pn} = 20\text{A}$.

- Hãy vẽ sơ đồ nối dây mạch ba pha và trên sơ đồ ghi rõ các đại lượng pha và dây.
- Hãy xác định dòng điện pha và điện áp pha của tải I_{pt} , U_{pt} .

Giải:

- Sơ đồ nối dây mạch điện



Hình 5.8. Mạch điện ví dụ 4.2

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

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

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

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

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

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

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

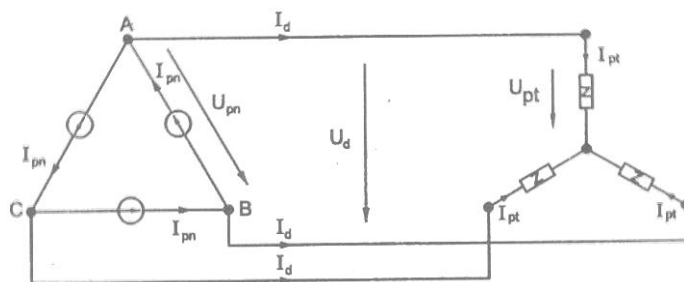
$$I_{pt} = \frac{I_d}{\sqrt{3}} = \frac{20}{\sqrt{3}} = 11,547 \text{ A}$$

Ví dụ 4.3: Một mạch điện ba pha, tải nối hình sao, nguồn nối hình tam giác. Nguồn và tải đều đối xứng. Biết dòng điện pha của tải $I_{pt} = 50\text{A}$, điện áp pha của tải $U_{pt} = 220\text{V}$.

- Hãy vẽ sơ đồ nối dây mạch ba pha. Trên sơ đồ chỉ rõ đại lượng pha và dây.
- Hãy xác định dòng điện pha và điện áp pha của nguồn I_{pn} , U_{pn} .

Giải:

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



Hình 5.9. Mạch điện ví dụ 4.3

b. Vì tải nối hình sao nên

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

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

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

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

Dòng điện pha của nguồn là:

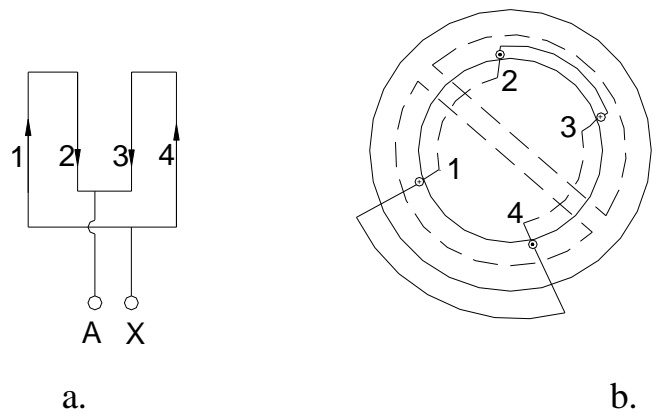
$$I_{pn} = \frac{I_d}{\sqrt{3}} = \frac{30}{\sqrt{3}} = 28,868A$$

4. Từ trường đập mạch - Từ trường quay.

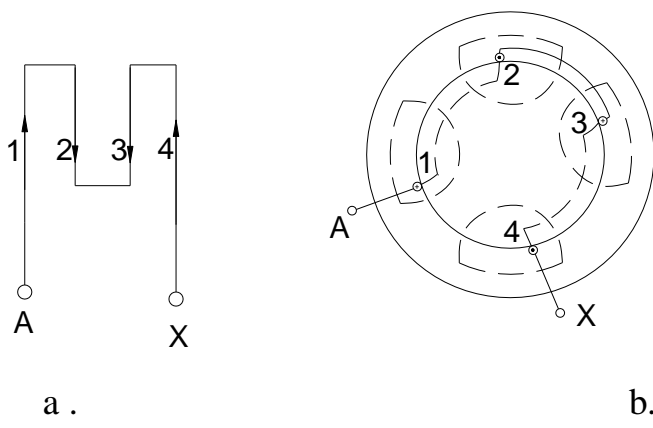
4.1 Từ trường đập mạch.

