

**TRƯỜNG CAO ĐẲNG NGHỀ CÔNG NGHIỆP HÀ NỘI**

**Chủ biên:** Lê Ngọc Kính  
**Đồng tác giả:** Nguyễn Xuân An – Đỗ Văn Hùng  
Lê Thị Hoa



**GIÁO TRÌNH**  
**KỸ THUẬT ĐIỆN**  
*(Lusu hành nội bộ)*

**Hà Nội – 2012**

## **TUYÊN BỐ BẢN QUYỀN**

Giáo trình này sử dụng làm tài liệu giảng dạy nội bộ trong trường cao đẳng nghề Công nghiệp Hà Nội

Trường Cao đẳng nghề Công nghiệp Hà Nội không sử dụng và không cho phép bất kỳ cá nhân hay tổ chức nào sử dụng giáo trình này với mục đích kinh doanh.

Mọi trích dẫn, sử dụng giáo trình này với mục đích khác hay ở nơi khác đều phải được sự đồng ý bằng văn bản của trường Cao đẳng nghề Công nghiệp Hà Nội

## LỜI GIỚI THIỆU

Kỹ thuật điện là ngành kỹ thuật ứng dụng các hiện tượng điện từ để biến đổi năng lượng, đo lường, điều khiển, xử lý tín hiệu. Năng lượng điện ngày nay trở nên rất cần thiết và đóng vai trò vô cùng quan trọng trong đời sống và sản xuất của con người.

Tài liệu Kỹ thuật điện được biên soạn dành cho sinh viên các ngành kỹ thuật không chuyên về Điện thuộc trường Cao đẳng nghề Công nghiệp Hà Nội

Giáo trình kỹ thuật điện gồm 4 phần:

Phần 1. Mạch điện bao gồm 4 chương

Phần 2. Đo lường điện gồm 1 chương

Phần 3. Máy điện bao gồm 3 chương

Phần 2. Khí cụ điện – Mạch máy gồm 1 chương

Tài liệu kỹ thuật điện này được biên soạn trên cơ sở kinh nghiệm giảng dạy qua nhiều năm, chúng tôi đã cố gắng lựa chọn những kiến thức phù hợp nhất, đáp ứng mục tiêu đào tạo nghề. Sách được viết theo tinh thần người học đã học môn vật lý và kỹ thuật ở phổ thông nên không đi sâu vào việc lý luận các hiện tượng vật lý mà chú ý nhiều đến ứng dụng kỹ thuật của môn học.

Chúng tôi xin chân thành cảm ơn tổ môn Điện công nghiệp và Hội đồng khoa học trường Cao đẳng nghề Công nghiệp Hà Nội đã có nhiều đóng góp về mức độ, nội dung và kinh nghiệm cho việc hình thành và biên soạn cuốn sách.

Rất mong được sự đóng góp, nhận xét của các đồng nghiệp, của các sinh viên và các bạn đọc để giáo trình này được hoàn thiện và phù hợp hơn. Ý kiến xin gửi về tổ môn Điện công nghiệp- Khoa Điện – Điện tử - Trường Cao đẳng nghề Công nghiệp Hà Nội

Xin chân thành cảm ơn!

Hà Nội, ngày 30 tháng 8 năm 2012

Tham gia biên soạn

1. Chủ biên: **Lê Ngọc Kính**
2. Các Giáo viên khoa Cơ khí

## MỤC LỤC

	Trang
<b>1.1. Định nghĩa mạch điện</b> .....	11
<b>1.2. Các phần tử cơ bản của mạch điện</b> .....	12
<b>1.3. Kết cấu mạch điện</b> .....	13
<b>1.4. Các đại lượng đặc trưng quá trình năng lượng trong mạch điện</b> .....	13
<b>2. Mô hình mạch điện và phân loại, các chế độ làm việc của mạch điện</b> .....	14
<b>2.1. Mô hình mạch điện</b> .....	14
<b>2.2. Phân loại, các chế độ làm việc của mạch điện</b> .....	18
<b>3. Định luật Ôm</b> .....	20
<b>3.1. Định luật Ôm cho đoạn mạch</b> .....	20
<b>3.2. Định luật Ôm cho toàn mạch</b> .....	20
<b>4. Định luật Kiếchốp</b> .....	22
<b>4.1. Định luật Kiếchốp 1</b> .....	22
<b>4.2. Định luật Kiếchốp 2</b> .....	22
<b>5. Giải mạch điện một chiều</b> .....	23
<b>5.1. Phương pháp biến đổi điện trở</b> .....	23
<b>5.2. Biến đổi sao (Y) thành tam giác (<math>\Delta</math>) và ngược lại.</b> .....	25
<b>5.3. Mạch phân nhánh có nhiều nguồn</b> .....	27
<b>Câu hỏi bài tập</b> .....	29
<b>CHƯƠNG 2</b> .....	31
<b>TỪ TRƯỜNG – CÁC HIỆN TƯỢNG CẢM ỨNG ĐIỆN TỪ</b> .....	31
<b>Giới thiệu</b> .....	31
<b>1. Khái niệm về từ trường</b> .....	33
<b>1.1. Từ trường</b> .....	33
<b>1.2. Đường sức từ trường</b> .....	34
<b>2. Từ trường của dòng điện</b> .....	35
<b>2.1. Từ trường của dòng điện trong dây dẫn thẳng</b> .....	35
<b>2.2. Từ trường của dòng điện trong vòng dây</b> .....	36
<b>2.3. Từ trường của dòng điện ống dây</b> .....	36
<b>3. Các đại lượng đặc trưng của từ trường</b> .....	37
<b>3.1. Cường độ từ cảm</b> .....	37

3.2. Cường độ từ trường $\vec{H}$ – hệ số từ cảm.....	38
3.3. Từ thông.....	39
4. Lực điện từ.....	40
4.1. Lực điện từ tác dụng lên dây dẫn.....	40
4.2. Công của lực điện từ.....	42
4.3. Lực tác dụng giữa dây dẫn mang dòng điện.....	42
5. Hiện tượng cảm ứng điện từ.....	43
5.1. Định luật cảm ứng điện từ.....	43
5.2. Chiều dòng điện cảm ứng.....	44
6. Sức điện động cảm ứng trong dây dẫn thẳng chuyển động cắt ngang từ trường.....	45
6.1. Chiều sức điện động cảm ứng.....	45
6.2. Độ lớn của sức điện động cảm ứng.....	45
7. Hiện tượng tự cảm.....	46
7.1. Từ thông móc vòng – hệ số tự cảm.....	46
7.2. Hiện tượng tự cảm.....	47
CHƯƠNG 3.....	55
MẠCH ĐIỆN XOAY CHIỀU HÌNH SIN 1 PHA.....	55
Nội dung chính.....	50
1.1. Định nghĩa.....	52
1.2. Nguyên lý tạo ra sđđ xoay chiều hình sin.....	55
1.3. Pha – sự lệch pha.....	57
1.4. Trị số hiệu dụng của lượng hình sin.....	59
2. Biểu diễn đại lượng xoay chiều dưới dạng đồ thị.....	61
2.1. Đồ thị hình sin.....	61
2.2. Đồ thị vectơ.....	63
3. Mạch xoay chiều thuần trở.....	65
3.1. Quan hệ dòng điện – điện áp.....	65
3.2. Công suất.....	66
4. Dòng điện xoay chiều trong nhánh thuần cảm.....	67
4.1. Quan hệ dòng điện, điện áp.....	67
5. Dòng điện xoay chiều trong nhánh thuần điện dung.....	69
5.1. Quan hệ dòng điện, điện áp.....	70
5.2. Công suất.....	71

6. Dòng điện xoay chiều trong nhánh R – L – C nối tiếp. ....	71
6.1. Quan hệ dòng điện, điện áp .....	72
6.2. Công suất .....	74
7. Hệ số công suất.....	76
7.1. Định nghĩa – ý nghĩa .....	76
7.2. Một số biện pháp nâng cao hệ số công suất.....	77
CHƯƠNG 4 .....	89
<b>MẠCH ĐIỆN XOAY CHIỀU 3 PHA.....</b>	<b>80</b>
1. Hệ thống ba pha .....	81
1.1. Khái niệm .....	81
1.2. Nguyên lý máy phát điện 3 pha .....	82
1.3. Đồ thị hình Sin – đồ thị vectơ.....	83
2. Mạch ba pha nối hình sao .....	84
2.1. Cách nối dây .....	85
2.2. Quan hệ giữa các đại lượng dây và pha.....	85
2.3. Phương pháp tính mạch ba pha nối hình sao đối xứng.....	88
2.3.1. Khi không xét tổng trở đường dây pha.....	88
3. Mạch ba pha nối hình tam giác .....	89
3.1. Cách nối dây .....	89
3.2. Quan hệ giữa các đại lượng dây và pha.....	90
3.3. Phương pháp tính mạch ba pha nối tam giác đối xứng .....	93
4. Công suất mạch ba pha.....	96
4.1. Công suất tác dụng P .....	96
4.2. Công suất phản kháng Q .....	97
4.3. Công suất biểu kiến của mạch 3 pha đối xứng .....	97
CHƯƠNG 5.....	100
<b>ĐO LƯỜNG ĐIỆN .....</b>	<b>100</b>
<b>Giới thiệu.....</b>	<b>100</b>
1. Khái niệm .....	102
1.1. Khái niệm về đo lường .....	102
1.2. Các cơ cấu đo thông dụng.....	102
2. Đo dòng điện – điện áp.....	109
2.1. Đo dòng điện .....	109

2.1.1. Phương pháp mắc .....	109
2.2. Đo điện áp .....	110
2.2.1. Phương pháp mắc .....	110
3. Đo điện trở.....	111
3.1. Phương pháp Volt – Ampere .....	111
3.2. Đo điện trở dùng đồng hồ đo.....	111
3.3. Đồng hồ vạn năng.....	114
4. Đo điện năng – đo công suất .....	115
4.1. Đo điện năng.....	115
4.1.1. Công tơ 1 pha.....	123
4.1.2. Công tơ 3 pha .....	121
4.2. Đo công suất .....	122
4.2.1. Đo công suất trong mạch một chiều.....	122
CHƯƠNG 6.....	126
MÁY BIẾN ÁP.....	126
Giới thiệu.....	126
1. Khái niệm chung .....	127
1.1. Công dụng.....	127
1.2. Định nghĩa .....	128
1.3. Các đại lượng định mức.....	129
2. Cấu tạo – Nguyên lý làm việc máy biến áp .....	130
2.1. Cấu tạo.....	130
2.2. Nguyên lý làm việc .....	131
3. Máy biến áp ba pha.....	134
3.1. Công dụng.....	134
3.2. Cấu tạo .....	134
3.2. Các kiểu nối dây của máy biến áp 3 pha .....	135
4. Các máy biến áp đặc biệt.....	138
4.1. Máy biến áp tự ngẫu .....	138
4.2. Máy biến áp hàn.....	140
4.3. Máy biến áp lờng. ....	140
CHƯƠNG 7.....	144
MÁY ĐIỆN KHÔNG ĐỒNG BỘ.....	144

<b>Giới thiệu</b> .....	144
<b>1. Khái niệm chung và cấu tạo</b> .....	146
<b>1.1. Khái niệm chung</b> .....	146
<b>1.2. Cấu tạo</b> .....	147
<b>2. Nguyên lý hoạt động của động cơ không đồng bộ ba pha</b> .....	150
<b>2.1. Từ trường quay – từ trường đập mạch</b> .....	150
<b>2.2. Nguyên lý làm việc của động cơ không đồng bộ 3 pha</b> .....	155
2.2.2..... <i>Nguyên lý làm việc của máy phát điện không đồng bộ ba pha.</i>	157
.....	157
<b>3. Mở máy động cơ không đồng bộ ba pha</b> .....	157
<b>3.1. Mở máy động cơ rotor dây quấn</b> .....	158
<b>3.2. Mở máy động cơ rotor lồng sóc</b> .....	159
<b>4. Điều chỉnh tốc độ động cơ không đồng bộ ba pha</b> .....	161
<b>4.1. Điều chỉnh tốc độ bằng thay đổi tần số</b> .....	162
<b>4.2. Điều chỉnh tốc độ bằng thay đổi số đôi cực</b> .....	162
<b>4.3. Điều chỉnh tốc độ bằng thay đổi điện áp cung cấp cho stator</b> .....	163
<b>4.4. Điều chỉnh tốc độ bằng thay đổi điện trở mạch roto của động cơ roto dây quấn</b> .....	163
<b>5. Động cơ không đồng bộ một pha</b> .....	164
<b>5.1. Dùng dây quấn phụ mở máy</b> .....	166
<b>5.2. Động cơ không đồng bộ 1 pha có tụ khởi động</b> .....	166
5.3. .... <i>Động cơ có vòng ngắn mạch ở cực từ.</i>	167
.....	167
<b>CHƯƠNG 8</b> .....	170
<b>MÁY ĐIỆN 1 CHIỀU</b> .....	170
<b>Giới thiệu</b> .....	170
<b>1. Cấu tạo – nguyên lý làm việc của máy điện một chiều.</b> .....	171
<b>1.1. Cấu tạo</b> .....	171
<b>1.2. Nguyên lý máy phát một chiều</b> .....	175
<b>1.3. Nguyên lý động cơ một chiều</b> .....	177
<b>2. Phân loại máy điện một chiều</b> .....	177
<b>2.1. Phân loại máy phát điện một chiều</b> .....	178
<b>2.2. Phân loại động cơ điện một chiều</b> .....	182
<b>CHƯƠNG 9</b> .....	189



<b>KHÍ CỤ ĐIỆN – MẠCH MÁY</b> .....	189
<b>1. Cấu tạo - công dụng khí cụ điện hạ áp.</b> .....	191
<i>1.1. Cầu chì</i> .....	191
<i>1.2. Cầu dao</i> .....	196
<i>1.3. Công tắc, nút nhấn</i> .....	199
<i>1.4. Áp tô mát</i> .....	204
<i>1.5. Contactor</i> .....	208
<i>1.6. Role nhiệt</i> .....	210
<i>1.7. Timer</i> .....	212
<b>2. Mạch máy công nghiệp</b> .....	215
<i>2.1. Mạch mở máy động cơ không đồng bộ ba pha rotor lồng sóc</i> .....	215
<i>2.2. Mạch đảo chiều quay động cơ không đồng bộ ba pha rotor lồng sóc dùng nút nhấn.</i> ....	216

## **MÔN HỌC: KỸ THUẬT ĐIỆN**

**Mã môn học: MH14**

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

**Mục tiêu của môn học:**

**Nội dung của môn học:**

# CHƯƠNG 1

## KHÁI NIỆM CƠ BẢN VỀ MẠCH ĐIỆN

### Mã chương: 14.1

#### **Giới thiệu:**

Chương này trình bày về mạch điện và các phần tử của mạch điện, kết cấu mạch điện, mô hình mạch điện và phân loại, các chế độ làm việc của mạch điện, định luật Ôm, các định luật Kiêchôp về dòng điện và điện áp và các phương pháp giải mạch điện một chiều như:

- Phương pháp biến đổi điện trở
- Biến đổi sao (Y) thành tam giác ( $\Delta$ ) và ngược lại

#### **Mục tiêu**

- + Trình bày được khái niệm mạch điện và các thông số cơ bản của mạch là điện áp, dòng điện....
- + Mô hình hóa được mạch điện bằng các phần tử mạch.
- + Giải được các bài toán cơ bản của mạch điện.
- + Rèn luyện tính kỷ luật, kiên trì, cẩn thận, nghiêm túc, chủ động và tích cực sáng tạo trong học tập.

#### **Nội dung chính**

Nội dung của bài	Thời gian (giờ)				Hình thức giảng dạy
	T.Số	LT	TH/BT	KT*	
1. Mạch điện và các phần tử của mạch điện	1	1	0		
1.1. Định nghĩa mạch điện		0,25			LT
1.2 Các phần tử cơ bản của mạch điện		0,5			LT
1.3. Kết cấu mạch điện		0,25			LT
2. Mô hình mạch điện và phân loại,	1	1	0	0	

các chế độ làm việc của mạch điện					
2.1 Mô hình mạch điện	0,25	0,25			LT
2.2. Phân loại, các chế độ làm việc của mạch điện	0,75	0,75			LT
2.2.1. Phân loại theo dòng điện trong mạch		0,125			LT
2.2.2. Phân loại theo tính chất các thông số R, L, C của mạch		0,25			LT
2.2.3. Phân loại theo quá trình năng lượng trong mạch		0,25			LT
2.2.4. Phân loại bài toán về mạch điện		0,125			LT
3. Định luật Ôm	1	1	0		
3.1 Định luật Ôm cho đoạn mạch		0,5			LT+BT
3.2. Định luật Ôm cho toàn mạch		0,5			LT+BT
4. Định luật Kiếchốp	1	1	0		
4.1. Định luật Kiếchốp1		0,5			LT+BT
4.2. Định luật Kiếchốp 2		0,5			LT+BT
5. Giải các mạch điện một chiều	1	0	1		BT

## 1. Mạch điện và các phần tử của mạch điện

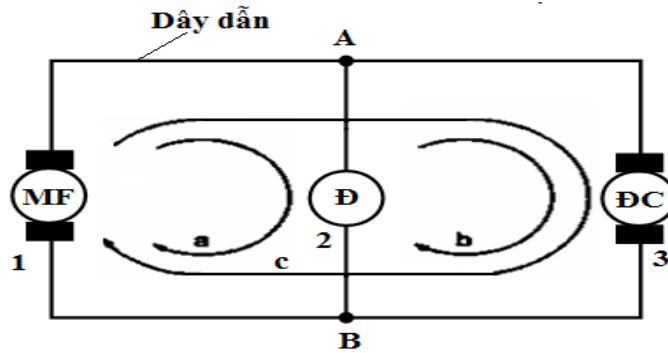
### Mục tiêu

- Nêu được định nghĩa và các phần tử cơ bản của mạch điện.
- Phân tích được kết cấu mạch điện.
- Tích cực với bài học.

#### 1.1. Định nghĩa mạch điện

Mạch điện là tập hợp các thiết bị điện nối với nhau bằng các dây dẫn (phần tử

dẫn) tạo thành những vòng kín trong đó dòng điện có thể chạy qua. Mạch điện thường gồm các phần tử sau: nguồn điện, phụ tải (tải), dây dẫn. Hình 1.1.

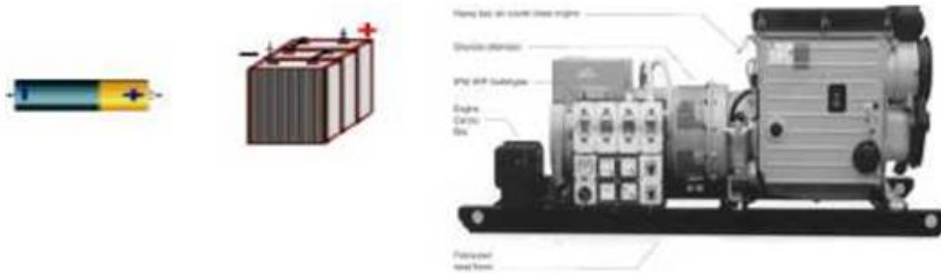


Hình 1.1. Nút và vòng của mạch điện.

## 1.2. Các phần tử cơ bản của mạch điện

### a. Nguồn điện

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



Hình 1.2. Các dạng nguồn điện

### b. Tải

Tải là các thiết bị tiêu thụ điện năng và biến đổi điện năng thành các dạng năng lượng khác như cơ năng, nhiệt năng, quang năng v... v. hình 1.3.



Hình 1.3: Các loại phụ tải điện

### c. Dây dẫn

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

## 1.3. Kết cấu mạch điện

### a. Nhánh

Nhánh là một đoạn mạch gồm các phần tử ghép nối tiếp nhau, trong đó có cùng một dòng điện chạy qua. Trên hình 1.1 có 3 nhánh đánh số 1, 2, 3.

### b. Nút

Nút là điểm gặp nhau của từ ba nhánh trở lên. Trên hình 1.1 có 2 nút ký hiệu là A, B.

### c. Vòng

Vòng là lối đi khép kín qua các nhánh. Mạch điện trên hình 1.1 tạo nên 3 vòng ký hiệu a, b, c.

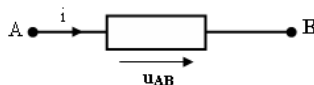
## 1.4. Các đại lượng đặc trưng quá trình năng lượng trong mạch điện

Để đặc trưng cho quá trình năng lượng cho một nhánh hoặc một phần tử của mạch điện ta dùng hai đại lượng: dòng điện  $i$  và điện áp  $u$ .

$$\text{Công suất của nhánh: } p = u \cdot i \quad (1-1)$$

### a. Dòng điện

Dòng điện  $i$  về trị số bằng tốc độ biến thiên của lượng điện tích  $q$  qua tiết diện ngang một vật dẫn:  $i = dq/dt$  (1-2)



Hình 1.4.

Chiều dòng điện quy ước là chiều chuyển động của điện tích dương trong điện trường.

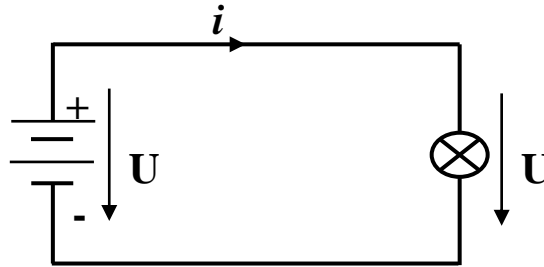
### b. Điện áp

Hiệu điện thế (hiệu thế) giữa hai điểm gọi là điện áp. Điện áp giữa hai điểm A và B:

$$U_{AB} = U_A - U_B \quad (1-3)$$

Chiều điện áp quy ước là chiều từ điểm có điện thế cao đến điểm có điện thế thấp.

*c. Chiều dương dòng điện và điện áp*



*Hình 1.5*

Khi giải mạch điện, ta tùy ý vẽ chiều dòng điện và điện áp trong các nhánh gọi là chiều dương. Kết quả tính toán nếu có trị số dương, chiều dòng điện (điện áp) trong nhánh ấy trùng với chiều đã vẽ, ngược lại, nếu dòng điện (điện áp) có trị số âm, chiều của chúng ngược với chiều đã vẽ.

*d. Công suất*

Trong mạch điện, một nhánh, một phần tử có thể nhận năng lượng hoặc phát năng lượng.

$$p = u \cdot i > 0 \text{ nhánh nhận năng lượng}$$

$$p = u \cdot i < 0 \text{ nhánh phát năng lượng}$$

Đơn vị đo của công suất là W (Oát) hoặc KW

**2. Mô hình mạch điện và phân loại, các chế độ làm việc của mạch điện**

**Mục tiêu**

- Trình bày được mô hình mạch điện.
- Phân loại và nêu được các chế độ làm việc của mạch điện.
- Tích cực với bài học.

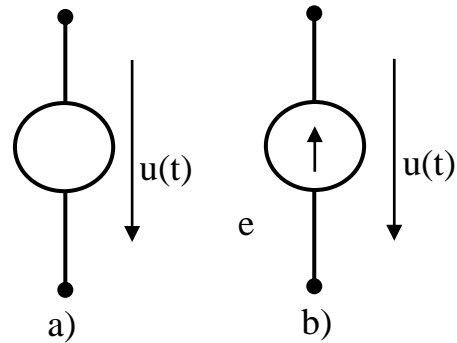
**2.1. Mô hình mạch điện**

Mạch điện gồm nhiều phần tử. Khi làm việc nhiều hiện tượng độn từ xảy ra trong các phần tử. Khi tính toán người ta thay thế mạch điện thực bằng mô hình mạch. Mô hình mạch 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. Dưới đây ta xét các phần tử lý tưởng của mô hình mạch .

*a. Nguồn điện áp  $u(t)$*

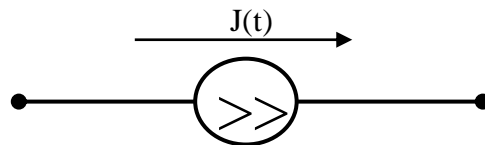
Nguồn điện áp đặc trưng cho khả năng tạo nên và duy trì một điện áp trên hai cực của nguồn. Nguồn điện áp được ký hiệu như hình 1.6a và được biểu diễn bằng một sức điện động  $e(t)$  (hình 1.6b). Chiều  $e(t)$  từ điểm điện thế thấp đến điểm điện thế cao. Chiều điện áp theo quy ước từ điểm có điện thế cao đến điểm điện thế thấp:  $u(t) = -e(t)$  (1- 4)



*Hình 1.6*

*b. Nguồn dòng điện*

Nguồn dòng điện  $J(t)$  đặc trưng cho khả năng của nguồn điện tạo nên và duy trì một dòng điện cung cấp cho mạch ngoài. Nguồn dòng được ký hiệu như hình ( hình 1.7)

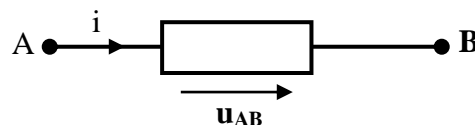


*Hình 1.7*

*c. Điện trở  $R$*

Điện trở  $R$  đặc trưng cho quá trình tiêu thụ điện năng và biến đổi điện năng sang dạng năng lượng khác như nhiệt năng, quang năng, cơ năng v.v.

Quan hệ giữa dòng điện và điện áp trên điện trở :  $u_R = R.i$  (1- 5) (hình1.8)



*Hình 1.8*



Đơn vị của điện trở là  $\Omega$  (ôm)

$$\text{Công suất điện trở tiêu thụ: } p = Ri^2 \quad (1-6)$$

Điện dẫn  $G$ :  $G = 1/R$ . Đơn vị điện dẫn là Simen (S)

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

$$\text{Khi } i = \text{const ta có } A = R \cdot i^2 \cdot t \quad (1-7)$$

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

#### d. Điện cảm $L$

Khi có dòng điện  $i$  chạy trong cuộn dây  $W$  vòng sẽ sinh ra từ thông móc vòng với cuộn dây:

$$\psi = \omega \varphi \quad (1-8)$$

Điện cảm của cuộn dây được định nghĩa:

$$L = \frac{\psi}{i} = \frac{W\varphi}{i} \quad (1-9)$$

Đơn vị điện cảm là Henry (H).

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 hình 1.9.

$$e_L = -\frac{d\psi}{dt} = -L \frac{di}{dt} \quad (1-10)$$

Điện áp trên cuộn dây

$$u_L = -e_L = L \frac{di}{dt} \quad (1-11)$$

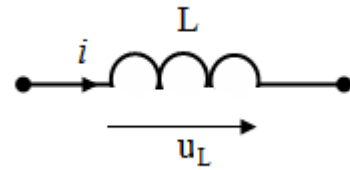
Công suất trên cuộn dây

$$p_L = u_L i = Li \frac{di}{dt} \quad (1-12)$$

Năng lượng từ trường tích lũy trên cuộn dây:

$$W_M = \int_0^t p_L dt = \int_0^t Li di = \frac{1}{2} Li^2 \quad (1-13)$$

Như vậy điện cảm  $L$  đặc trưng cho khả năng tích lũy năng lượng từ trường



Hình 1.9

của cuộn dây.

*e. Hồ cảm M*

Hiện tượng hồ cảm là hiện tượng xuất hiện từ trường trong một cuộn dây do dòng điện biến thiên trong cuộn dây khác tạo nên. Trong hình 1- 10a có hai cuộn dây có liên hệ hồ cảm với nhau. Từ thông hồ cảm trong hai cuộn dây do dòng điện  $i_1$  tạo nên là :

$$\psi_{21} = M i_1 \tag{1-14}$$

M là hệ số hồ cảm giữa hai cuộn dây. Nếu  $i_1$  biến thiên thì điện áp hồ cảm của cuộn 2 do  $i_1$  tạo nên là:

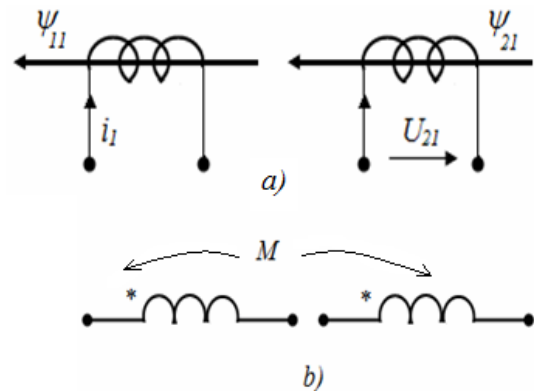
$$u_{21} = \frac{d\psi_{21}}{dt} = \frac{Md i_1}{dt} \tag{1-15}$$

Tương tự điện áp hồ cảm của cuộn 1 do dòng điện  $i_2$  tạo nên là:

$$u_{12} = \frac{d\psi_{12}}{dt} = \frac{Md i_2}{dt} \tag{1-16}$$

Đơn vị của hồ cảm là Henry (H). Hồ cảm M được ký hiệu như hình 1.10b và dùng cách đánh dấu một cực cuộn dây bằng là dấu (\*) để dễ xác định dấu của phương trình (1-15) và (1-16). Đó là các cực cùng tính, khi các dòng điện có chiều cùng đi vào (hoặc cùng ra khỏi) các cực đánh dấu ấy thì từ thông tự cảm  $\psi_{11}$  và từ thông hồ cảm  $\psi_{21}$  cùng chiều. Cực cùng tính phụ thuộc chiều quấn dây và vị trí của các cuộn dây có hồ cảm.

*f. Điện dung C*



Hình 1.10

Khi đặt điện áp  $u_c$  hai đầu tụ điện (hình 1.11), sẽ có điện tích  $q$  tích lũy trên bản tụ điện:

$$q = C \cdot u_c \quad (1-17)$$

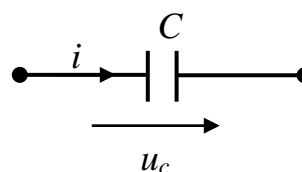
Nếu điện áp  $u_c$  biến thiên sẽ có dòng điện dịch chuyển qua tụ điện:

$$i = \frac{dq}{dt} = \frac{d}{dt}(C u_c) = C \frac{d u_c}{dt} \quad (1-18)$$

$$\Rightarrow u_c = \frac{1}{C} \int_0^t i dt \quad (1-19)$$

Nếu tại thời điểm  $t = 0$  mà tụ điện đã có điện tích ban đầu thì điện áp trên tụ là:

$$u_c = \frac{1}{C} \int_0^t i dt + u_c(0) \quad (1-20)$$



Hình 1.12

Công suất trên tụ điện:

$$p_c = u_c i = C u_c \frac{d u_c}{dt} \quad (1-21)$$

Năng lượng tích lũy trong điện trường của tụ điện:

$$W_E = \int_0^t p_c dt = \int_0^t C u_c d u_c = \frac{1}{2} C u^2 \quad (1-22)$$

Vậy điện dung  $C$  đặc trưng cho hiện tượng tích lũy năng lượng điện trường (phóng tích điện năng) trong tụ điện. Đơn vị của điện dung là F (Fara).

### g. Mô hình mạch điện

Mô hình mạch điện còn được gọi là sơ đồ thay thế mạch điện, trong đó kết cấu hình học và quá trình năng lượng giống như ở mạch điện thực, song các phần tử của mạch điện thực đã được mô hình bằng các thông số  $R, L, C, M, u, e, j$ .

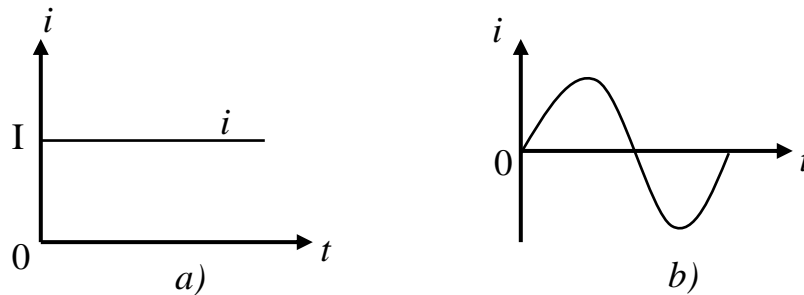
Mô hình mạch điện được sử dụng rất thuận lợi trong việc nghiên cứu và tính toán mạch điện và thiết bị điện.

## 2.2. Phân loại, các chế độ làm việc của mạch điện

### 2.2.1. Phân loại theo loại dòng điện trong mạch

#### a. Mạch điện một chiều

Dòng điện một chiều là dòng điện có chiều không đổi theo thời gian. Mạch điện có dòng điện một chiều chạy qua gọi là mạch điện một chiều. Dòng điện có trị số và chiều không thay đổi theo thời gian gọi là dòng điện không đổi (hình 1.13a)



Hình 1.13

#### b. Mạch điện xoay chiều

Dòng điện xoay chiều là dòng điện có chiều biến đổi theo thời gian. Dòng điện xoay chiều được sử dụng nhiều nhất là dòng điện hình sin, biến đổi theo hàm sin của thời gian (hình 1.13.b).

Mạch điện có dòng điện xoay chiều gọi là mạch điện xoay chiều.

### 2.2.2. Phân loại theo tính chất các thông số $R$ , $L$ , $C$ của mạch điện

#### a. Mạch điện tuyến tính

Tất cả các phần tử của mạch điện là phần tử tuyến tính, nghĩa là các thông số  $R$ ,  $L$ ,  $C$  là hằng số, không phụ thuộc vào dòng điện  $i$  và điện áp  $u$  trên chúng.

#### b. Mạch điện phi tuyến

Mạch điện có chứa phần tử phi tuyến gọi là mạch điện phi tuyến. Thông số  $R$ ,  $L$ ,  $C$  của phần tử phi tuyến thay đổi phụ thuộc vào dòng điện  $i$  và điện áp  $u$  trên chúng.

### 2.2.3. Phân loại theo quá trình năng lượng trong mạch

#### a. Chế độ xác lập

Chế độ xác lập là quá trình, trong đó dưới tác động của các nguồn, dòng điện và điện áp trên các nhánh đạt trạng thái ổn định. Ở chế độ xác lập, dòng điện,

điện áp trên các nhánh biến thiên theo một quy luật giống với quy luật biến thiên của nguồn điện

#### *b. Chế độ quá độ*

Chế độ quá độ là quá trình chuyển tiếp từ chế độ xác lập này sang chế độ xác lập khác. Ở chế độ quá độ, dòng điện và điện áp biến thiên theo các quy luật khác với quy luật biến thiên ở chế độ xác lập.

#### **2.2.4. Phân loại theo bài toán về mạch điện**

Có hai loại bài toán về mạch điện: phân tích mạch và tổng hợp mạch.

Nội dung bài toán phân tích mạch là cho biết các thông số và kết cấu mạch điện, cần tính dòng, áp và công suất các nhánh.

Tổng hợp mạch là bài toán ngược lại, cần phải thành lập một mạch điện với các thông số và kết cấu thích hợp, để đạt các yêu cầu định trước về dòng, áp và năng lượng.

### **3. Định luật Ôm**

#### **Mục tiêu**

- Nêu được định luật Ôm cho đoạn mạch và toàn mạch;
- Giải được các bài tập áp dụng định luật Ôm;
- **Hứng thú với bài học.**

#### *3.1. Định luật Ôm cho đoạn mạch*

*Dòng điện trong mạch tỉ lệ với điện áp hai đầu đoạn mạch và tỉ lệ nghịch với điện trở của đoạn mạch đó*

$$I = \frac{U}{r} \quad (1-23)$$

Trong đó

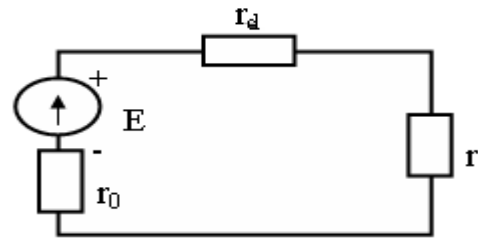
U: Hiệu điện thế (V)

I: Cường độ dòng điện (A)

R: Điện trở của đoạn mạch (giá trị điện trở) ( $\Omega$ )

#### *3.2. Định luật Ôm cho toàn mạch*

Giả sử mạch điện không phân nhánh hình 1.14 có nguồn Sđđ E, điện trở trong  $r_0$ , cung cấp cho phụ tải với điện trở  $r$  qua một đường dây điện trở  $r_d$  và dòng điện trong mạch là  $i$ .



Hình 1.14

Áp dụng định luật Ôm cho từng đoạn mạch, ta có:

- Điện áp đặt vào phụ tải:  $U = I.r$
- Điện áp đặt vào đường dây:  $U_d = I.r_d$
- Điện áp đặt vào điện trở trong:  $U_0 = I.r_0$

⇒ Sđđ nguồn bằng tổng các điện áp trên từng đoạn mạch:

$$E = U + U_d + U_0 = I.(r + r_d + r_0) = I.\Sigma r$$

Trong đó  $\Sigma r = r + r_d + r_0$  là điện trở toàn mạch

Vậy: 
$$I = \frac{U}{\Sigma r} \tag{1-24}$$

*Dòng điện trong mạch tỉ lệ với sức điện động nguồn và tỉ lệ nghịch với điện trở toàn mạch (định luật Ôm cho toàn mạch).*

*Ví dụ:*

Cho mạch điện như hình 1- 14 có:

$$E = 231 \text{ V}; r_t = 22 \text{ } \Omega; r_0 = 0,1 \text{ } \Omega; r_d = 1 \text{ } \Omega$$

Xác định dòng điện trong mạch, điện áp đặt vào phụ tải và điện trở đường dây, điện áp đầu đường dây.

*Lời giải:*

Áp dụng định luật Ôm cho toàn mạch

$$I = \frac{E}{\Sigma r} = \frac{231}{22 + 1 + 0,1} = 10(\text{A})$$

Điện áp đặt vào phụ tải:  $U = I.r = 10.22 = 220(\text{V})$

Điện áp đặt vào đường dây:  $U_d = I.r_d = 10.1 = 10 \text{ (V)}$

Điện áp đầu đường dây:  $U_t = U + U_d = 220 + 10 = 230 \text{ (V)}$

## 4. Định luật Kiếchốp

### Mục tiêu

- Nêu được định luật Kiếchốp1 và 2;
- Giải được các bài tập áp dụng định luật Kiếc hốp;
- Hứng thú với bài học.

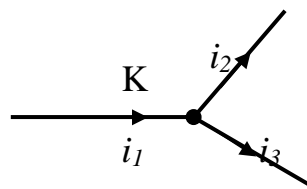
### 4.1. Định luật Kiếc hốp 1

Định luật Kiếchốp 1 phát biểu cho một nút.