Từ trường của dây quấn một pha là từ trường có phương không đổi, song trị số và chiều biến đổi theo thời gian, được gọi là từ trường đập mạch. Gọi p là số đôi cực, ta có thể cấu tạo dây quấn để tạo ra từ trường một, hai hoặc p đôi cực.

Để đơn giản ta hãy xét dây quấn một pha đặt trong 4 rãnh của stato. Dòng điện trong dây quấn là dòng điện một pha $i = I_{max} \sin \omega t$ (hình 5.10 và 5.11). Trên hình vẽ, chiều dòng điện trong thanh 1 đi từ 1 đến 1' được kí hiệu \otimes ở rãnh 1 (hình 5.10b) hoặc thanh 2 đi từ 2' đến 2 được kí hiệu \ominus ở rãnh 2. Cũng ký hiệu tương tự đối với các thanh còn lại. Căn cứ vào chiều dòng điện ta vẽ được chiều từ trường theo quy tắc vắn nút chai. Dây quấn hình 5.11a tạo thành từ trường một đôi cực: $p = 1$ (hình 5.10b). Dây quấn hình 5.11a tạo nên từ trường hai đôi cực $p = 2$ (hình 5.11b).



Hình 5.10



Hình 5.11

4.2. Từ trường quay của dây quấn ba pha

Dòng điện xoay chiều ba pha có ưu điểm lớn là tạo ra từ trường quay trong các máy điện.

4.2.1. Sự tạo thành từ trường quay

Trên hình 5.12 a, b, c vẽ mặt cắt ngang của máy điện ba pha đơn giản, trong đó dây quấn ba pha đối xứng ở stato AX, BY, CZ đặt trong 6 rãnh. Trục của các dây quấn lệch nhau trong không gian một góc 120° điện.

Giả thiết trong 3 dây quấn có dòng điện ba pha đối xứng chạy qua (hình 5.12).

$$I_A = I_{max} \sin \omega t$$

$$I_B = I_{max} \sin(\omega t - 120^\circ)$$

$$I_C = I_{max} \sin(\omega t - 240^\circ)$$

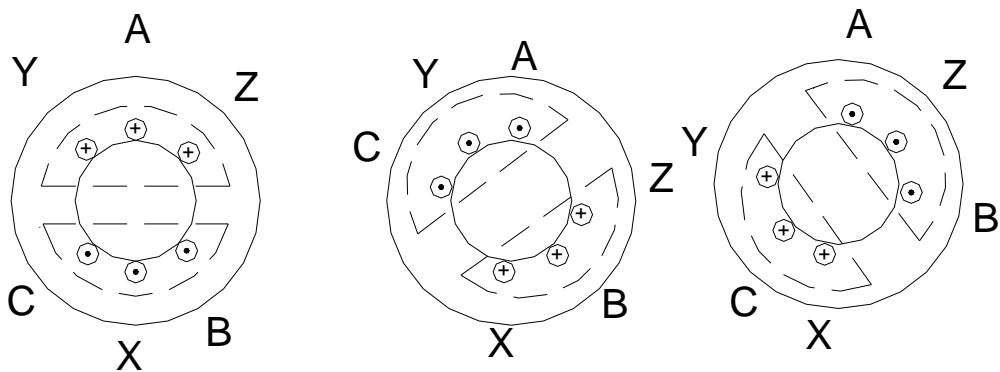
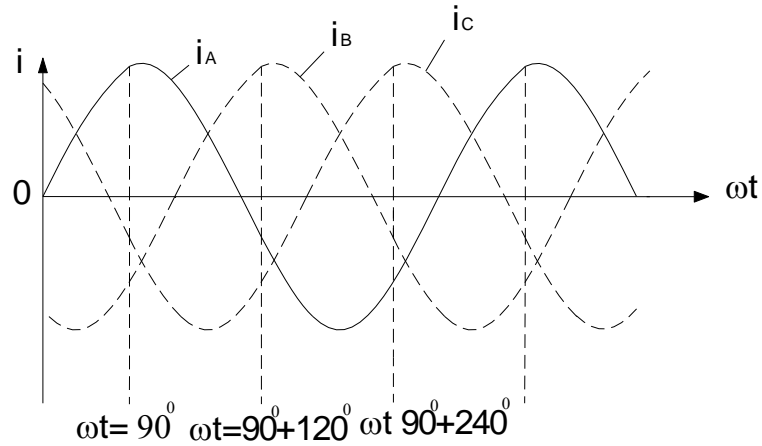
Để thấy rõ sự hình thành từ trường, khi vẽ từ trường ta qui ước chiều dòng điện như sau:

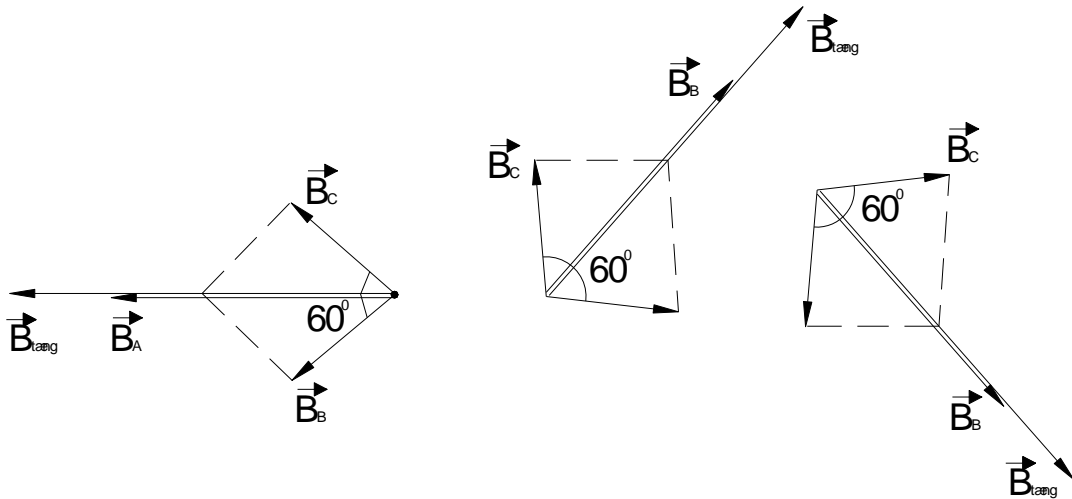
- Dòng điện pha nào dương có chiều từ đầu đến cuối pha, đầu được ký hiệu bằng vòng tròn có dấu nhân ở giữa \otimes , còn cuối ký hiệu bằng vòng tròn có dấu chấm ở giữa \ominus . Dòng điện pha nào âm có chiều và ký hiệu ngược lại, đầu ký hiệu bằng \ominus cuối ký hiệu bằng \otimes

Bây giờ ta xét từ trường ở các thời điểm khác nhau:

- Thời điểm pha $\omega t = 90^\circ$: Ở thời điểm này, dòng điện pha A cực đại và dương (xem hình 5.12a), dòng điện pha B và C âm. Theo quy định trên, dòng điện pha A dương, nên đầu A ký hiệu là \otimes , cuối x ký hiệu là \ominus ; dòng điện pha B và C âm nên đầu B và C ký hiệu là \ominus cuối Y và Z ký hiệu là \otimes (xem hình 5.12a).

Dùng quy tắc vặn nút chai ta xác định chiều đường sức từ trường do các dòng điện sinh ra (hình 5.12 a); ta thấy từ trường tổng có một cực S và một cực N, ta gọi là từ trường một đôi cực ($p = 1$). Trục của từ trường tổng trùng với trục của dây quấn pha A là pha có dòng điện cực đại.