*Tổng đại số các dòng điện tại một nút bằng không*

$$\sum_{(i)} i = 0 \quad (1- 25)$$

trong đó nếu quy ước các dòng điện đi tới nút mang dấu dương, và các dòng điện rời khỏi nút thì mang dấu âm hoặc ngược lại.



Hình 1.15

*Ví dụ:* Tại nút K hình 1.15, định luật Kiếchốp 1 được viết:

$$i_1 - i_2 - i_3 = 0 \quad (1- 26)$$

Từ phương trình (1-26) ta có thể viết lại:

$$i_1 = i_2 + i_3 \quad (1- 27)$$

Nghĩa là tổng các dòng điện tới nút bằng tổng các dòng điện rời khỏi nút. Định luật Kiếchốp 1 nói lên tính chất liên tục của dòng điện. Trong một nút không có hiện tượng tích lũy điện tích, có bao nhiêu điện tích tới nút thì cũng có bấy nhiêu điện tích rời khỏi nút.

### 4.2. Định luật Kiếc hốp 2

Định luật Kiếchốp 2 phát biểu cho một mạch vòng kín như sau:

$$\sum_{(i)} u_i = \sum_{(j)} e_j \quad (1- 28)$$

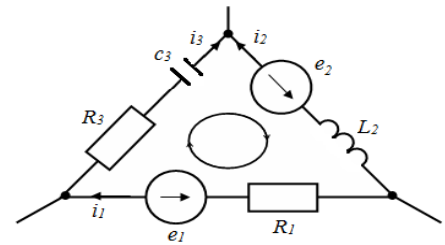
*Đi theo một vòng khép kín, theo một chiều dương tùy ý, tổng đại số các điện áp rơi trên các phần tử bằng tổng đại số các sức điện động trong vòng; trong đó*

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

Ví dụ: Đối với vòng kín trong hình 1.16, định luật Kiếchốp 2 viết:

$$R_3 i_3 + \frac{1}{C_3} \int i_3 dt - L_2 \frac{di_2}{dt} + R_1 i_1 = e_2 - e_1$$

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



Hình 1.16

Cần chú ý rằng hai định luật Kiếchốp viết cho giá trị tức thời của dòng điện và điện áp.

## 5. Giải mạch điện một chiều

### Mục tiêu

- Trình bày được một số phương pháp giải mạch điện một chiều.
- Giải được các bài tập về mạch điện một chiều.
- **Hứng thú với bài học.**

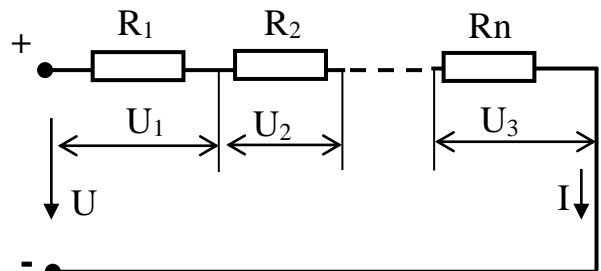
### 5.1. Phương pháp biến đổi điện trở

#### 5.1.1. Mắc nối tiếp điện trở

Điện trở tương đương  $R_{td}$  của các điện trở  $R_1, R_2, R_n$  mắc nối tiếp (hình 1.25) là:

$$R_{td} = R_1 + R_2 + \dots + R_n \quad (1-29)$$

$$R_{td} = \sum_{i=1}^n R_i \quad (1-30)$$



Hình 1.17

Ví dụ:

Cần dùng ít nhất bao nhiêu bóng đèn 24V – 12W mắc vào mạch điện áp



$U = 120V$ ? Tìm điện trở tương đương và dòng điện qua mạch?

Lời giải:

Khi mắc nối tiếp phải đảm bảo điều kiện áp trên mỗi bóng đèn không vượt quá điện áp định mức của chúng là  $24V$ . Vì các bóng đèn này giống nhau, nên khi mắc nối tiếp điện áp đặt vào các bóng đèn là như nhau. Vậy số bóng đèn cần thiết để mắc nối tiếp là:

$$n \geq \frac{120}{24} = 5$$

Ta lấy  $n=5$ , tức là cần mắc 5 bóng nối tiếp.

Điện trở mỗi bóng là:

$$R = \frac{U^2}{P} = \frac{24^2}{12} = 48(\Omega)$$

Điện trở tương đương toàn mạch:

$$R_{td} = n.R = 5.48 = 240 (\Omega)$$

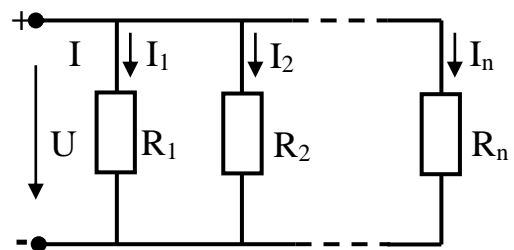
Dòng điện trong mạch:

$$I = \frac{U}{R_{td}} = \frac{120}{240} = 0,5(A)$$

### 5.1.2. Mắc song song điện trở

Mắc song song điện trở là cách mắc sao cho tất cả các điện trở đều đặt vào cùng một điện áp (hình 1.18).

Như vậy mắc song song là cách mắc phân nhánh mỗi điện trở là một mạch nhánh.



Hình 1.18

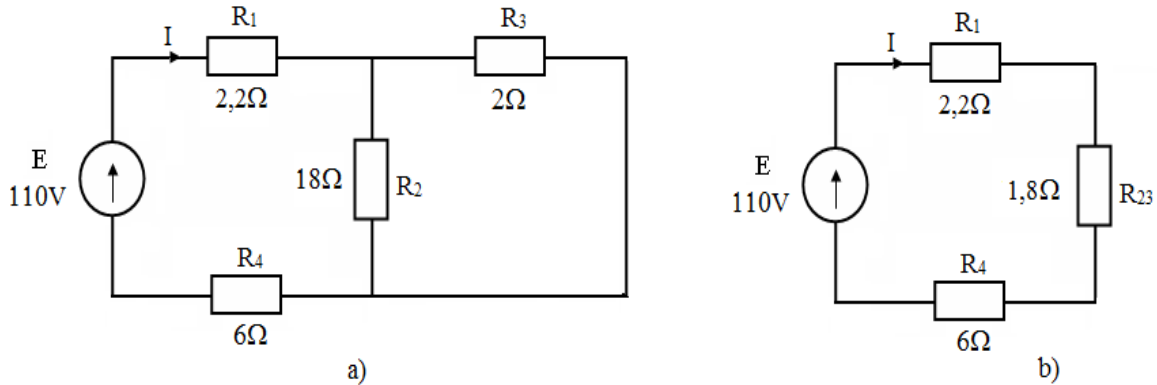
Điện trở tương đương  $R_{td}$  của các điện trở  $R_1, R_2 \dots R_n$  mắc song song (hình 1.18) tính như sau :

$$\frac{1}{R_{td}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_n} \quad (1-31)$$

Khi chỉ có 2 điện trở  $R_1, R_2$  mắc song song điện trở tương đương của chúng

$$R_{td} = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2} \quad (1-32)$$

Ví dụ: Tính dòng điện I trong mạch điện hình 1.19



Hình 1.19

Lời giải:

Vì  $R_2, R_3$  nối song song nên ta có điện trở tương đương  $R_{23}$ :

$$R_{23} = \frac{R_2 \cdot R_3}{R_2 + R_3} = \frac{18 \cdot 2}{18 + 2} = 1,8(\Omega)$$

Các điện trở  $R_1, R_{23}, R_4$  mắc nối tiếp (hình 1.19b) nên ta có điện trở tương đương toàn mạch  $R_{ab}$  là:

$$R_{ab} = R_1 + R_{23} + R_4 = 2,2 + 1,8 + 6 = 10 (\Omega)$$

Dòng điện chạy trong mạch:

$$I = \frac{E}{R_{ab}} = \frac{110}{10} = 11(A)$$

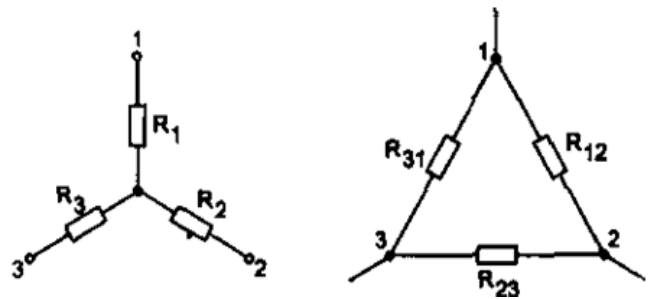
## 5.2. Biến đổi sao (Y) thành tam giác ( $\Delta$ ) và ngược lại.

### 5.2.1. Biến đổi sao thành tam giác $Y \rightarrow \Delta$ .

Giả thiết có 3 điện trở  $R_1, R_2, R_3$  nối hình sao. Biến đổi hình sao thành các điện trở đầu tam giác (hình 1.20).

Công thức tính các điện trở nối hình tam giác là:

$$\left. \begin{aligned} R_{12} &= R_1 + R_2 + \frac{R_1 \cdot R_2}{R_3} \\ R_{23} &= R_2 + R_3 + \frac{R_2 \cdot R_3}{R_1} \\ R_{31} &= R_3 + R_1 + \frac{R_3 \cdot R_1}{R_2} \end{aligned} \right\} (1-32)$$



Hình 1.20

Khi hình sao đối xứng:

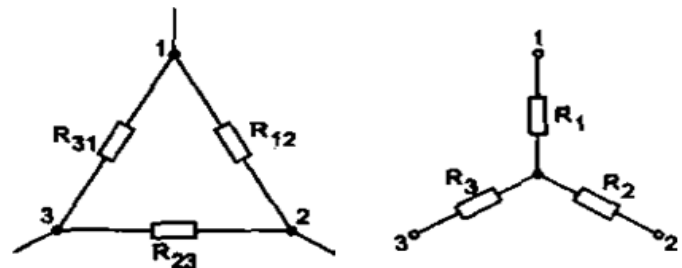
$$R_1 = R_2 = R_3 = R \text{ thì ta có :}$$

$$R_{12} = R_{23} = R_{31} = 3R$$

### 5.2.2. Biến đổi tam giác thành sao $\Delta \rightarrow Y$

Giả thiết có 3 điện trở  $R_{12}, R_{23}, R_{31}$  nối hình tam giác. Biến đổi hình tam giác thành hình sao (hình 1.21), điện trở các cạnh hình sao tính là :

$$\left. \begin{aligned} R_1 &= \frac{R_{12} \cdot R_{31}}{R_{12} + R_{23} + R_{31}} \\ R_2 &= \frac{R_{23} \cdot R_{12}}{R_{12} + R_{23} + R_{31}} \\ R_3 &= \frac{R_{31} \cdot R_{23}}{R_{12} + R_{23} + R_{31}} \end{aligned} \right\} (1-33)$$

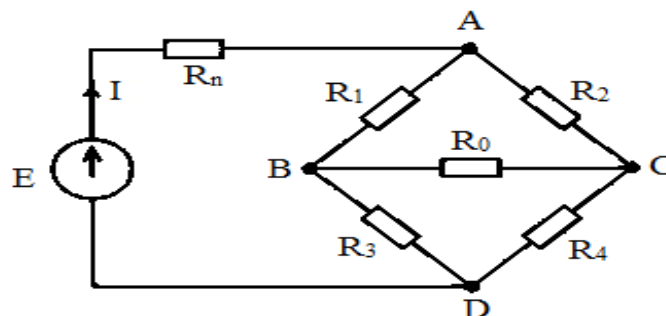


Hình 1.22

Khi hình tam giác đối xứng  $R_{12} = R_{23} = R_{31} = R$ . thì  $R_1 = R_2 = R_3 = \frac{R}{3}$

Ví dụ :

Tính dòng điện  $I$  chạy qua nguồn của mạch cầu hình 1.23, biết  $R_1 = 12\Omega, R_3 = R_2 = 6\Omega, R_4 = 21\Omega, R_0 = 18\Omega, E = 240V, R_n = 20$ . (hình 1.23).



Hình 1.23

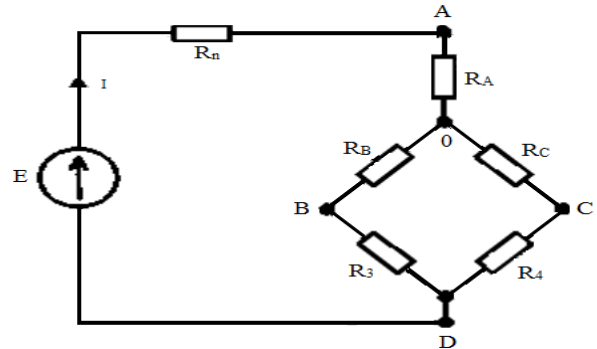
Lời giải:

Biến đổi tam giác ABC ( $R_1, R_2, R_0$ ) thành sao  $R_A, R_B, R_C$  (hình 1.24).

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

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

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



Hình 1.24

Điện trở tương đương nhánh song song:

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

Điện trở tương đương toàn mạch

$$R_{td} = R_n + R_A + R_{OD} = 2 + 2 + 8 = 12\Omega$$

Dòng điện chạy qua nguồn

$$I = \frac{E}{R_{td}} = \frac{240}{12} = 20A$$

### 5.3. Mạch phân nhánh có nhiều nguồn

Bước 1:

Xác định số nút  $n = \dots\dots\dots$  số nhánh  $m = \dots\dots\dots$  Số' ẩn của hệ phương trình bằng số nhánh  $m$ .

Bước 2:

Quy định chiều dòng mỗi nhánh.

Bước 3:

Viết Kiếchốp 1 cho  $(n-1)$  nút đã chọn.

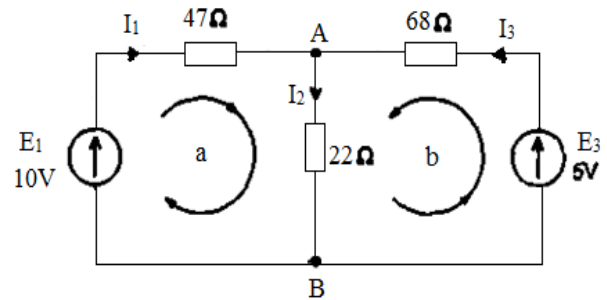
Viết Kiếchốp 2 cho  $[m - (n-1)] = (m-n+1)$  mạch vòng độc lập.

Bước 4:

Giải hệ phương trình, tìm được m dòng điện nhánh.

*Ví dụ:*

Áp dụng phương pháp dòng điện nhánh, tính dòng điện trong các nhánh của mạch điện hình 1.25.



Hình 1.25

*Bước 1:* Mạch điện có 2 nút A và B, số nút  $n = 2$ ; mạch có 3 nhánh 1, 2, 3, số nhánh  $m = 3$ .

*Bước 2:* Vẽ chiều dòng điện các nhánh  $I_1, I_2, I_3$  như hình 1.25.

*Bước 3:* Số nút cần viết phương trình Kiếchốp 1 là  $n - 1 = 2 - 1 = 1$ . Chọn nút A. Phương trình Kircchoff 1 viết cho nút A là:

$$I_1 - I_2 + I_3 = 0 \quad (1)$$

*Bước 4:* Chọn  $(m - n + 1) = 3 - 2 + 1 = 2$  mạch vòng.

Chọn 2 mạch vòng độc lập a, b như hình vẽ. Viết phương trình Kiếchốp 2 cho mạch vòng a và b.

Phương trình Kiếchốp 2 cho mạch vòng a.

$$47I_1 + 22I_2 = 10 \quad (2)$$

Mạch vòng b.

$$22I_2 + 68I_3 = 5 \quad (3)$$

*Bước 5.* Giải hệ 3 phương trình (1), (2), (3) ta có dòng điện các nhánh:

$$I_1 = 138 \text{ mA}; I_2 = 160 \text{ mA}; I_3 = 22 \text{ mA}$$

Kiến thức cần thiết để thực hiện công việc.

- Mạch điện và các phần tử của mạch điện
- Định luật Ôm
- Định luật Kiếchốp

### Các bước và cách thức thực hiện công việc

*Nghiên cứu trả lời các câu hỏi sau:*

1. Nguồn điện là gì? Tải là gì? Hãy cho các ví dụ về nguồn điện và tải.

2. Phát biểu định luật Ôm.
3. Phát biểu định luật Kiécshôp.

### Yêu cầu về đánh giá kết quả học tập

- Kiểm tra vấn đáp đầu giờ.

### Câu hỏi bài tập

1. Một tải có điện trở  $R = 19\Omega$  đấu vào nguồn điện một chiều có  $E = 100V$ , điện trở trong  $R_{tr} = 1\Omega$ . Tính dòng điện  $I$ , điện áp  $u$  và công suất  $p$  của tải.

Đáp số:  $I = 5A$  ;  $U = 95V$ ;  $P = 475W$  ,

2. Cho một nguồn điện một chiều có sức điện động  $E = 50V$  ; điện trở trong  $R_{tr} = 0,1\Omega$ . Nguồn điện cung cấp điện cho tải có điện trở  $R$ . Biết công suất tổn hao trong nguồn điện là  $10W$ . Tính dòng điện  $I$ , điện áp  $U$  giữa 2 cực của nguồn điện, điện trở  $R$  và công suất  $P$  tải tiêu thụ.

Đáp số:  $I = 10 A$  ;  $U = 49V$ ;  $R = 4,9\Omega$ ;  $P = 490W$ .

3. Một nguồn điện có sức điện động  $E$  và điện trở trong  $R_r = 0,5\Omega$ , cung cấp điện cho tải có điện trở  $R$ . Biết điện áp của tải  $U = 95V$  ; công suất tải tiêu thụ  $P = 950W$ . Tính  $E$ ,  $R$ .

Đáp số:  $E = 100V$ ;  $R = 9,5\Omega$ .

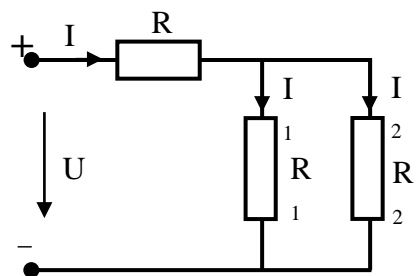
4. Dùng phép biến đổi tương đương, tính dòng điện trong các nhánh trên sơ đồ hình 1.27. Tính công suất nguồn và công suất trên các điện trở.

Cho  $U = 80V$ ,  $R = 1,25\Omega$ ,  $R_1 = 6\Omega$ ,  $R_2 = 10\Omega$ .

Đáp số:  $I_1 = 10A$ ;  $I_2 = 6A$ ;  $I = 16A$

$P = UI = 1280W$ ;  $P_R = 320W$ ;  $P_{R1} = 600W$ ;

$P_{R2} = 360W$ . Ta thấy  $P = P_R + P_{R1} + P_{R2}$

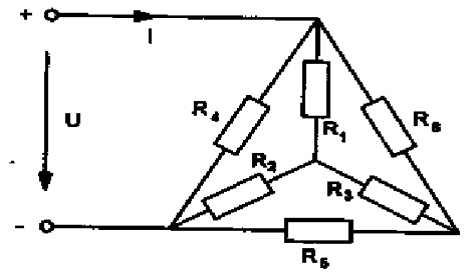


Hình 1.27

5. Tính dòng điện  $I$  và công suất nguồn trong sơ đồ hình 1.28. Cho  $U = 120V$  ;  $R_1 =$

$$R_2 = R_3 = 2\Omega; R_4 = R_5 = R_6 = 6\Omega.$$

Đáp số:  $I = 60A$ ;  $P = 7,2Kw$

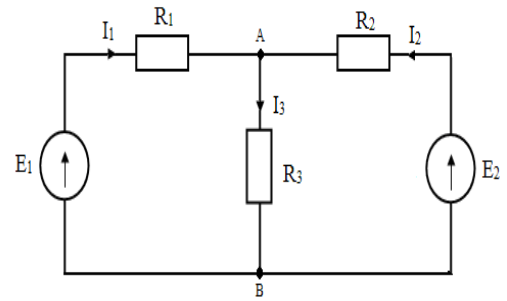


Hình 1.28

6. Cho mạch điện trên sơ đồ hình 1.29. Tìm dòng điện trong các nhánh biết:  $E_1 = 200V$  ;  $R_1 = 2\Omega$ ;  $E_2 = 170V$  ;  $R_2 = 10\Omega$ ;  $R_3 = 20\Omega$ .

Đáp số: Chọn chiều dòng điện nhánh như hình 1.29.

$I_1 = 10A$  ;  $I_3 = 9A$  ;  $I_2 = -1A$  (chiều dòng điện  $I_2$  (nhánh 2) ngược với chiều đã vẽ).



Hình 1.29

## CHƯƠNG 2

### TỪ TRƯỜNG – CÁC HIỆN TƯỢNG CẢM ỨNG ĐIỆN TỪ

#### Mã chương: 14.2

#### Giới thiệu

Nội dung chính của chương nói về từ trường, các đại lượng đặc trưng của từ trường, lực điện từ và các hiện tượng cảm ứng điện từ.

#### Mục tiêu

- + Trình bày được khái niệm về từ trường, đường sức từ trường.
- + Xác định được chiều của đường sức từ, lực điện từ, sức điện động cảm ứng.
- + Vận dụng được các kiến thức để giải các bài toán về từ trường.
- + **Rèn luyện tính kỷ luật, kiên trì, cẩn thận, nghiêm túc, chủ động và tích cực sáng tạo trong học tập.**

#### Nội dung chính

Nội dung của bài	Thời gian (giờ)				Hình thức giảng dạy
	T.Số	LT	TH/BT	KT*	
1. Khái niệm về từ trường	0,5	0,5	0		
1.1. Từ trường					LT
1.2. Đường sức từ trường					LT
2. Từ trường của dòng điện	0,5	0,5	0		
2.1. Từ trường của dòng điện trong dây dẫn thẳng		0,1			LT
2.2. Từ trường của dòng điện trong vòng dây		0,2			LT
2.3. Từ trường của dòng điện ống dây		0,2			LT
3. Các đại lượng đặc trưng của từ trường	0,5	0,5	0		



3.1. Cường độ từ cảm		0,1			LT
3.2. Cường độ từ trường – hệ số từ cảm	0,3	0,3			LT
3.3. Từ thông		0,1			LT
4. Lực điện từ	0,5	0,5	0		
4.1. Lực điện từ tác dụng lên dây dẫn		0,1			LT
4.2. Công của lực điện từ		0,2			LT
4.3. Lực tác dụng giữa dây dẫn mang dòng điện		0,2			LT
5. Hiện tượng cảm ứng điện từ	1	1	0		
5.1. Định luật cảm ứng điện từ		0,5			LT
5.2. Chiều dòng điện cảm ứng		0,5			LT+BT
6. Sức điện động cảm ứng trong dây dẫn thẳng chuyển động cắt ngang từ trường	0,5	0,5	0		
6.1. Chiều sức điện động cảm ứng		0,25			LT+BT
6.2. Độ lớn của sức điện động cảm ứng		0,25			LT
7. Hiện tượng tự cảm	0,5	0,5	0		
7.1. Từ thông móc vòng – hệ số tự cảm		0,25			LT
7.2. Hiện tượng tự cảm		0,25			LT

# 1. Khái niệm về từ trường

## Mục tiêu

- Trình bày được khái niệm về từ trường.
- Nêu được các tính chất của đường sức từ trường.
- Tích cực với bài học.

### 1.1. Từ trường

Từ trường là một dạng đặc biệt của vật chất, có *biểu hiện đặc trưng là tác dụng lực điện từ* lên kim nam châm hay dây dẫn mang dòng điện đặt trong nó. Để kiểm tra sự tồn tại của từ trường, người ta thường dùng kim nam châm. Đó là một thanh nam châm nhỏ; đặt trên một mũi nhọn làm trục và kim quay tự do quanh trục đó. Bình thường, một đầu kim chỉ gần đúng phương bắc địa lý và được gọi là cực bắc, ký hiệu là N, cực kia là cực nam, ký hiệu là S. Như vậy trái đất đã tác dụng một lực điện từ nên kim nam châm, nên có một từ trường, gọi là *điện từ trường*.

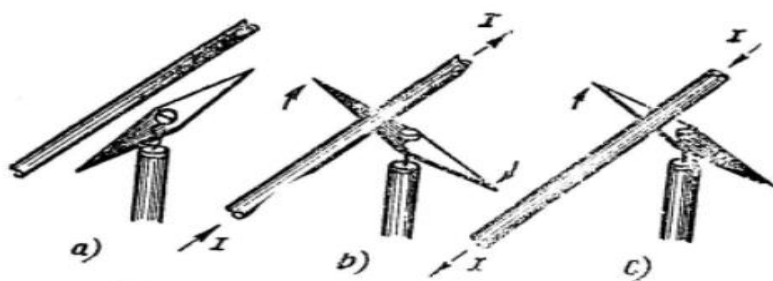


Hình 2.1. Thanh nam châm tác dụng lên kim nam châm

Đưa một thanh nam châm vĩnh cửu N-S lại gần kim nam châm (hình 2.1), kim sẽ lệch khỏi vị trí ban đầu, đến vị trí mới sao cho cực S của kim gần cực N của thanh, hay ngược lại. Như vậy *các cực cùng tên đẩy nhau và các cực khác tên hút nhau*. Lực hút đẩy của các kim và thanh nam châm đó là lực điện từ.

Thay thanh nam châm bằng dây dẫn có dòng điện đưa lại gần kim nam châm, kim cũng bị lệch khỏi vị trí ban đầu. Đổi chiều dòng điện thì kim nam châm quay đi nửa vòng tròn. Thay kim nam châm bởi một dây dẫn khác mang dòng điện, hai dây dẫn sẽ hút hoặc đẩy nhau. Như vậy *xung quanh dây dẫn mang dòng điện có*

một từ trường, mà biểu hiện của nó là tác dụng lực điện từ lên kim nam châm hay dây dẫn mang dòng điện khác.



Hình 2.2. Tác dụng của dòng điện lên kim nam châm

a. Khi chưa có dòng điện; b. Khi có dòng điện; c. Khi dòng điện đổi chiều

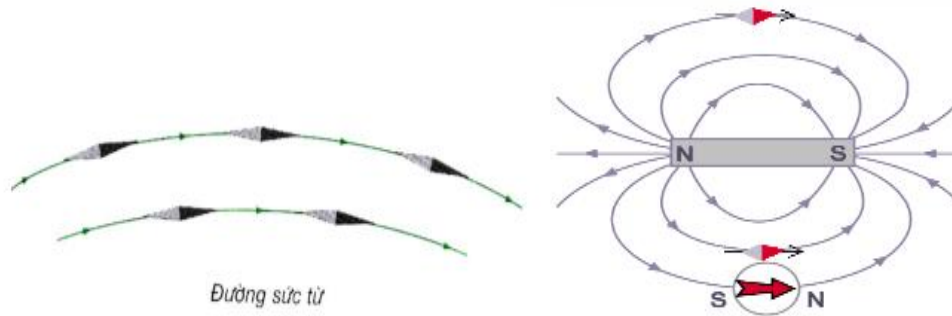
Thực nghiệm chứng tỏ rằng xung quanh dây dẫn có dòng điện, hay xung quanh các điện tích chuyển động luôn luôn tồn tại một từ trường và ngược lại. Từ trường của nam châm vĩnh cửu cũng như kim nam châm là kết quả của dòng điện phân tử, do chuyển động tự quay và quay quanh quỹ đạo của các điện tử trong nguyên tử, phân tử tạo ra. Từ trường và dòng điện là hai khái niệm không thể tách rời nhau.

Đặc trưng của từ trường là cảm ứng từ ký hiệu là  $\vec{B}$  đơn vị của cảm ứng từ là T (Tesla).

Quy ước : Hướng của từ trường tại một điểm là hướng Nam - Bắc của kim nam châm cân bằng tại điểm đó.

## 1.2. Đường sức từ trường

Điện từ trường được biểu diễn bằng đường sức từ. Đường sức từ là đường cong vẽ trong từ trường mà tiếp tuyến tại mỗi điểm của nó trùng với kim nam châm đặt tại điểm đó. Chiều của đường sức từ là chiều từ cực nam đến cực bắc của kim nam châm (hình 2.3).



Hình 2.3. Đường sức từ

Tính chất :

- Qua mỗi điểm trong không gian chỉ vẽ được một đường sức từ.
- Các đường sức từ là những đường cong khép kín hoặc vô hạn ở 2 đầu.
- Chiều của đường sức từ tuân theo những quy tắc xác định ( quy tắc nắm tay phải , quy tắc đinh ốc...).
- Quy ước : Vẽ các đường cảm ứng từ sao cho chỗ nào từ trường mạnh thì các đường sức dày và chỗ nào từ trường yếu thì các đường sức từ thưa.

## 2. Từ trường của dòng điện

### Mục tiêu

- Trình bày được từ trường của dòng điện trong dây dẫn thẳng, trong vòng dây và trong ống dây.
- So sánh được sự giống và khác biệt của từ trường của dòng điện trong dây dẫn thẳng, trong vòng dây và trong ống dây.
- Tích cực với bài học.

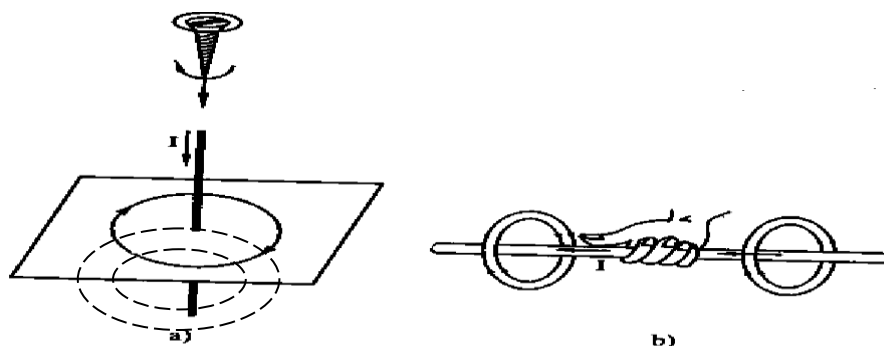
### 2.1. Từ trường của dòng điện trong dây dẫn thẳng

Cho một cuộn dây thẳng xuyên thẳng góc qua một tấm bìa và rắc một ít hạt sắt mỏng lên tấm bìa (hình 2.4). Cho dòng điện chạy qua dây và gõ nhẹ lên tấm bìa để hiện lên từ phổ của dòng điện. Ta thấy đường suacs từ bao quanh dây dẫn thẳng là những đường tròn đồng tâm, tâm là điểm giao của trục dây dẫn với tấm bìa.

Để xác định chiều đường sức từ ta áp dụng quy tắc vặn nút chai: nếu chiều dòng điện trùng với chiều tiến của cái mở nút chai thì chiều quay của cái mở nút

chai xác định cho ta chiều từ trường ở mỗi điểm (hình 2.4a).

Ta cũng có thể sử dụng quy tắc bàn tay phải (hình 2.4b) : ngón tay cái hướng theo chiều dòng điện, bốn ngón tay còn lại chỉ hướng đường sức từ trường.

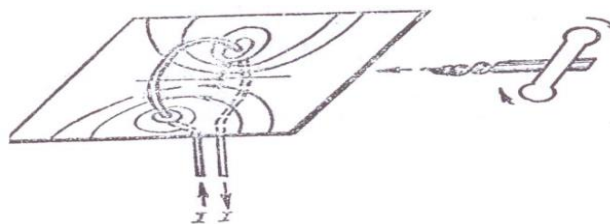


Hình 2.4. Xác định chiều đường sức từ trường của dây dẫn thẳng mang dòng điện

## 2.2. Từ trường của dòng điện trong vòng dây

Uốn một dây dẫn thành vòng tròn, dây xuyên qua một tấm bìa chứa tâm của vòng dây. Mặt phẳng của tấm bìa ấy vuông góc với mặt phẳng của vòng tròn (hình 2.5). Rắc mạt sắt lên tấm bìa, cho dòng điện qua vòng dây, rồi gõ nhẹ lên tấm bìa. Từ thông thu được cho thấy các đường sức là những đường cong. Ở gần dây dẫn đường sức có thể là những đường tròn, tâm là trục dây dẫn. Các đường sức ở xa dây dẫn là những đường cong, càng gần tâm vòng dây đường sức càng ít cong. Đường sức đi qua tâm vòng dây là đường thẳng.

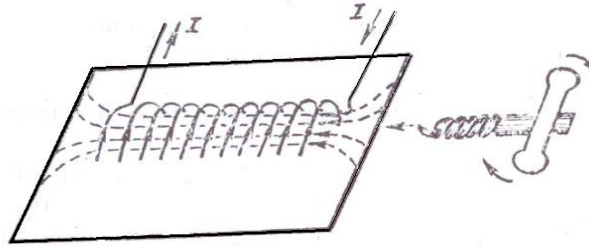
Để xác định xác định chiều đường sức dùng quy tắc mở nút chai: nếu chiều quay của cái mở nút chai trùng với chiều dòng điện thì chiều tiến của cái mở nút chai là chiều đường sức từ trường.



Hình 2.5. Từ trường của dòng điện trong vòng dây

## 2.3. Từ trường của dòng điện ống dây

Nếu chiều dài ống dây đủ lớn so với đường kính thì đường sức từ trong ống dây sẽ là các đường song song với nhau (hình 2.6). Chiều đường sức cũng xác định theo qui tắc vặn nút chai đối với ống dây tương tự như đối với vòng dây.



Hình 2.6. Từ trường của dòng điện trong ống dây

### 3. Các đại lượng đặc trưng của từ trường

#### Mục tiêu

- Trình bày được cường độ từ cảm, cường độ từ trường  $\vec{H}$  – hệ số từ cảm và từ thông.
- Viết được biểu thức của lực điện từ và công của lực điện từ.
- Hứng thú với bài học.

#### 3.1. Cường độ từ cảm

Ở trên đã thấy, từ trường phân bố trong không gian được biểu diễn bằng các đường sức từ trường, nó là đường cong khép kín, tiếp tuyến tại mỗi điểm trùng với phương của từ trường tại điểm ấy, mật độ đường sức lớn hay nhỏ cho ta biết từ trường mạnh hay yếu. Cách biểu diễn bằng đường sức cho ta thấy một cách tường minh sự phân bố của từ trường tuy nhiên trong tính toán, nghiên cứu, để đặc trưng cho từ trường người ta dùng khái niệm vector cường độ từ cảm  $\vec{B}$ .

#### Vector cường độ từ cảm $\vec{B}$

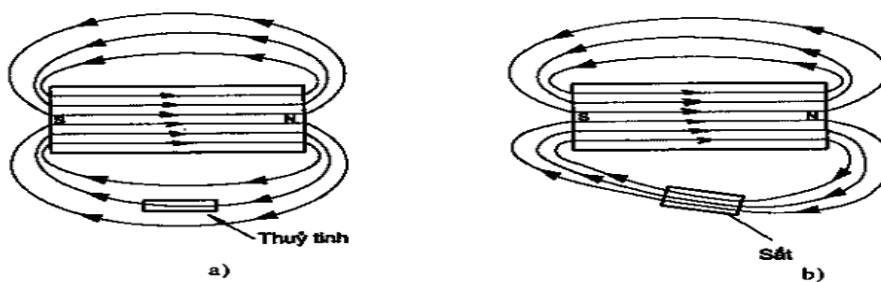
Từ trường được đặc trưng bởi đại lượng vật lý là vector cường độ từ cảm  $\vec{B}$  (gọi tắt là vector từ cảm, vector cảm ứng từ). Trị số  $B$  của vector từ cảm  $\vec{B}$  cho ta biết từ trường mạnh hay yếu. Chiều của vector từ cảm  $\vec{B}$  là chiều của từ trường (chiều của đường sức từ trường).

Trong hệ đơn vị quốc tế (SI), đơn vị của cường độ từ cảm là tesla, ký hiệu là

T. Trong các máy điện, cường độ từ cảm B thường khoảng từ 1T đến 1,6T.

### 3.2. Cường độ từ trường $\vec{H}$ – hệ số từ cảm

Trong chân không vector từ cảm  $\vec{B}$  đủ để mô tả trạng thái của từ trường. Nhưng trong môi trường vật chất ta phải xét đến ảnh hưởng của chúng lên từ trường. Để thấy rõ, chúng ta hãy quan sát đường sức từ trường trong 2 trường hợp ở hình 2.7.



Hình 2.7

Khi đặt vật liệu như giấy, thủy tinh, gỗ, nhựa vào trong từ trường của một nam châm, đường sức từ không bị biến dạng (hình 2.7a), song khi đặt một tấm sắt (dẫn từ tốt) đường sức từ tập trung đi vào sắt, từ trường bị biến dạng (hình 2.7b). Để xét đến ảnh hưởng này của môi trường vật chất, người ta dùng vector cường độ từ trường  $\vec{H}$  đặc trưng cho từ trường trong các môi trường vật chất.

Trong môi trường đẳng hướng (môi trường có các tính chất vật lý đồng nhất theo mọi hướng khác nhau), quan hệ giữa vector từ cảm  $\vec{B}$  và vector cường độ từ trường  $\vec{H}$  như sau:

$$\vec{B} = \mu_0 (1 + \chi_m) \cdot \vec{H} = \mu \vec{H} \quad (2-1)$$

Trong đó :

$\chi_m$  : Độ thẩm từ của môi trường vật chất, đặc trưng ảnh hưởng của môi trường.

$\mu_0$  : Hệ số (độ) từ thẩm của chân không.

$\mu$  : hệ số (độ) từ thẩm của môi trường vật chất.

Đơn vị của hệ số từ thẩm là henry trên mét, ký hiệu  $\frac{H}{m}$

Đơn vị của cường độ từ trường là ampe trên mét, ký hiệu  $\frac{A}{m}$

Trong thực tế hệ số từ thẩm của các vật liệu dẫn từ lớn gấp hàng nghìn lần của chân không, để so sánh người ta đưa khái niệm hệ số từ thẩm tương đối  $\mu_r$

$$\mu_r = \frac{\mu}{\mu_0} \quad (2-2)$$

Trong kỹ thuật điện, các vật liệu sắt từ dẫn từ rất tốt có  $\mu_r$  từ vài trăm đến vài vạn vì thế vật liệu sắt từ được sử dụng để chế tạo các mạch từ cho các thiết bị điện.

Biểu thức (2-1), áp dụng vào các bộ phận của các thiết bị điện ta có:

Trong khe hở không khí hoặc bộ phận không sắt từ:

$$B = \mu_0 H \quad (2-3)$$

Trong đó :

$$\mu_0 = 4.\pi.10^{-7} \quad (H/m)$$

Trong phần thép

$$B = \mu H = \mu_0 \mu_r H \quad (2-4)$$

### 3.3. Từ thông

Khi nghiên cứu, thiết kế các thiết bị, ngoài các khái niệm  $\vec{B}$ ,  $\vec{H}$ , người ta còn sử dụng khái niệm từ thông.