Hình 5.12. Sự tạo thành từ trường quay

- Thời điểm pha $\omega t = 90^\circ + 120^\circ$: Là thời điểm sau thời điểm đã xét ở trên một phần ba chu kỳ. Ở thời điểm này, dòng điện pha B cực đại và dương, các dòng điện pha A và C âm (hình 5.12b). Dùng quy tắc vụn nút chai ta xác định chiều dương sức từ trường. Ta thấy từ trường tổng đã quay đi một góc là 120° so với thời điểm trước. Trục của từ trường tổng trùng với trục dây quấn pha B là pha có dòng điện cực đại.

- Thời điểm pha $\omega t = 90^\circ + 240^\circ$: Là thời điểm chậm sau thời điểm đầu $2/3$ chu kỳ; lúc này dòng điện pha C cực đại và dương, còn dòng điện pha A và pha B âm (hình 5.12c). Ta thấy từ trường tổng ở thời điểm này đã quay đi một góc 240° so với thời điểm đầu. Trục của từ trường tổng trùng với trục của dây quấn pha C, là pha có dòng điện cực đại.

Qua sự phân tích ở trên, ta thấy từ trường tổng của dòng điện ba pha là từ trường quay. Từ trường quay móc vòng với cả hai dây quấn stato và rôto, đó là từ trường chính của máy điện, tham gia vào quá trình biến đổi năng lượng.

Với cách cấu tạo dây quấn như trên, ta được từ trường quay một đôi cực. Nếu thay đổi cấu tạo dây quấn, ta được từ trường 2, 3, 4 v.v... đôi cực.

4.2.2 Đặc điểm của từ trường quay

Từ trường quay của hệ thống dòng điện ba pha có 3 đặc điểm quan trọng:

- Tốc độ từ trường quay

Tốc độ từ trường quay phụ thuộc vào tần số dòng điện stato f và số đôi cực p . Thật vậy, ở hình 17-03-7 ta thấy rằng khi dòng điện biến thiên một chu kỳ, từ trường quay được một vòng, do đó trong một phút dòng điện biến thiên $60f$ chu kỳ, từ trường quay được $60f$ vòng. Vậy khi từ trường có một đôi cực, tốc độ của từ trường quay là $n_1 = 60f \frac{\text{vòng}}{\text{phút}}$. Khi từ trường có hai đôi cực, dòng điện biến thiên một chu kỳ, từ trường quay được $\frac{1}{2}$ vòng (từ cực N qua S đến N là $\frac{1}{2}$ vòng), do đó tốc độ từ trường quay là $n_1 = \frac{60f}{2}$. Một cách tổng quát, khi từ trường quay có p đôi cực, tốc độ từ trường quay (còn gọi là tốc độ đồng bộ) là:

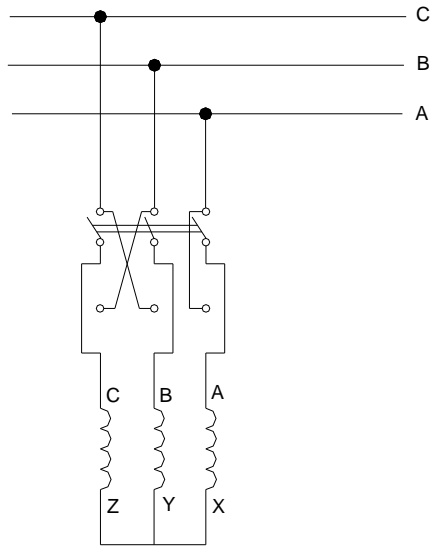
$$n_1 = \frac{60f}{p} (\text{vòng} / \text{phút})$$

- Chiều quay của từ trường

Chiều quay của từ trường phụ thuộc vào thứ tự pha của dòng điện. Muốn đổi chiều quay của từ trường ta thay đổi thứ tự hai pha với nhau.