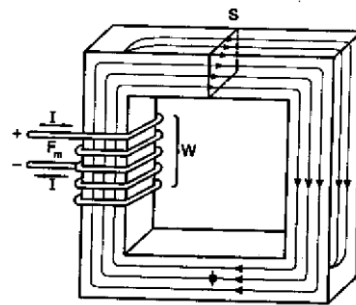
Thông lượng của vector  $\vec{B}$  xuyên qua một bề mặt S được gọi là từ thông  $\phi$  (hình 2.8).

Khi vector  $\vec{B}$  thẳng góc với bề mặt S và có trị số bằng nhau trên toàn mặt phẳng ấy thì từ thông  $\phi$  được tính là:

$$\phi = B.S \quad (2-5)$$

Đơn vị của từ thông là vebe, ký hiệu là Wb.

Biểu thức (2-5) có thể viết là:



Hình 2.8



$$B = \frac{\Phi}{S} \quad (2-6)$$

Vậy cường độ từ cảm  $\vec{B}$  chính là mật độ từ thông trên bề mặt S.

*Ví dụ:* Cường độ từ cảm  $\vec{B}$  dưới mặt cực của một nam châm có trị số là  $8.10^3\text{T}$ .

Diện tích mặt cực  $S = 10\text{dm}^2$ . Tính từ thông của mỗi cực từ.

*Lời giải:*

Từ thông của mỗi cực từ

$$\Phi = B.S = 8.10^3.10.10^{-2} = 8.10^{-4}\text{Wb}$$

*Ví dụ:* Cường độ từ cảm B trong lõi thép của máy biến áp (hình 2.7) là 1,45T.

Tiết diện ngang của lõi thép  $S = 120\text{ cm}^2$ . Tính từ thông chạy trong lõi thép.

*Lời giải:*

Từ thông chạy trong lõi thép

$$\Phi = B.S = 1,45.120.10^{-4} = 1,74.10^{-2}\text{Wb}$$

#### 4. Lực điện từ

##### Mục tiêu

- Trình bày được lực điện từ tác dụng lên dây dẫn.
- Viết được biểu thức lực điện từ tác dụng lên dây dẫn và công của lực điện từ.
- Tích cực với bài học.

##### 4.1. Lực điện từ tác dụng lên dây dẫn

Lực điện từ có ứng dụng rất rộng rãi trong kỹ thuật và là cơ sở để chế tạo máy điện, khí cụ điện. Trường hợp đơn giản nhất là lực của từ trường đều tác dụng lên dây dẫn thẳng có dòng điện, đặt vuông góc với đường sức (hình 2.8a).

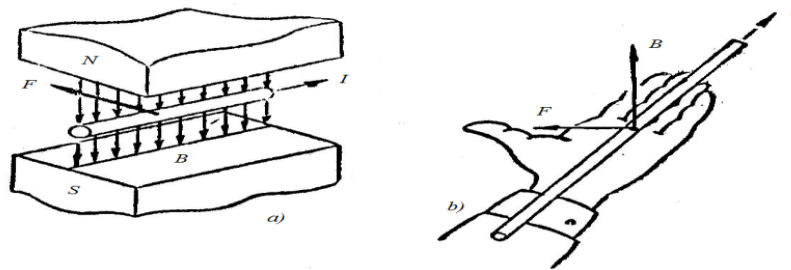
Thực nghiệm chứng tỏ rằng khi đặt dây dẫn thẳng có dòng điện vuông góc với đường sức của một từ trường đều, sẽ xuất hiện lực điện từ tác dụng nên dây dẫn xác định như sau:

$$F = BIl \quad (2-7)$$

Trong đó:

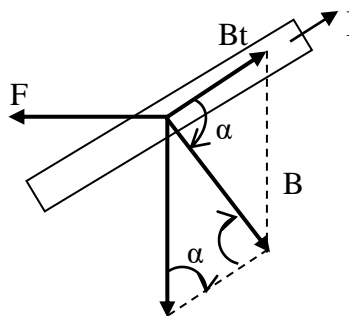
- F: Lực điện từ, N
- B: Cường độ từ cảm của từ trường đều, T
- l: chiều dài của dây dẫn đặt trong từ trường gọi là chiều dài tác dụng, m
- I: Cường độ dòng điện, A

Phương và chiều lực điện từ xác định theo qui tắc bàn tay trái, ngửa bàn tay trái cho đường sức từ (hoặc vectơ từ cảm B) xuyên qua lòng bàn tay, chiều bốn ngón tay duỗi thẳng theo chiều dòng điện thì ngón tay cái dãn ra chỉ chiều lực điện từ (hình 2.9b).



Hình 2.9. Lực tác dụng của từ trường lên dây dẫn mang dòng điện (a)  
Và qui tắc bàn tay trái (b)

Trường hợp dây dẫn không đặt vuông góc với vectơ B mà lệch nhau một góc  $\alpha \neq 90^\circ$  (hình 2.10), ta phân vectơ B thành hai thành phần:



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

Hình 2.10. Lực điện từ khi dây dẫn không vuông góc với đường sức từ.

- Thành phần tiếp tuyến  $B_t$  song song với dây dẫn;
- Thành phần pháp tuyến  $B_n$  vuông góc với dây dẫn;

Khi đó chỉ có thành phần  $B_n$  có tác dụng lực lên dây dẫn. Biết trong tam giác vuông ba cạnh là B,  $B_n$ ,  $B_t$ , ta có:  $B_n = B \cdot \sin \alpha$  nên trị số lực điện từ

$$F = B I l \sin \alpha \quad (2-8)$$

Phương và chiều lực điện từ xác định theo qui tắc bàn tay trái áp dụng đối với thành phần  $B_n$ , không áp dụng đối với vectơ  $B$ .

#### 4.2. Công của lực điện từ

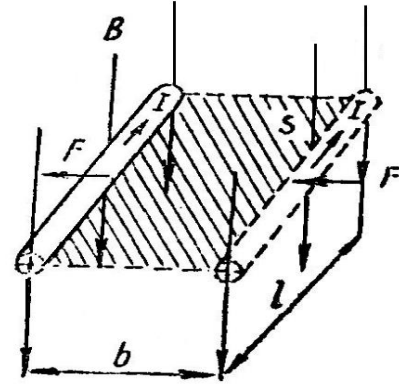
Lực điện từ tác dụng lên dây dẫn làm dây dẫn dịch chuyển và do đó thực hiện một công cơ học. Giả sử dây dẫn dịch chuyển một đoạn là  $b$  (hình 2.11) thì công do lực điện từ thực hiện là:

$$A = F \cdot b = B I l \cdot b = B I S = I \Phi \quad (2-9)$$

Trong đó:  $S = bl$  là diện tích do dây dẫn quét qua  $m^2$ .

$\Phi = BS$  là từ thông qua diện tích do dây dẫn quét qua trong quá trình dịch chuyển,  $Wb$ .

$A$  là công của lực điện từ,  $J$ .



Hình 2.11.  
Công của lực điện từ

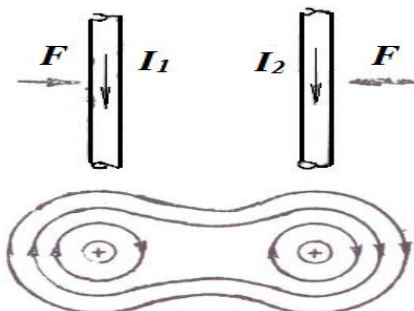
Như vậy, công của lực điện từ tác dụng lên dây dẫn làm dây dẫn dịch chuyển trong từ trường tỷ lệ với dòng điện trong dây dẫn và với từ thông qua diện tích mà phần tác dụng của dây dẫn đã quét được trong quá trình chuyển động.

#### 4.3. Lực tác dụng giữa dây dẫn mang dòng điện

Khi có các dây dẫn mang dòng điện ở gần nhau thì giữa chúng sẽ xuất hiện lực điện từ tác dụng lẫn nhau. Giả sử ta có hai dây dẫn mang dòng điện cùng chiều đặt gần nhau (hình 2.12). Coi  $I_1$  là dòng điện gây từ thì dòng  $I_2$  nằm trong từ trường của  $I_1$  sẽ chịu tác dụng một lực  $F$  ta có thể xác định chiều theo qui tắc bàn tay trái. Tương tự, nếu coi  $I_2$  là dòng điện gây từ,  $I_1$  nằm trong từ trường sẽ chịu tác dụng lực  $F'$  mà ta có thể xác định được chiều theo qui tắc bàn tay trái. Ta thấy hai lực  $F$  và  $F'$  có tác dụng hút các dây dẫn lại gần nhau. Cũng xét như vậy đối với hai dây dẫn ra xa nhau. Lực tác dụng giữa các dây dẫn thường gọi là lực điện động. Các dòng điện  $I_1, I_2$  càng lớn thì từ trường do chúng gây ra càng mạnh và lực hút hay đẩy giữa chúng càng lớn. Ta có các kết luận sau:

- Hai dây dẫn mang dòng điện cùng chiều sẽ hút nhau, mang dòng điện ngược chiều sẽ đẩy nhau.

- Lực tác dụng giữa hai dây dẫn là lực tác dụng và phản tác dụng (lực tương hỗ) nên có trị số bằng nhau và tỷ lệ với các dòng điện.



Hình 2.12

## 5. Hiện tượng cảm ứng điện từ

### Mục tiêu

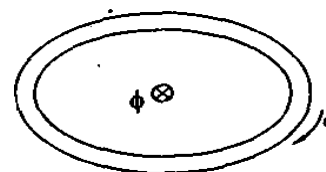
- Nêu được định luật cảm ứng điện từ.
- Xác định được chiều dòng điện cảm ứng.
- Tích cực với bài học.

### 5.1. Định luật cảm ứng điện từ

#### 5.1.1. Sức điện động cảm ứng khi từ thông xuyên qua vòng dây biến thiên

Hiện tượng cảm ứng điện từ do Faraday phát hiện năm 1931, sau đó năm 1833 Lenz phát hiện ra quy tắc về chiều. Nội dung định luật như sau: khi từ thông xuyên qua vòng dây biến thiên, trong vòng dây sẽ cảm ứng ra sức điện động, sức điện động ấy có chiều sao cho dòng điện nó sinh ra có xu hướng chống lại sự biến thiên của từ thông.

Nếu chọn chiều dương của sức điện động cảm ứng phù hợp với chiều của từ thông  $\phi$  theo quy tắc vắn nút chai (hình 2.12) sức điện động cảm ứng trong một vòng dây được viết theo công thức Macxoen như sau :



Hình 2.12

$$e = -\frac{d\phi}{dt} \quad (2-10)$$

Dấu  $\otimes$  trên hình 2.12 chỉ chiều từ thông  $\Phi$  đi từ độc giả vào trang giấy.

Nếu cuộn dây có  $W$  vòng dây, sức điện động cảm ứng của cuộn dây sẽ là:

$$e = -W \frac{d\phi}{dt} = -\frac{d\psi}{dt} \quad (2-11)$$

Trong đó:  $\psi = W\phi$  (2-12) gọi là từ thông móc vòng của cuộn dây.

Trong các công thức trên từ thông đo bằng webe (Wb), sức điện động cảm ứng đo bằng vôn (V).

### 5.1.2. Sức điện động cảm ứng trong thanh dẫn chuyển động trong từ trường

Khi một thanh dẫn chuyển động cắt đường sức từ trường, trong thanh dẫn sẽ cảm ứng sức điện động  $e$  có trị số là:

$$e = Blv \sin\alpha \quad (2-12)$$

Trong đó :

$B$  - Cường độ từ cảm đo bằng T.

$l$  - Chiều dài hiệu dụng của thanh dẫn (phần thanh dẫn nằm trong từ trường) đo bằng m.

$v$  - Vận tốc của thanh dẫn đo bằng m/s

$\alpha$  - Góc giữa chiều vận tốc với chiều từ trường  $\alpha = \left( \vec{v}, \vec{B} \right)$

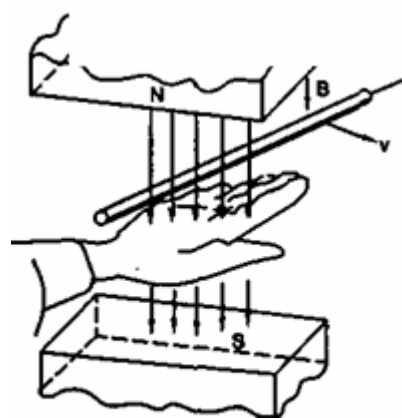
Khi chiều chuyển động vuông góc với chiều từ trường (thường gặp trong máy điện,  $\alpha = 90^\circ$ ) thì sức điện động cảm ứng là:

$$e = Blv \quad (2.13)$$

### 5.2. Chiều dòng điện cảm ứng

Chiều của sức điện động cảm ứng được xác định theo quy tắc bàn tay phải được phát biểu như sau:

Cho đường sức từ trường đi vào lòng bàn tay phải, chiều chuyển động của thanh dẫn theo chiều ngón tay cái xoè ra, thì chiều 4 ngón tay còn lại là chiều của sức điện động cảm ứng (hình 2.14).



Hình 2.14

Khi thanh dẫn chuyển động song song với phương từ trường, trong thanh dẫn sẽ không có sức điện động cảm ứng.

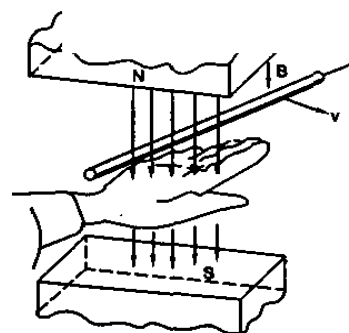
## 6. Sức điện động cảm ứng trong dây dẫn thẳng chuyển động cắt ngang từ trường.

### Mục tiêu

- Xác định được chiều sức điện động cảm ứng.
- Trình bày được độ lớn của sức điện động cảm ứng
- Tích cực với bài học.

### 6.1. Chiều sức điện động cảm ứng.

Chiều sức điện động cảm ứng xác định theo quy tắc bàn tay phải (hình 2-15): Để cho đường sức từ (hay véctơ từ cảm B) đâm vào lòng bàn tay phải, ngón tay cái doãi ra theo chiều chuyển động của dây dẫn thì chiều của bốn ngón tay còn lại sẽ là chiều s.đ.đ cảm ứng



Hình 2-15

### 6.2. Độ lớn của sức điện động cảm ứng

Dây dẫn trên hình hình 2.15 chuyển động càng nhanh ( $v$  lớn) thì dòng điện tương ứng với các điện tích trên dây dẫn càng lớn, lực tác dụng  $F_0$  càng lớn và do đó điện tích di chuyển về hai đầu càng nhanh và nhiều, nên s.đ.đ càng lớn. Cũng như vậy cường độ từ cảm B càng lớn thì lực  $F_0$  càng lớn, hoặc chiều dài dây dẫn

nằm trong từ trường từ trường (đoạn 1) càng lớn, thì càng nhiều điện tích chịu tác dụng lực, nên s.đ.đ cảm ứng cũng càng lớn.

Như vậy, khi dây dẫn thẳng chuyển động vuông góc với đường sức của từ trường, s.đ.đ cảm ứng trong dây dẫn tỷ lệ với cường độ từ cảm, tốc độ chuyển động và chiều dài tác dụng của dây dẫn:

$$E = Blv \quad (V) \quad (2-14)$$

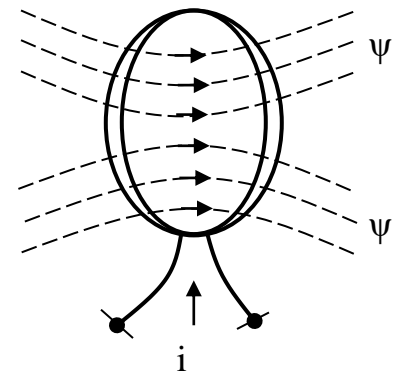
## 7. Hiện tượng tự cảm

### Mục tiêu

- Trình bày được từ thông móc vòng – hệ số tự cảm.
- Nêu được hiện tượng tự cảm.
- Tích cực với bài học

### 7.1. Từ thông móc vòng – hệ số tự cảm

Cuộn dây khi có dòng điện  $i$  đi qua sẽ tạo ra từ trường. Đường sức từ phần lớn bao quanh các vòng của cuộn dây (hình 2.16), gọi là từ thông móc vòng của cuộn dây, ký hiệu là  $\psi$ . Dòng điện càng lớn thì từ thông càng lớn, tức từ thông móc vòng tỷ lệ với dòng điện qua cuộn dây:



Hình 2.16. từ thông móc vòng của cuộn dây

$$\varphi = Li \quad (2-15)$$

Ở đây, hệ số tỷ lệ  $L$  đặc trưng cho khả năng tự luyện từ của cuộn dây, được gọi hệ số tự cảm của cuộn dây. Cho  $i = 1A$  thì  $\psi = L$ , tức hệ số tự cảm của cuộn dây chính là từ thông móc vòng của cuộn dây khi có dòng điện  $1A$  qua nó. Hệ số  $L$  càng lớn thì khả năng tự luyện từ càng mạnh.

Đơn vị của hệ số tự cảm là Henri, viết tắt là H. Từ (2-15), ta có:

$$L = \frac{\Psi}{i} \quad (2-16)$$

Cho  $\psi = 1\text{Wb}$ ,  $i = 1\text{A}$  thì  $L = 1\text{H}$  vậy:

$$1\text{H} = \frac{1\text{Wb}}{1\text{A}} = \frac{\text{V.s}}{\text{A}} = 1\Omega.\text{s}$$

Henri là hệ số từ cảm của cuộn dây có khả năng tự luyện từ được 1 từ thông móc vòng là 1veebe khi có dòng điện là 1A đi qua.

Hệ số tự cảm phụ thuộc vào bản chất cấu tạo (kích thước số vòng...) cũng như môi trường đặt cuộn dây (có hay không có lõi thép). Công thức xác định hệ số tự cảm của cuộn dây có chiều dài lớn hơn nhiều lần đường kính, xác định theo công thức:

$$L = \mu \cdot \mu_0 \frac{W^2 S}{l} \approx 125 \mu \cdot \frac{W^2 S}{l} 10^{-8} \quad (2-17)$$

Trong đó: W- là số vòng cuộn dây

S- diện tích tiết diện cuộn dây,  $\text{m}^2$

l- chiều dài, m

$\mu$ - hệ số từ thẩm tương đối của môi trường

L- hệ số tự cảm, H.

## 7.2. Hiện tượng tự cảm

Nếu dòng điện  $i$  qua cuộn dây biến thiên thì từ thông móc vòng  $\psi$  cũng biến thiên và trong cuộn dây xuất hiện s.đ.đ cảm ứng. Đó là hiện tượng tự cảm, s.đ.đ sinh ra gọi là s.đ.đ tự cảm; s.đ.đ tự cảm là s.đ.đ cảm ứng trong dây dẫn do chính dòng điện qua dây dẫn biến thiên sinh ra.

S.đ.đ tự cảm ký hiệu là  $e_L$ . Từ công thức Macxoen ta có:  $e_L = -\frac{\Delta\psi}{\Delta t}$

Trong đó,  $\Delta\psi = L\Delta i$  là số dia biến thiên từ thông móc vòng, ứng với dòng điện biến thiên một lượng  $\Delta i$ . Thay vào trên:

$$e_L = -\frac{\Delta\psi}{\Delta t} = -L \frac{\Delta i}{\Delta t} \quad (2-18)$$

Nghĩa là: s.đ.đ tự cảm trong cuộn dây tỷ lệ với hệ số tự cảm và với tốc độ biến thiên dòng điện, nhưng ngược dấu. Dấu trừ thể hiện định luật Len- xo. Thực



vậy, khi dòng điện tăng,  $\frac{\Delta i}{\Delta t} > 0$ ;  $e_L > 0$  tức s.đ.đ tự cảm ngược chiều với dòng điện, chống lại sự tăng dòng điện. Ngược lại, khi dòng điện giảm,  $\frac{\Delta i}{\Delta t} < 0$ ;  $e_L > 0$  tức s.đ.đ tự cảm cùng chiều với dòng điện, có tác dụng duy trì dòng điện để chống lại sự giảm dòng điện trong mạch.

### **Kiến thức cần thiết để thực hiện công việc.**

- Đường sức từ trường
- Từ trường của dòng điện
- Lực điện từ
- Hiện tượng cảm ứng điện từ
- Sức điện động cảm ứng trong dây dẫn thẳng chuyển động cắt ngang từ trường.

### **Cách thức thực hiện công việc.**

*Nghiên cứu các câu hỏi sau:*

1. Hãy viết biểu thức quan hệ giữa cường độ từ cảm B và từ thông  $\Phi$  và đơn vị của chúng.
2. Hãy viết biểu thức quan hệ giữa cường độ từ cảm B và cường độ từ trường H và đơn vị của chúng.
3. Phát biểu định luật cảm ứng điện từ.
4. Phát biểu định luật lực điện từ.
5. Từ thông xuyên qua một tiết diện  $S = 50\text{cm}^2$  bằng  $\Phi = 6.10^{-3}\text{Wb}$ . Cho biết từ trường phân bố đều trên diện tích S. Tính cường độ từ cảm B.

Đáp số B= 1.2T

6. Một cuộn dây 500 vòng. Người ta đưa một nam châm tiến gần đến cuộn dây. Biết rằng tốc độ biến thiên từ thông qua cuộn dây là  $0,6\text{Wb/s}$ . Tính sức điện động cảm ứng trong cuộn dây.

Đáp số e = 300V

7. Một thanh dẫn có chiều dài  $l = 0,6\text{m}$  chuyển động thẳng góc với một từ trường đều giữa 2 cực của một nam châm. Cho biết diện tích mặt cực nam châm s

=  $12\text{cm}^2$ , từ thông dưới mỗi cực  $\Phi = 1,44 \cdot 10^3 \text{Wb}$ , tốc độ  $V = 14\text{m/s}$ . Tính sức điện động cảm ứng trong thanh dẫn.

Đáp số  $e = 10,08\text{V}$ .

### **Yêu cầu về đánh giá kết quả học tập.**

- Kiểm tra vấn đáp đầu giờ.
- Thảo luận nhóm.

### **Câu hỏi bài tập**

1. Từ thông xuyên qua một tiết diện  $S = 50\text{cm}^2$  bằng  $\Phi = 6 \cdot 10^{-3} \text{Wb}$ . Cho biết từ trường phân bố đều trên diện tích  $S$ . Tính cường độ từ cảm  $B$ .

Đáp số  $B = 1,2\text{T}$

2. Một cuộn dây 500 vòng. Người ta đưa một nam châm tiến gần đến cuộn dây. Biết rằng tốc độ biến thiên từ thông qua cuộn dây là  $0,6\text{Wb/s}$ . Tính sức điện động cảm ứng trong cuộn dây.

Đáp số  $e = 300\text{V}$

3. Một thanh dẫn có chiều dài  $l = 0,6\text{m}$  chuyển động thẳng góc với một từ trường đều giữa 2 cực của một nam châm. Cho biết diện tích mặt cực nam châm  $s = 12\text{cm}^2$ , từ thông dưới mỗi cực  $\Phi = 1,44 \cdot 10^3 \text{Wb}$ , tốc độ  $V = 14\text{m/s}$ . Tính sức điện động cảm ứng trong thanh dẫn.

Đáp số  $e = 10,08\text{V}$

## CHƯƠNG 3

### MẠCH ĐIỆN XOAY CHIỀU HÌNH SIN MỘT PHA

**Mã chương: 14.3**

#### **Giới thiệu**

Dòng điện sin là dòng điện xoay chiều biến đổi theo quy luật hàm sin của thời gian. Các nguồn năng lượng thực tế đều có dạng sin vì dễ sản xuất, truyền tải, phân phối và sử dụng trong công nghiệp do vậy mà dòng điện sin được dùng rất rộng rãi.

#### **A. Mục tiêu**

- + Trình bày được nguyên lý tạo ra sức điện động xoay chiều hình sin
- + Vẽ được giản đồ véctơ của các đại lượng dòng điện, điện áp, sức điện động và các đại lượng công suất trong mạch.
- + Vận dụng được để tính toán các đại lượng như giá trị hiệu dụng dòng điện, điện áp, sức điện động và các đại lượng công suất trong mạch.
- + Phân tích được một số bài toán mạch R-L-C nối tiếp.
- + Tính được các bài toán nâng cao hệ số công suất  $\cos\varphi$ .
- + Rèn luyện tính kỷ luật, kiên trì, cẩn thận, nghiêm túc, chủ động và tích cực sáng tạo trong học tập.

#### **Nội dung chính**

Nội dung của bài	Thời gian (giờ)				Hình thức giảng dạy
	T.Số	LT	TH/BT	KT*	
1. Dòng điện xoay chiều hình sin	1	1	0		
1.1. Định nghĩa		0,25			LT
1.2. Nguyên lý tạo ra sđđ xoay chiều hình sin		0,25			LT
1.3. Pha – sự lệch pha		0,25			LT
1.4. Trị số hiệu dụng của lượng hình sin		0,25			LT

2. Biểu diễn đại lượng xoay chiều dưới dạng đồ thị	0,5	0,5	0		
2.1. Đồ thị hình sin		0,25			LT
2.1.1. Cách biểu diễn		0,125			LT
2.1.2. Cộng và trừ bằng đồ thị hình sin		0,125			LT
2.2. Đồ thị vectơ		0,25			LT
3. Mạch xoay chiều thuần trở	0,5	0,25	0,25		
3.1. Quan hệ dòng điện – điện áp		0,125	0,125		LT+BT
3.2. Công suất		0,125	0,125		LT+BT
4. Mạch xoay chiều thuần cảm	0,5	0,25	0,25		
4.1. Quan hệ dòng điện – điện áp		0,125	0,125		LT+BT
4.2. Công suất		0,125	0,125		LT+BT
5. Mạch xoay chiều thuần dung	0,5	0,25	0,25		
5.1. Quan hệ dòng điện – điện áp		0,125	0,125		LT+BT
5.2. Công suất		0,125	0,125		LT+BT
6. Mạch xoay chiều có R-L-C nối tiếp.	1	0,5	0,5		
6.1. Quan hệ dòng điện – điện áp	0,5	0,5			LT
6.2. Công suất	0,5	0,25	0,25		LT+BT
7. Hệ số công suất	1	1	0		
7.1. Định nghĩa – ý nghĩa		0,5			LT
7.2. Một số biện pháp nâng		0,5			LT

## 1. Dòng điện xoay chiều hình sin

### Mục tiêu

- Nêu được định nghĩa dòng điện xoay chiều hình sin.
- Trình bày được nguyên lý tạo ra s.đ.đ xoay chiều hình sin và trị số hiệu dụng của lượng hình sin.
- Hứng thú với bài học

### 1.1. Định nghĩa

#### 1.1.1. Dòng điện xoay chiều

*Dòng điện xoay chiều là dòng điện biến đổi cả chiều và trị số theo thời gian.* Dòng điện xoay chiều thường là dòng điện biến đổi tuần hoàn, nghĩa là cứ sau một khoảng thời gian nhất định, nó lặp lại quá trình biến thiên cũ. Khoảng thời gian ngắn nhất để dòng điện lặp lại quá trình biến thiên cũ gọi là *chu kỳ* của dòng điện xoay chiều. Như vậy, chu kỳ là thời gian cần thiết để dòng điện từ giá trị dương ban đầu nào đó, đổi dấu qua âm, biến thiên, rồi lại đổi dấu thành dương và đạt đến giá trị i lúc trước. Chu kỳ ký hiệu là T, đơn vị đo là đơn vị thời gian (s).

Mỗi chu kỳ, dòng điện biến thiên hết thời gian T. Vậy trong một giây, dòng điện có số chu kỳ là:

$$f = \frac{1}{T} \quad (3-1)$$

*Số chu kỳ mà dòng điện thực hiện trong một giây gọi là tần số, ký hiệu là f.* Đơn vị tần số là nghịch đảo của đơn vị thời gian, gọi là héc, ký hiệu là Hz.

$$1\text{Hz} = \frac{1}{\text{s}}$$

*Dòng điện có tần số 1 Hz là dòng điện thực hiện một chu kỳ mỗi giây.* Tần số càng lớn thì dòng điện biến thiên càng nhanh. Bội số của Hz là kilôhec (kHz) và meegahec (MHz).

$$1 \text{ kHz} = 1000\text{Hz}; 1\text{MHz} = 1000\text{kHz} = 1000 \text{ 000Hz}$$

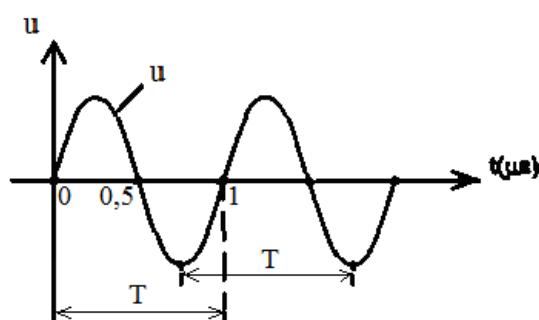
Nước ta và phần lớn các nước trên thế giới đều qui định tần số của dòng điện công nghiệp là 50Hz. Mỹ và một số nước Tây – Âu dùng dòng điện công nghiệp tần số 60Hz.

Tần số góc  $\omega$  là tốc độ biến thiên của dòng điện hình sin, đơn vị là rad/s.

Quan hệ giữa tần số góc  $\omega$  và tần số  $f$  là:

$$\omega = 2\pi f \quad (3-3)$$

Ví dụ : Trên hình 3.1 vẽ điện áp xoay chiều hình sin.



Hình 3.1

Hãy xác định chu kỳ  $T$  và tần số  $f$ .

Lời giải: Chu kỳ  $T$  của điện áp được xác định một cách dễ dàng từ điểm trị số 0 tới thời điểm 0 liền sau đó.

$$T = 1 \mu s$$

Tần số của điện áp:

$$f = \frac{1}{1 \cdot 10^{-6}} = 10^6 \text{ Hz}$$

Ví dụ 2: Dòng điện xoay chiều trong sản xuất và sinh hoạt ở nước ta có tần số  $f = 50\text{Hz}$ . Tính chu kỳ  $T$  và tần số góc  $\omega$ .

Lời giải: Chu kỳ của dòng điện

$$T = \frac{1}{f} = \frac{1}{50} = 0,02\text{s}$$

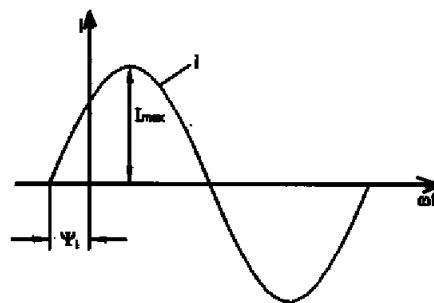
Tần số góc của dòng điện

$$\omega = 2\pi f = 2\pi \cdot 50 = 314 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$$

### 1.1.2. Dòng điện xoay chiều hình sin

Dòng điện xoay chiều hình sin là dòng điện biến đổi một cách chu kỳ theo quy luật hình sin với thời gian, được biểu diễn bằng đồ thị hình sin trên hình 3.2

$$i = I_{\max} \sin(\omega t + \psi_i) \quad (3-2)$$



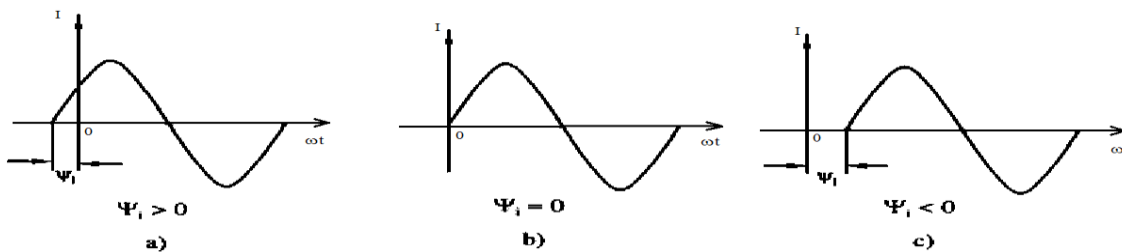
Hình 3.2

### 1.1.2. Trị số tức thời của dòng điện

Trị số tức thời là trị số ứng với mỗi thời điểm  $t$ . Trong biểu thức (3-1) trị số tức thời phụ thuộc vào biên độ  $I_{\max}$ , góc pha  $(\omega t + \psi_i)$ .

- Biên độ  $I_{\max}$  là trị số cực đại, nói lên dòng điện lớn hay nhỏ.
- Góc pha  $(\omega t + \psi_i)$  nói lên trạng thái của dòng điện ở thời điểm  $t$ . Ở thời điểm  $t = 0$  góc pha của dòng điện là  $\psi_i$ ,  $\psi_i$  được gọi là góc pha ban đầu (hoặc gọi ngắn gọn là pha đầu) của dòng điện.

Góc pha đầu  $\psi$  phụ thuộc vào thời điểm chọn làm gốc thời gian (thời điểm  $t = 0$ ). Góc pha đầu là đoạn  $NO$  trong đó  $N$  là điểm dòng điện đi qua trị số không từ âm đến dương, gần điểm gốc  $O$  nhất. Trên hình 3.3 chỉ ra góc pha đầu  $\psi_i$  khi chọn gốc tọa độ khác nhau.



Hình 3.3

Ví dụ: Trên hình 3.4 vẽ đường cong biến thiên của dòng điện có tần số góc  $\omega = 314 \text{ rad/s}$ .

Hãy xác định biên độ, pha đầu  $\psi_i$  và viết biểu thức dòng điện tức thời, khi chọn gốc tọa độ ở điểm  $O$ ,  $O'$  và  $O''$ .

Lời giải:

Dựa vào đồ thị của dòng điện ta có:

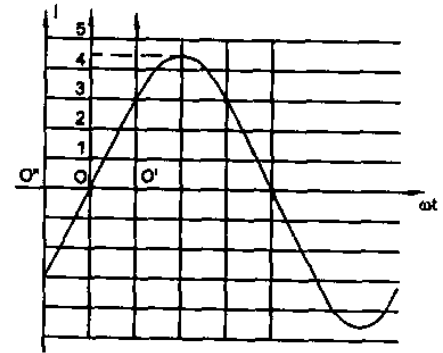
$$I_{\max} = 4,5\text{A}$$

a. Khi chọn gốc toạ độ ở điểm O, pha đầu

$$\psi_i = 0$$

Biểu thức dòng điện tức thời

$$i = 4,5\sin 314t$$



Hình 3.4

a. Khi chọn gốc toạ độ ở điểm O

$$\psi_i = \frac{\pi}{4}$$

$$i = 4,5\sin\left(314 + \frac{\pi}{4}\right)$$

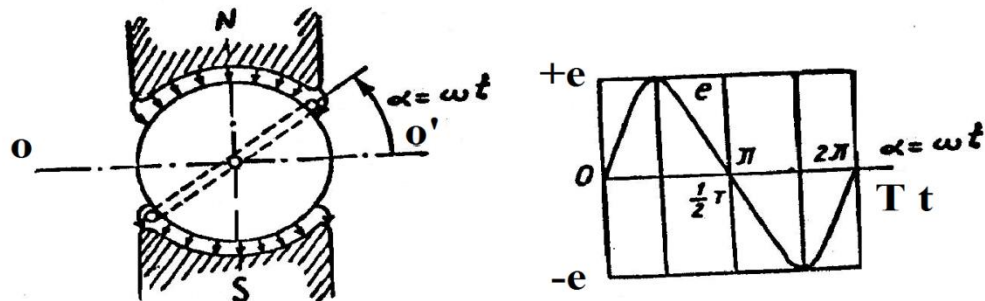
a. Khi chọn gốc toạ độ ở O''

$$\psi_i = -\frac{\pi}{4}$$

$$i = 4,5\sin\left(314 - \frac{\pi}{4}\right)$$

## 1.2. Nguyên lý tạo ra sđđ xoay chiều hình sin

S.đ.đ hình sin được tạo ra trong máy phát điện xoay chiều một pha hay ba pha. Về nguyên tắc, máy phát điện xoay chiều một pha gồm có một hệ thống cực từ gọi là phần cảm đặt ở stato và một bộ dây, gọi là phần ứng đặt trên roto.



Hình 3.5. Nguyên tắc cấu tạo và cách tạo ra s.đ.đ xoay chiều hình sin



Hình 3.5a vẽ nguyên tắc một máy phát điện xoay chiều một pha đơn giản nhất, phần cảm có một đôi cực từ N- S, còn phần ứng gồm một khung dây. Hệ thống cực từ được chế tạo sao cho trị số từ cảm B phân bố trên mặt cực dọc theo khe hở roto – stato (gọi là khe hở không khí) theo qui luật hình sin, nghĩa là khi khung dây ở vị trí bất kỳ, trong khe hở, từ cảm ở vị trí đó có trị số:

$$B = B_m \cdot \sin\alpha$$

Trong đó:  $\alpha$  – là góc giữa mặt phẳng trung tính  $oo'$  và mặt phẳng khung dây,

$B_m$  – trị số cực đại của từ cảm.

Khi làm việc, roto máy phát điện được một động cơ sơ cấp kéo và quay với tốc độ  $\omega$  (rad/s). Mỗi cạnh khung dây sẽ quay với tốc độ là  $v$ , cắt vuông góc với đường sức từ bên trong mỗi cạnh xuất hiện s.đ.đ là:

$$e_d = Blv$$

Giả sử tại thời điểm ban đầu ( $t=0$ ), khung dây nằm trên mặt phẳng trung tính, thì tại thời điểm  $t$ , khung dây ở vị trí:

$$\alpha = \omega t$$

Cường độ từ cảm tại vị trí đó:

$$B = B_m \cdot \sin\alpha = B_m \cdot \sin\omega t$$

Thay vào biểu thức s.đ.đ ở trên:

$$e_d = Blv = B_m \cdot l \cdot v \cdot \sin\omega t$$

S.đ.đ ở mỗi vòng dây gồm hai cạnh khung dây:

$$e_v = 2l_d = 2B_m \cdot l \cdot v \cdot \sin\omega t$$

Nếu khung dây có  $w$  vòng thì s.đ.đ của khung dây sẽ là:

$$e = we_d = 2B_m \cdot l \cdot v \cdot w \cdot \sin\omega t \quad (3-4)$$

Đặt  $E_{\max} = 2B_m l v w$ , ta có biểu thức s.đ.đ

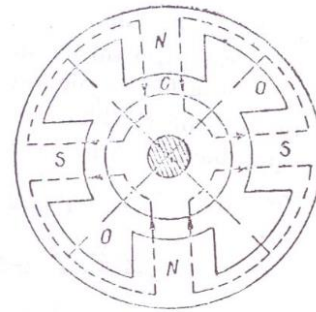
$$e = E_{\max} \sin\omega t \quad (3-5)$$

Như vậy, ở hai đầu khung dây ta lấy được s.đ.đ biến thiên theo quy luật hình sin, có đồ thị vẽ trên hình 3.5b.