Thật vậy, ở hình 17-03-8 ta thấy rằng, khi thứ tự dòng điện các pha cực đại lần lượt là pha A, pha B, rồi đến pha C một cách chu kỳ thì từ trường quay từ trục dây quấn pha A đến trục dây quấn pha B rồi đến trục dây quấn pha C một cách tương ứng.

Như vậy nếu thay đổi thứ tự hai pha cho nhau, ví dụ dòng điện i_B cho vào dây quấn CZ, dòng điện i_C cho vào dây quấn BY, từ trường sẽ quay theo chiều từ trục dây quấn AX đến trục dây quấn CZ (có dòng điện i_B) rồi đến trục dây quấn BY (có dòng điện i_C), nghĩa là từ trường quay theo chiều ngược lại (hình 5.13).



Hình 5.13. Từ trường quay

- Biên độ của từ trường quay

Từ trường quay sinh ra từ thông Φ xuyên qua mỗi dây quấn. Ví dụ ta xét từ thông của từ trường quay xuyên qua mỗi dây quấn AX.

Dây quấn các pha lệch về không gian với pha A một góc lần lượt là 120° , 240° , từ thông xuyên qua dây quấn AX do dây quấn ba pha là:

$$\begin{aligned}\Phi &= \Phi_A + \Phi_B \cos(-120^\circ) + \Phi_C \cos(-240^\circ) \\ &= \Phi_A - \frac{1}{2}(\Phi_B + \Phi_C)\end{aligned}$$

Hệ thống dòng điện ba pha đối xứng nên $\Phi_A + \Phi_B + \Phi_C = 0$ hay $\Phi_B + \Phi_C = -\Phi_A$ do đó ta có:

$$\Phi = \Phi_A + \frac{\Phi_A}{2} = \frac{3}{2} \Phi_A$$

Dòng điện $i_A = I_{\max} \sin \omega t$ nên:

Từ thông của dòng điện pha A là:

$$\Phi_A = \Phi_{A\max} \sin \omega t$$

Cuối cùng ta có:

$$\Phi = \frac{3}{2} \Phi_{A\max} \sin \omega t$$

Vậy từ thông của từ trường quay xuyên qua dây quấn biến thiên hình sin và có biên độ bằng $3/2$ từ thông cực đại của một pha.

$$\Phi_{\max} = \frac{3}{2} \Phi_{p\max}$$

trong đó $\Phi_{p\max}$ là từ thông cực đại của một pha.

Đối với dây quấn m pha thì:

$$\Phi_{\max} = \frac{m}{2} \Phi_{p\max}$$

5. Bài tập ứng dụng

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

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

Bước 1: Xác định cách nối dây của tải (hình sao hay hình tam giác)

Bước 2: Xác định điện áp pha U_p của tải

Nếu tải nối hình sao: $U_d = \frac{U_p}{\sqrt{3}}$

Nếu tải nối hình tam giác: $U_p = U_d$

Bước 3: Xác định tổng trở pha Z_p và hệ số công suất của tải

Tổng trở pha của tải: $z_p = \sqrt{R_p^2 + X_p^2}$

Hệ số công suất $\cos\varphi = \frac{R_p}{z_p} = \frac{R_p}{\sqrt{R_p^2 + X_p^2}}$

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

Bước 4: Tính dòng điện pha I_p của tải: $I_p = \frac{U_p}{z_p}$

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

Nếu tải nối hình sao: $I_d = I_p$

Nếu tải nối hình tam giác: $I_d = \sqrt{3}I_p$

Bước 5: Tính công suất tải tiêu thụ

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

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

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

5.1. Mạch ba pha có 1 phụ tải nối hình sao.

a. Khi không xét tổng trở đường dây pha.

Điện áp đặt lên mỗi pha của tải: $U_p = \frac{U_d}{\sqrt{3}}$

Tổng trở pha của tải: $Z_p = \sqrt{R_p^2 + X_p^2}$

Tính dòng điện pha I_p của tải: $I_p = \frac{U_p}{Z_p}$

Dòng điện dây: $I_d = I_p$

Góc lệch pha giữa điện áp pha và dòng điện pha: $\varphi = \arctan \frac{X_p}{R_p}$

b. Khi có xét tổng trở đường dây pha.

Cách giải cũng tương tự nhưng khi tính dòng điện pha và dây phải cộng tổng trở đường dây với tổng trở tải:

$$I_p = I_d = \frac{U_d}{\sqrt{3} \sqrt{(R_d + R_p)^2 + (X_d + X_p)^2}}$$

Ví dụ 4.6: Một tải ba pha gồm 3 cuộn dây đấu vào mạng điện ba pha có điện áp dây là 380V. Cuộn dây được thiết kế cho làm việc với điện áp định mức 220V. Cuộn dây có điện trở $R = 2\Omega$, điện kháng $X = 8\Omega$.

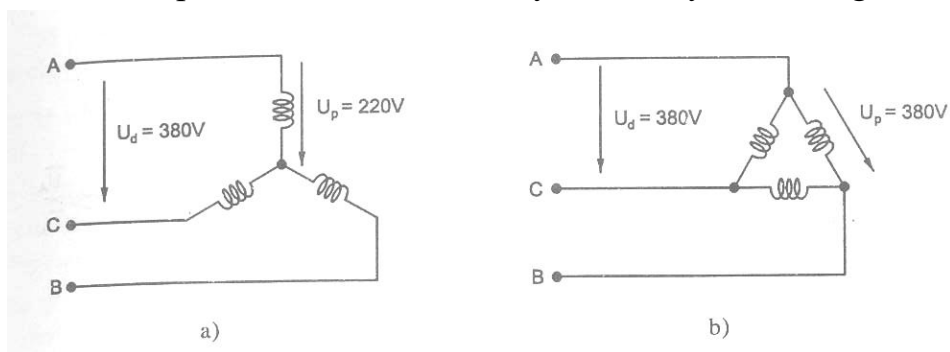
- a. Xác định tính cách nối các cuộn dây thành tải ba pha.
- b. Tính công suất P, Q, $\cos\varphi$ của tải.

Giải:

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

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

Nếu tải nối tam giác điện áp pha đặt lên cuộn dây là $U_p = U_d = 380V >$ điện áp định mức của cuộn dây, cuộn dây sẽ bị hỏng



Hình 5.14. Mạch điện ví dụ 4.6

b. Tổng trở pha của tải

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

Hệ số công suất $\cos\varphi$ của tải

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

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

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

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

Công suất tác dụng P của tải

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

Công suất phản kháng Q của tải

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

Công suất biểu kiến S

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

4.2. Mạch ba pha có 1 phụ tải nối tam giác.

a. Khi không xét tổng trở đường dây.

Điện áp pha của tải bằng điện áp dây: $U_p = U_d$

$$\text{Dòng điện pha của tải: } I_p = \frac{U_p}{z_p} = \frac{U_d}{\sqrt{R_p^2 + X_p^2}}$$

$$\text{Dòng điện dây: } I_d = \sqrt{3} I_p$$

Góc lệch pha giữa điện áp pha và dòng điện pha: $\varphi = \arctan \frac{X_p}{R_p}$

b. Khi có xét tổng trở đường dây pha.

Ta biến đổi tương đương tam giác thành hình sao:

$$\text{Tổng trở mỗi pha khi nối tam giác: } \dot{Z}_\Delta = R_p + jX_p$$

$$\text{Khi biến đổi sang hình sao: } \dot{Z}_Y = \frac{\dot{Z}_\Delta}{3} = \frac{R_p}{3} + j \frac{X_p}{3}$$

$$\text{Dòng điện dây: } I_d = \frac{U_d}{\sqrt{3} \sqrt{\left(R_d + \frac{R_p}{3}\right)^2 + \left(X_d + \frac{X_p}{3}\right)^2}}$$

$$\text{Dòng điện pha của tải khi nối tam giác: } I_p = \frac{I_d}{\sqrt{3}}$$

Ví dụ 4.7: Một tải ba pha có điện trở pha $R_p = 20\Omega$, điện kháng pha $X_p = 15\Omega$ nối hình tam giác, đầu vào mạng điện có điện áp dây $U_d = 220\text{V}$. Tính dòng điện pha I_p , dòng điện dây I_d , công suất tải tiêu thụ và vẽ đồ thị vectơ điện áp dây và dòng điện pha tải.