Tốc độ roto thường được tính ra n vòng/phút (vg/ph). Ở máy có hai cực (1 đôi cực), khi roto quay hết một vòng, s.đ.đ thực hiện được một chu kỳ. Ở máy có 2p cực, tức có p đôi cực (p là số đôi cực), khi roto quay hết một vòng, khung dây sẽ lần lượt cắt qua p đôi cực, nên s.đ.đ thực hiện được p chu kỳ. Trong một phút hay 60 giây roto quay được n vòng, s.đ.đ thực hiện được p.n chu kỳ. Vậy tần số s.đ.đ là:

$$f = \frac{p \cdot n}{60} \quad (3-6)$$

Hình 3.6 vẽ máy phát điện có 2 đôi cực ( $2p = 4$ ;  $p = 2$ ). Khi roto quay hết một vòng, khung dây lần lượt cắt qua hai đôi cực, s.đ.đ thực hiện được hai chu kỳ.



Hình 3.6. Máy phát điện có  $2p = 4$

### 1.3. Pha – sự lệch pha

Phần ứng máy phát điện thường có nhiều khung dây đặt rải trên mặt lõi thép. Như vậy tại thời điểm  $t = 0$ , nếu một khung dây ở đúng mặt phẳng trung tính thì khung dây bất kỳ sẽ cách mặt phẳng trung tính một góc là  $\psi$ . Khi roto quay, tại thời điểm  $t$ , khung dây sẽ ở vị trí:

$$\alpha = \omega t + \psi$$

Và biểu thức s.đ.đ trong trường hợp tổng quát sẽ có dạng:

$$E = E_{\max} \sin(\omega t + \psi) \quad (3-7)$$

Lượng  $(\omega t + \psi)$  đặc trưng cho dạng biến thiên của s.đ.đ hình sin hay các đại lượng hình sin nói chung (cường độ, điện áp...) được gọi là góc pha hay pha của lượng hình sin. Tại thời điểm  $t = 0$ , góc pha bằng  $\psi$ , nên  $\psi$  được gọi là *góc pha đầu*.

Lượng  $\omega$  càng lớn thì tốc độ biến thiên càng nhanh, nên được gọi là *tốc độ góc*, đơn vị là rad/s.

Khi lượng hình sin biến thiên hết một chu kỳ,  $t = T$ , thì góc pha biến thiên hết một góc đầy  $360^\circ$  hay  $2\pi$  rad. Vậy:

$$\omega t = 2\pi$$

Từ đó: 
$$\omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi f \quad (3-8)$$

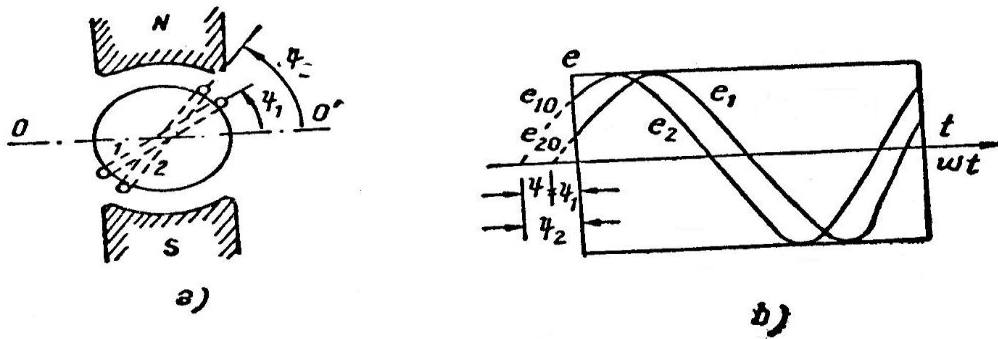
Một lượng hình sin sẽ được hoàn toàn xác định nếu biết:

- Biên độ ( $E_{\max}, I_{\max}, U_{\max} \dots$ )
- Tốc độ góc  $\omega$ , hoặc chu kỳ  $T$ , hoặc tần số  $f$ .
- Góc pha đầu  $\psi$ .

Hình 3.4a vẽ hai khung dây giống nhau, lần lượt có góc pha đầu  $\psi_1, \psi_2$ . Biểu thức s.đ.đ của chúng là:

$$e_1 = E_{\max} \sin(\omega t + \psi_1)$$

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



Hình 3.7. Pha và sự lệch pha của hai s.đ.đ

Hình 3.7b là đồ thị các s.đ.đ này. Ta thấy  $e_1$  và  $e_2$  có dạng biến thiên tương tự nhau, nhưng  $e_1$  luôn luôn chậm sau  $e_2$  một khoảng thời gian hay một góc nào đó, như đạt cực đại chậm hơn, triệt tiêu chậm hơn v.v... Lượng sai khác đó chính là hiệu hai góc pha của  $e_1$  và  $e_2$  và được gọi là góc lệch pha giữa chúng, ký hiệu là  $\varphi$ .

$$\Phi = (\omega t + \psi_2) - (\omega t + \psi_1) = \psi_2 - \psi_1 \quad (3-9)$$

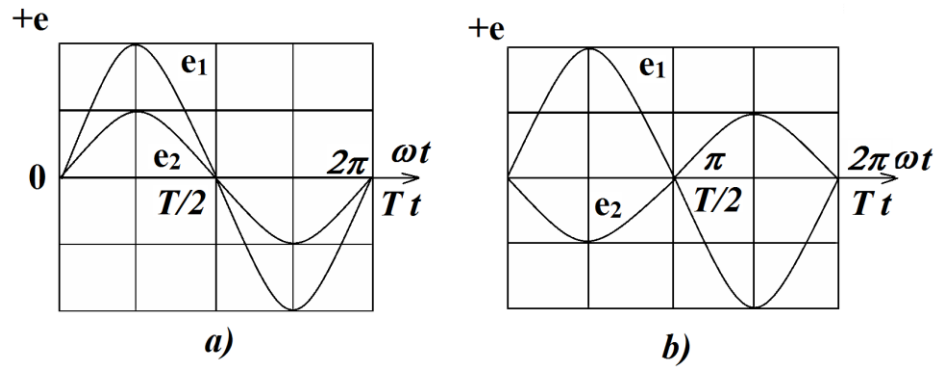
9)

Nếu  $\varphi > 0$ , tức  $\psi_2 > \psi_1$  ta bảo  $e_2$  vượt pha trước  $e_1$  (hay  $e_1$  chậm sau  $e_2$ )

$\varphi < 0$ , tức  $\psi_2 < \psi_1$  ta bảo  $e_2$  chậm pha sau  $e_1$

$\varphi = 0$ , tức  $\psi_2 = \psi_1$   $e_1$  và  $e_2$  đồng pha (hình 3.8a)

Nếu  $\varphi = \psi_2 - \psi_1 = 180^\circ$  ta bảo  $e_1$  và  $e_2$  là hai lượng đối pha (hình 3.8b)



Hình 3.8. Hai lượng hình sin đồng pha (a) và đối pha (b)

#### 1.4. Trị số hiệu dụng của lượng hình sin

Trị số tức thời chỉ tác dụng của lượng hình sin ở từng thời điểm. Để đặc trưng cho tác dụng trung bình của lượng hình sin trong mỗi chu kỳ về mặt năng lượng, người ta dựa vào khái niệm về *trị số hiệu dụng*.

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

Trị số hiệu dụng ký hiệu bằng chữ in hoa: I, U, E.

Dòng điện một chiều I qua điện trở r trong thời gian T sẽ tỏa ra một năng lượng là:

$$Q_1 = I^2 r T$$

Dòng điện xoay chiều  $i = I_{\max} \sin \omega t$  qua r trong thời gian T sẽ tỏa ra một năng lượng là:

$$Q_2 = \bar{i}^2 r T$$

Trong đó  $\bar{i}$  là dòng điện trung bình bình phương của dòng điện trong mỗi chu kỳ. Theo định nghĩa,  $Q_1 = Q_2$ , suy ra:

$$I^2 r T = \bar{i}^2 r T$$

Hay:  $I = \bar{i}$  nghĩa là trị số hiệu dụng bằng dòng điện trung bình bình phương của dòng điện xoay chiều.

Để xác định  $\bar{i}$ , ta xét phương trình dòng điện trong một chu kỳ. Biết:

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

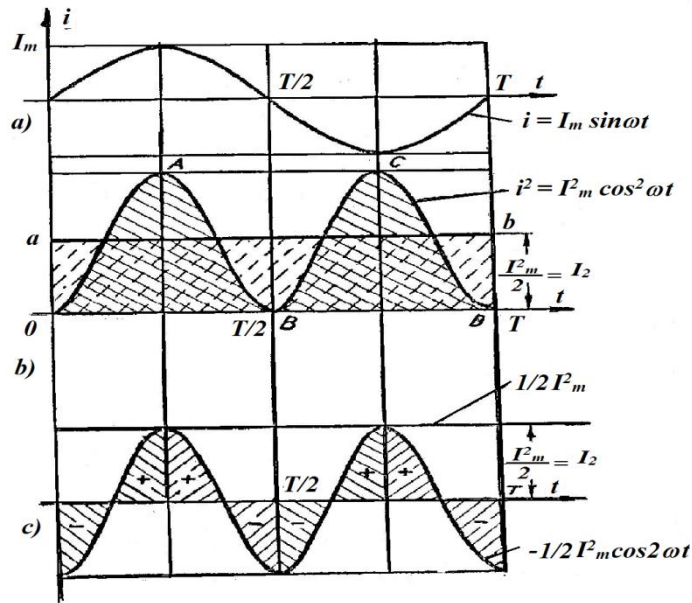
Nên: 
$$i^2 = I_{\max}^2 \sin^2 \omega t$$

Ta có: 
$$i^2 = \frac{1}{2} I_{\max}^2 (1 - \cos 2\omega t) = \frac{1}{2} I_{\max}^2 - \frac{1}{2} I_{\max}^2 \cos 2\omega t$$

Như vậy, bình

phương dòng điện có hai thành phần:

- a. Thành phần không đổi  $\frac{1}{2} I_{\max}^2$  có đồ thị là đường song song với trục hoành (hình 3.9b và c).



Hình 3.9. Xác định trị hiệu dụng bằng hình học

- a. Thành phần biến đổi  $\frac{1}{2} I_{\max}^2 \cos 2\omega t$  có đồ thị là hàm số cosin với tần số góc  $2\omega$ , tức gấp đôi tần số dòng điện.

Lấy trung bình trong mỗi chu kỳ của lượng  $\cos 2\omega t$  sẽ bằng không vì các nửa chu kỳ dương sẽ bù nửa chu kỳ âm (hình 3.9c). Vậy trung bình của  $i^2$  trong mỗi chu kỳ sẽ bằng lượng không đổi.

Trung bình 
$$\overline{i^2} = \overline{i^2} = I^2 = \frac{I_{\max}^2}{2}$$

$$\bar{i} = I = \frac{I_{\max}}{\sqrt{2}}$$

Từ đó suy ra: (3-10)

Trị số hiệu dụng của dòng điện hình sin:

$$I = \frac{I_{\max}}{\sqrt{2}} \approx 0,707I_{\max}$$
(3-

11a)

Tương tự trị số hiệu dụng của điện áp và s.đ.đ:

$$U = \frac{U_{\max}}{\sqrt{2}} \approx 0,707U_{\max}$$
(3-11b)

$$E = \frac{E_{\max}}{\sqrt{2}} \approx 0,707E_{\max}$$
(3-11c)

Từ hình 3.9b ta thấy diện tích hình OABCD với trục hoành chính là tích  $\bar{i}^2 T$ , còn diện tích hình chữ nhật ObaD chihs là tích  $I^2 T$ . Vậy: *Tích bình phương trị hiệu dụng với chu kỳ T bằng diện tích của hình bao bởi đường cong dòng điện bình phương với trục thời gian trong cùng chu kỳ T.*

Trị số hiệu dụng đặc trưng về mặt năng lượng của lượng hình sin, nen được coi là một đại lượng phổ biến dùng để tính toán. Khi nói trị số của lượng hình sin bao nhiêu đó, thường là nói trị hiệu dụng của nó. Các dụng cụ đo chế tạo để đo các trị hiệu dụng là phổ biến nhất.

## 2. Biểu diễn đại lượng xoay chiều dưới dạng đồ thị.

### Mục tiêu

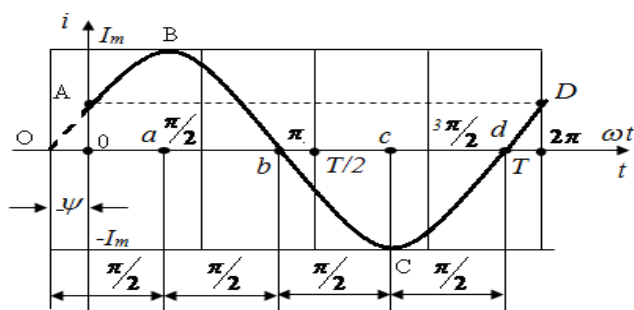
- Nêu được cách biểu diễn đồ thị hình sin.
- Biểu diễn được lượng hình sin bằng đồ thị véc tơ.
- Tích cực với bài học.

### 2.1. Đồ thị hình sin

#### 2.1.1. Cách biểu diễn

Một lượng hình sin thông thường phải có đủ ba đại lượng (biên độ, tần số, góc pha đầu). Biểu thức chung là:

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



Hình 3.10. Biểu diễn lượng hình sin dưới dạng đồ thị hình sin

Để vẽ đồ thị hình sin ta lấy trục hoành làm trục thời gian  $t$ , hoặc trục góc pha  $\omega t$ , còn trục tung biểu diễn lượng hình sin ( $i, u, e, \dots$ ). Vì lượng hình sin tuần hoàn nên ta chỉ cần vẽ trong một chu kỳ, tức vẽ với một khoảng thời gian  $T$  (nếu biến số là  $t$ ), hoặc khoảng góc pha  $2\pi$  (nếu biến số là  $\omega t$ ).

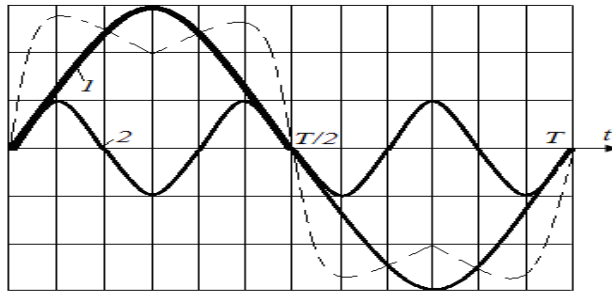
Trước hết ta lấy lùi về bên trái góc tọa độ một góc bằng góc pha đầu  $\psi$ , nếu  $\psi > 0$  (còn nếu  $\psi < 0$ , ta lấy về bên phải góc). Đó là điểm không của lượng hình sin, vì  $\omega t = -\psi$  nên  $\omega t + \psi = 0$  và  $\sin(\omega t + \psi) = 0$ , nên  $i = 0$ . /gọi đó là điểm 0, lần lượt lấy trên trục hoành từ điểm 0' bốn đoạn bằng  $\pi/2$  (một phần tư chu kỳ), ta có các điểm 0', a, b, c, d, lần lượt là các điểm không và cực đại của  $i$ . Lấy trên trục tung đoạn  $+I_m, -I_m$  là hai đường bao của đồ thị.

Từ đó vẽ đồ thị,  $\sin i = I_{\max} \sin(\omega t + \psi)$  như hình 3.7 đã chỉ rõ. Khi vẽ đến điểm d, cần kéo dài 1 đoạn dD bằng góc pha đầu  $\psi$  để có đủ một chu kỳ tính từ góc tọa độ 0. Đoạn đồ thị phía trên trục hoành (đoạn O'A) vẽ nét đứt, hoặc không cần vẽ.

### 2.1.2. Cộng trừ bằng đồ thị hình sin

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

Hình 3.11 vẽ hai lượng hình sin 1 và 2, cộng chúng lại ta được đồ thị vẽ bằng nét đứt.



Hình 3.11. Cộng hai lượng hình sin bằng đồ thị

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 là ta được đồ thị của lượng hình sin tổng hay hiệu, dễ dàng cho việc nghiên cứu định tính các hiện tượng. Tuy nhiên thực hiện phương pháp này khó khăn và mất thời gian, việc xác định định lượng kém chính xác.

## 2.2. Đồ thị vectơ

Từ biểu thức trị số tức thời dòng điện:

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

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

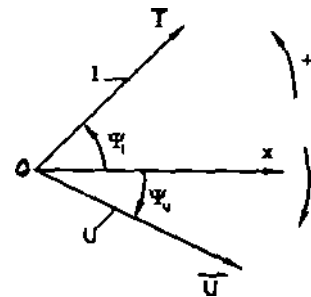
Từ toán học, vectơ được đặc trưng bởi độ dài (độ lớn, mô đun) và góc (argumen), từ đó ta có thể dùng vectơ để biểu diễn dòng điện hình sin (hình 3.12) như sau :

Độ dài của vectơ biểu diễn trị số hiệu dụng.

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

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

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



Hình 3.12

Ví dụ 5 : Hãy biểu diễn dòng điện, điện áp bằng vectơ và chỉ ra góc lệch pha, cho biết:  $i = 20\sqrt{2} \sin(\omega t - 10^\circ) \text{ A}$ ;  $u = 100\sqrt{2} \sin(\omega t + 40^\circ) \text{ V}$ .

Lời giải



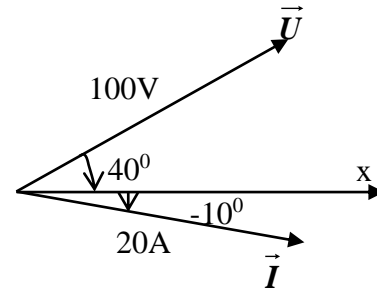
Vector dòng điện  $\vec{I}$

$$\vec{I} = 20 \angle -10^\circ$$

Vector điện áp  $\vec{U}$

$$\vec{U} = 100 \angle 40^\circ$$

Chọn tỷ lệ xích cho dòng điện, và tỷ lệ xích điện áp, sau đó biểu diễn chúng bằng vector trên hình 3.13.



Hình 3.13

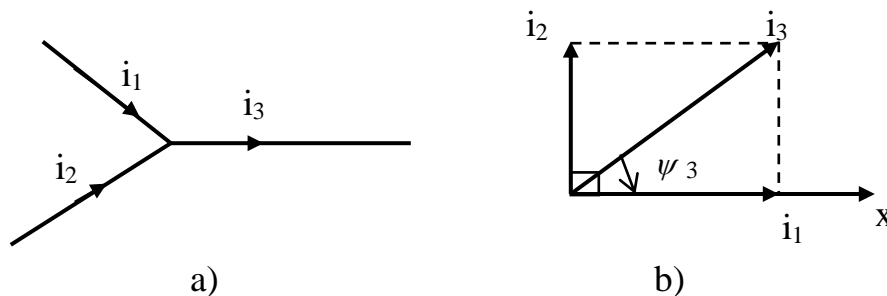
- Chú ý góc pha dương, âm được xác định theo ước trên hình 3.14.