Giải:

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

Điện áp pha của tải: $U_p = U_d = 200V$

Tổng trở pha của tải: $z_p = \sqrt{R_p^2 + X_p^2} = \sqrt{20^2 + 15^2} = 25\Omega$

Dòng điện pha của tải: $I_p = \frac{U_p}{z_p} = \frac{220}{25} = 8,8A$

Vì tải nối tam giác dòng điện dây của tải:

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

Công suất tải tiêu thụ:

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

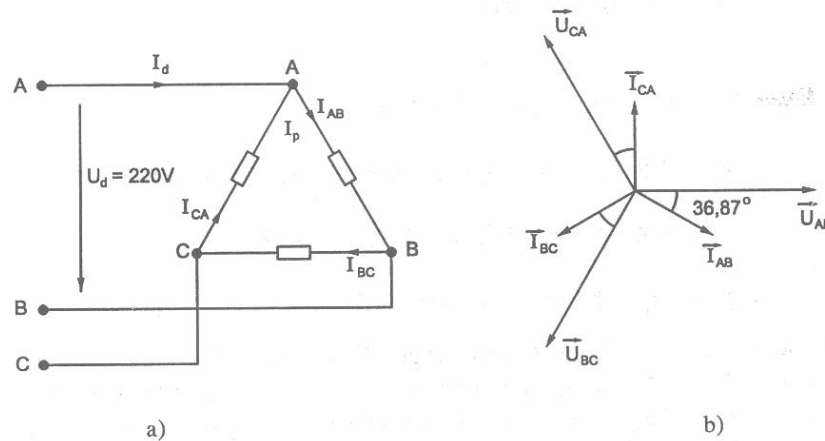
$Q = 3 X_p I_p^2 = 3 \cdot 15 \cdot 8,8^2 = 3484,8VAr$

$S = \sqrt{3} U_d I_d = \sqrt{3} \cdot 380 \cdot 15,24 = 10030,35VA$

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

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

Đồ thị vector dòng điện và điện áp pha



Hình 5.15. Mạch điện ví dụ 4.7

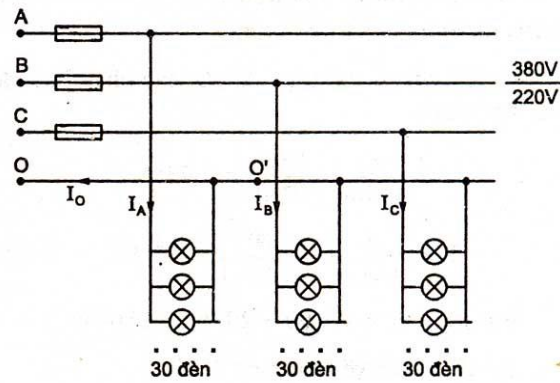
4.3. Mạch ba pha có nhiều phụ tải mắc nối tiếp hoặc song song.

Ví dụ 4.8: Một mạch điện 3 pha có dây trung tính 380V/220V cung cấp điện cho 90 bóng đèn sợi đốt, số hiệu định mức của mỗi đèn $U_{dm} = 220V$; $P_{dm} = 60W$.

Số bóng đèn được phân đều cho 3 pha

a. Vẽ sơ đồ mạch ba pha

b. Tính I_A, I_B, I_C, I_0, P khi tất cả bóng đèn đều bật sáng.



Hình 5.16. Mạch điện ví dụ 4.8

Giải:

a. Mạch điện 3 pha 380V/220V là mạch ba pha 4 dây, 3 pha và dây trung tính. 380V là điện áp dây (giữa các dây pha). 220V là điện áp pha (giữa dây pha và dây trung tính).

Bóng đèn 220V mắc song song với nhau giữa dây pha và dây trung tính.

Điện áp đặt lên các đèn là $220V = U_{dm}$ của đèn, các đèn làm việc đúng định mức.

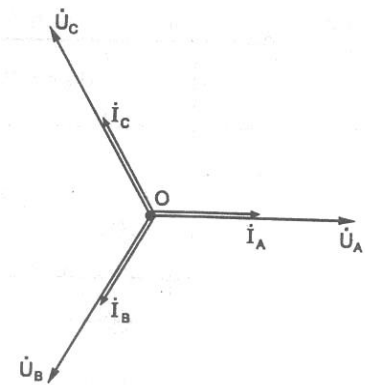
b. Vì điện áp đặt lên bóng đèn bằng định mức công suất bóng đèn tiêu thụ bằng định mức 60W.

Tất cả bóng đèn đều bật sáng mạch ba pha đối xứng công suất điện các pha bằng nhau.

$$P_A = P_B = P_C = P_p = 30 \cdot 60 = 1800W$$

Công suất ba pha

$$P = 3P_p \approx 3 \cdot 1800 = 5400W$$



Hình 5.17. Đồ thị vectơ ví dụ 4.8

Tải các bóng đèn, thuần điện trở R, góc lệch pha $\varphi = 0$; $\cos\varphi = 1$, nên dòng điện các pha là:

$$I_A = I_B = I_C = I_p = \frac{P_p}{U_p \cos\varphi} = \frac{1800}{220 \cdot 1} \approx 8,18A$$

Vì nguồn và tải đối xứng nên:

$$\vec{I}_0 = \vec{I}_A + \vec{I}_B + \vec{I}_C = 0$$

Đồ thị vector vẽ trên hình vẽ, trong đó dòng điện trùng pha điện áp, \dot{I}_A , \dot{I}_B , \dot{I}_C tạo thành hệ thống vector đối xứng.

Câu hỏi ôn tập và bài tập

1. Nêu những ưu điểm của mạch điện ba pha.
2. Các đặc điểm của mạch điện ba pha đối xứng.
3. Định nghĩa điện áp pha, điện áp dây; dòng điện pha, dòng điện dây và quan hệ giữa chúng khi nối sao và nối tam giác.
4. Trình bày các bước giải mạch điện ba pha.
5. Các biểu thức của công suất P, Q, S trong mạch ba pha đối xứng.
6. Vai trò của dây trung tính trong mạch điện ba pha tải đối xứng.
7. Một nguồn điện ba pha nối sao, $U_{pn} = 120V$ cung cấp điện cho tải nối sao có dây trung tính. Tải có điện trở pha $R_p = 180\Omega$.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

- a. Xác định cách đấu dây động cơ
- b. Tính công suất điện động cơ tiêu thụ khi định mức.

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

Đáp số:

a. Động cơ nối hình tam giác Δ .

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

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

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

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

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Phạm Thị Cư (chủ biên), *Mạch điện 1*, NXB Giáo dục, năm 2000.
- [2] Hoàng Hữu Thận, *Cơ sở Kỹ thuật điện*, NXB Giao thông vận tải, năm 2000.
- [3] Đặng Văn Đào, *Kỹ Thuật Điện*, NXB Giáo Dục, năm 2004
- [4] Hoàng Hữu Thận, *Kỹ thuật điện đại cương*, NXB Đại học và Trung học chuyên nghiệp, Hà Nội, năm 2000.
- [5] Hoàng Hữu Thận, *Bài tập Kỹ thuật điện đại cương*, NXB Đại học và Trung học chuyên nghiệp, Hà Nội, 2004.