Góc lệch pha  $\varphi$  giữa điện áp và dòng điện là góc giữa 2 vector  $\vec{U}$  và  $\vec{I}$ .

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

Ví dụ 6: Tính dòng điện  $i_3$  trong hình 3.14a. Cho biết trị số tức thời

$$i_1 = 16 \sqrt{2} \sin \omega t ; i_2 = 12 \sqrt{2} \sin(\omega t + 90^\circ).$$



Hình 3.14

Lời giải: Áp dụng định luật Kiêcschôp 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 vector (hình 3.14b)

$$\vec{I}_1 = 16 \angle 0^\circ$$

$$\vec{I}_2 = 12 \angle 90^\circ$$

Rồi tiến hành cộng vector

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

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:

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

Góc 
$$\psi_3 = 36,87^\circ$$

Biết được trị số hiệu dụng  $I$  và góc pha đầu  $\varphi_i$  ta xác định dễ dàng trị số tức thời. Trị số tức thời 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.

### 3. Mạch xoay chiều thuần trở.

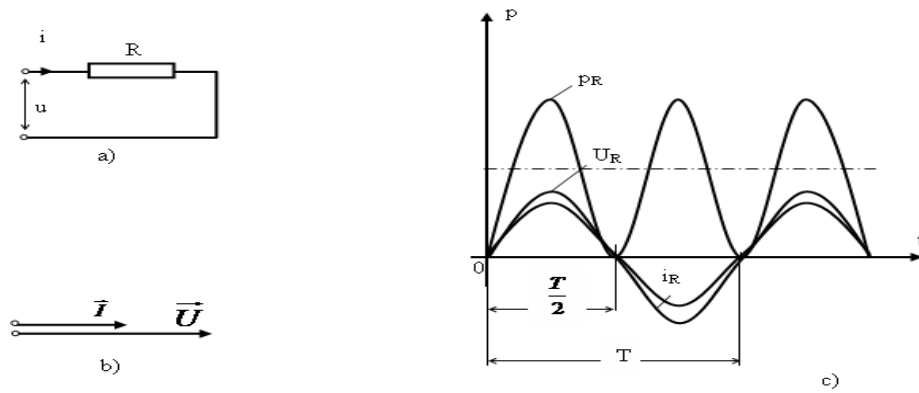
#### Mục tiêu

- Trình bày được mối quan hệ dòng điện – điện áp trong mạch xoay chiều thuần trở.
- Giải được các bài tập trong mạch xoay chiều thuần trở.
- Hứng thú với bài học.

#### 3.1. Quan hệ dòng điện – điện áp

Khi đặt vào hai đầu điện trở  $R$  một điện áp có biểu thức  $u = U_m \sin \omega t$  làm xuất hiện dòng điện xoay chiều  $i$  qua điện trở. Ở mỗi thời điểm, theo định luật Ôm ta có:

$$i = \frac{u}{R} = \frac{U_m}{R} \sin \omega t$$



Hình 3.15

Ở đây:  $\frac{U_m}{R} = I_m$

Do đó:  $i = I_m \sin \omega t$

Như vậy trong nhánh thuần trở, dòng điện và điện áp cùng tần số và trùng pha nhau.

Đồ thị véc tơ và đồ thị hình sin được biểu diễn trên hình 3.12b, c

### a. Định luật Ôm

Từ biểu thức  $I_m = \frac{U_m}{R}$  chia hai vế cho  $\sqrt{2}$  ta có  $I = \frac{U}{R}$  (3.12)

Đó là công thức định luật Ôm cho nhánh thuần trở

*Trong nhánh thuần trở, trị số hiệu dụng của dòng điện xoay chiều tỉ lệ thuận với trị số hiệu dụng của điện áp đặt vào nhánh, tỉ lệ nghịch với điện trở của nhánh.*

### 3.2. Công suất

Công suất tức thời của nhánh:

$$p = ui = U_m I_m \sin^2 \omega t = 2U \sin^2 \omega t \quad (3.13)$$

Đồ thị công suất được biểu diễn như hình vẽ (3.12c)

Biến đổi  $\sin^2 \omega t = \frac{1}{2}(1 - \cos 2\omega t)$  ta có thể viết lại:

$$p = UI(1 - \cos 2\omega t)$$

Vì công suất tức thời không có ý nghĩa thực tiễn, nên ta đưa ra khái niệm công suất tác dụng  $P$ , là trị số trung bình của công suất tức thời  $p$  trong một chu kỳ:

$$P = \frac{1}{T} \int_0^T p(t) dt = \frac{1}{T} \int_0^T UI(1 - \cos 2\omega t) dt$$

Sau khi lấy tích phân ta có:

$$P = U_R I = RI^2 \quad (3.14)$$

#### 4. Dòng điện xoay chiều trong nhánh thuần cảm.

##### Mục tiêu

- Trình bày được mối quan hệ dòng điện – điện áp trong mạch xoay chiều thuần cảm.
- Giải được các bài tập trong mạch xoay chiều thuần cảm.
- Hứng thú với bài học.

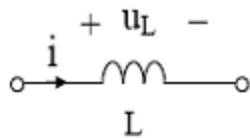
##### 4.1. Quan hệ dòng điện, điện áp

Giả sử hai đầu mạch thuần cảm có điện áp xoay chiều  $u$  làm xuất hiện dòng điện  $i$  trong mạch có dạng:

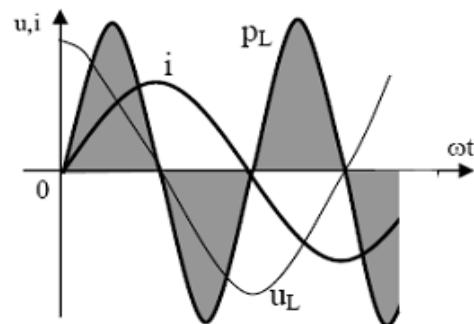
$$i = I_m \sin \omega t$$

Dòng điện  $i$  biến thiên đi qua cuộn dây  $L$  làm xuất hiện sđđ tự cảm có dạng:

$$e_L = -L \frac{di}{dt} = -L \frac{dI_m \sin \omega t}{dt}$$

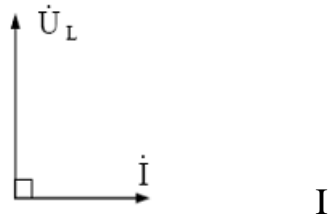


(a)



Hình 3.16. Nhánh thuần cảm

(b)



Hình 3.17. Đồ thị véc tơ và đồ thị hình sin nhánh thuần cảm

Áp dụng định luật Kirchhoff 2 cho mạch:

$$u + e_L = ir = 0 \text{ (vì } r = 0 \text{)}$$

do đó:  $u = -e_L$

Như vậy trong nhánh thuần cảm, điện áp nguồn dùng để cân bằng với sđđ tự cảm xuất hiện trong mạch.

Ta có:  $u = L \frac{di}{dt} = L \frac{dI_m \sin \omega t}{dt} = \omega L I_m \sin(\omega t + \frac{\pi}{2}) = U_m \sin(\omega t + \frac{\pi}{2})$

Trong đó:  $U_m = \omega L I_m = X_L I_m$

$$U = \frac{U_m}{\sqrt{2}} = X_L I$$

$X_L = \omega L$  có thứ nguyên của điện trở, đơn vị là  $\Omega$  gọi là cảm kháng.

Như vậy, trong nhánh thuần điện cảm, dòng điện và điện áp có cùng tần số song lệch pha nhau một góc  $\frac{\pi}{2}$ . Dòng điện chậm sau điện áp một góc  $\frac{\pi}{2}$ .

Đồ thị véc tơ dòng điện và điện áp như hình 3.17c.

\* **Định luật Ôm** Từ công thức  $U = X_L I$  suy ra:

$$I = \frac{U}{X_L} \quad (3.15)$$

Đó là công thức định luật Ôm cho nhánh thuần cảm

Trong nhánh thuần cảm, trị số hiệu dụng của dòng điện xoay chiều tỉ lệ thuận với trị số hiệu dụng của điện áp đặt vào nhánh, tỉ lệ nghịch với cảm kháng của nhánh.

\* Công suất: Công suất tức thời trong nhánh thuần cảm:

$$\begin{aligned} p &= ui = U_m I_m \sin(\omega t + \frac{\pi}{2}) \sin \omega t \\ &= U_m I_m \sin \omega t \cos \omega t = \frac{U_m I_m}{2} \sin 2\omega t = U \sin 2\omega t \end{aligned} \quad (3.16)$$

Đồ thị công suất được biểu diễn như hình vẽ (3.17b)

Ta thấy có hiện tượng trao đổi năng lượng. Trong khoảng  $\omega t = 0$  đến  $\omega t = \frac{\pi}{2}$ , công suất  $p(t) > 0$ , điện cảm nhận năng lượng tích lũy trong từ trường. Trong khoảng tiếp theo  $\omega t = \frac{\pi}{2}$  đến  $\omega t = \pi$ , công suất  $p(t) < 0$ , năng lượng tích lũy trả lại cho nguồn và mạch ngoài. Quá trình cứ tiếp diễn tương tự, vì thế trị số trung bình của công suất  $p(t)$  trong một chu kỳ sẽ bằng không.

Công suất tác dụng của điện cảm bằng không.

$$P = \frac{1}{T} \int_0^T p(t) dt = 0$$

Để biểu thị cường độ quá trình trao đổi năng lượng của điện cảm, ta đưa ra khái niệm công suất phản kháng  $Q$  của điện cảm. Ta có:

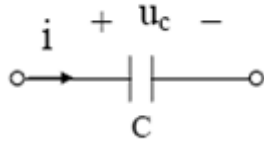
$$Q = UI = X_L I^2 \quad (3.17)$$

Đơn vị của công suất phản kháng là Var hoặc kVAr ( $1\text{kVAr} = 10^3\text{Var}$ )

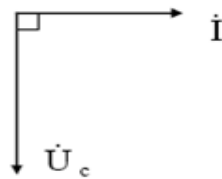
## 5. Dòng điện xoay chiều trong nhánh thuần điện dung.

### Mục tiêu

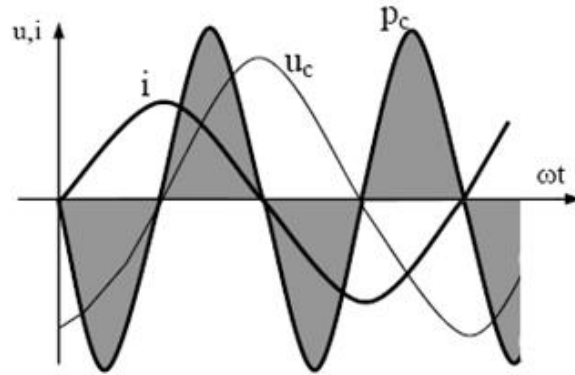
- Trình bày được mối quan hệ dòng điện – điện áp trong mạch xoay chiều thuần dung.
- Giải được các bài tập trong mạch xoay chiều thuần dung.
- Hứng thú với bài học.



Hình 3.18. Nhánh thuần dung



(a)



(b)

Hình 3.19. Đồ thị véc tơ và đồ thị hình sin nhánh thuần dung

### 5.1. Quan hệ dòng điện, điện áp

Giả sử tụ điện có điện dung  $C$ , tổn hao không đáng kể, điện cảm của mạch có thể bỏ qua. Đặt vào điện áp xoay chiều có biểu thức  $u = U_m \sin \omega t$ , tạo thành mạch thuần điện dung. Dòng điện qua tụ tỉ lệ với tốc độ biến thiên điện áp trên tụ:

$$i = C \frac{du}{dt} = C \frac{d(U_m \sin \omega t)}{dt} = U_m C \omega \cos \omega t = I_m \sin(\omega t + \frac{\pi}{2})$$

Trong đó:  $I_m = U_m C \omega = \frac{U_m}{X_C}$

$$U = \frac{U_m}{\sqrt{2}} = X_C I$$

$X_L = \frac{1}{C\omega}$  có thứ nguyên của điện trở, đơn vị là  $\Omega$  gọi là dung kháng.

Như vậy, trong nhánh thuần điện dung, dòng điện và điện áp có cùng tần số song lệch pha nhau một góc  $\frac{\pi}{2}$ . Dòng điện vượt trước điện áp một góc  $\frac{\pi}{2}$ .

Đồ thị véc tơ dòng điện và điện áp như hình (3.19a)

### ***α. Định luật Ôm***

$$I_m = \frac{U_m}{X_c} \text{ chia hai vế cho } \sqrt{2} \text{ ta được } I = \frac{U}{X_c} \quad (3.18)$$

Đó là công thức định luật Ôm cho nhánh thuần điện dung

*Trong nhánh thuần điện dung, trị số hiệu dụng của dòng điện xoay chiều tỉ lệ thuận với trị số hiệu dụng của điện áp đặt vào nhánh, tỉ lệ nghịch với dung kháng của nhánh.*

### **\* Công suất**

Công suất tức thời trong nhánh thuần điện dung:

$$\begin{aligned} p &= ui = U_m I_m \sin \omega t \sin \left( \omega t + \frac{\pi}{2} \right) \\ &= U_m I_m \sin \omega t \cos \omega t = \frac{U_m I_m}{2} \sin 2\omega t = U \sin 2\omega t \end{aligned} \quad (3.19)$$

Đồ thị công suất được biểu diễn như hình vẽ (3.19b)

Ta thấy có hiện tượng trao đổi năng lượng giữa điện dung với phần mạch còn lại.

Công suất tác dụng của điện dung tiêu thụ:

$$P = \frac{1}{T} \int_0^T p(t) dt = 0$$

Để biểu thị cường độ quá trình trao đổi năng lượng của điện dung ta đưa ra khái niệm công suất phản kháng Q của điện dung. Theo công thức 2.31 ta có:

$$Q = UI = X_c I^2 \quad (3.20)$$

## **6. Dòng điện xoay chiều trong nhánh R – L – C nối tiếp.**

### **Mục tiêu**

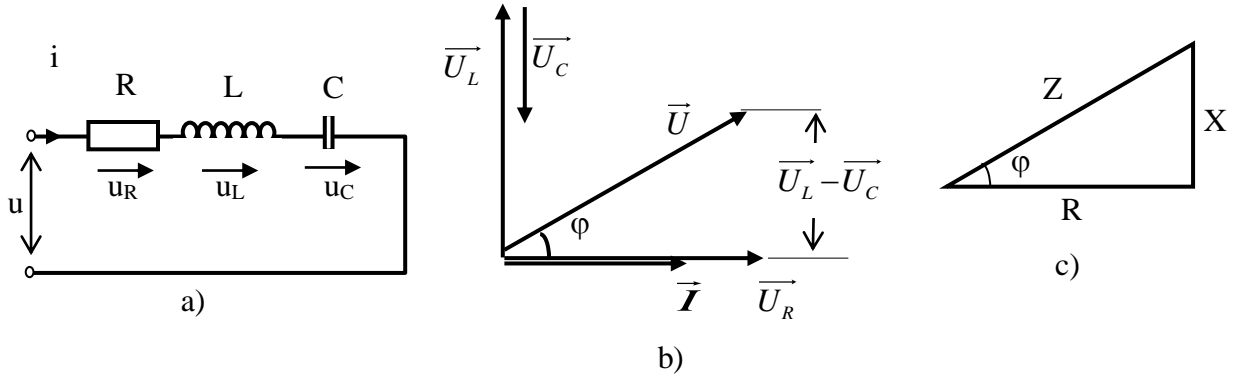
- Trình bày được mối quan hệ dòng điện – điện áp trong mạch xoay chiều nhánh R- L- C nối tiếp.

- Giải được các bài tập trong mạch xoay chiều nhánh R- L- C nối tiếp.



- Hứng thú với bài học.

### 6.1. Quan hệ dòng điện, điện áp



Hình 3.20

Giả sử khi đặt vào hai đầu nhánh điện áp  $u$ , dòng điện trong nhánh có công thức:

$$I = I_m \sin \omega t$$

Dòng điện này sẽ gây ra những điện áp  $U_R$ ,  $U_L$ ,  $U_C$  trên các phần tử  $R$ ,  $L$ ,  $C$ .

Thành phần  $U_R$  trên điện trở  $R$ , gọi là thành phần tác dụng của điện áp, đồng pha với dòng điện và có trị số:

$$U_R = IR$$

Thành phần  $U_L$  trên điện cảm  $L$ , vượt pha trước dòng điện một góc  $90^\circ$  và có trị số:

$$U_L = IX_L$$

Thành phần  $U_C$  trên điện dung  $C$ , chậm pha sau dòng điện một góc  $90^\circ$  và có trị số:

$$U_C = IX_C$$

Các đại lượng dòng điện và điện áp đều biến thiên hình sin với cùng tần số, do đó có thể biểu diễn trên cùng một đồ thị véc tơ.

Ta có đồ thị véc tơ của mạch được vẽ trên hình (3.20b)

Điện áp nguồn  $U$  bằng:

$$\vec{U} = \vec{U}_R + \vec{U}_L + \vec{U}_C$$

Từ đồ thị véc tơ ta tính được trị số hiệu dụng của điện áp:

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

Trong đó:

$$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2} \quad (3.21)$$

có thứ nguyên là  $\Omega$ , gọi là tổng trở của nhánh  $R - L - C$  nối tiếp.

Đặt  $X = X_L - X_C$

$X$  được gọi là điện kháng của nhánh.

Ta thấy điện trở  $R$ , điện kháng  $X$  và tổng trở  $Z$  là ba cạnh của một tam giác vuông trong đó cạnh huyền là tổng trở  $Z$ , hai cạnh góc vuông là điện trở  $R$  và điện kháng  $X$ . Tam giác tổng trở giúp ta dễ dàng nhớ các quan hệ giữa các thông số  $R$ ,  $X$ ,  $Z$  và tính góc lệch pha  $\varphi$

$$\operatorname{tg}\varphi = \frac{U_X}{U_R} = \frac{U_L - U_C}{U_R} = \frac{X_L - X_C}{R} = \frac{X}{R} \quad (3.22)$$

Khi  $X_L - X_C = 0$ , góc  $\varphi = 0$ , dòng điện trùng pha với điện áp, lúc này có hiện tượng cộng hưởng điện áp, dòng điện trong nhánh  $I = \frac{U}{R}$  đạt trị số lớn nhất.

Nếu  $X_L - X_C > 0$ , góc  $\varphi > 0$ , mạch có tính chất điện cảm, dòng điện chậm sau điện áp một góc  $\varphi$

Nếu  $X_L - X_C < 0$ , góc  $\varphi < 0$ , mạch có tính chất điện dung, dòng điện vượt trước điện áp một góc  $\varphi$

Công thức của điện áp là:

$$u = U_m \sin(\omega t \pm \varphi) \quad (\text{V})$$

### \* Định luật Ôm

Từ công thức  $U = IZ$  suy ra:

$$I = \frac{U}{Z} \quad (3.23)$$

Đó là công thức định luật Ôm cho nhánh R, L, C nối tiếp.

*Trong một nhánh xoay chiều, trị số hiệu dụng của dòng điện tỉ lệ thuận với trị số hiệu dụng của điện áp đặt vào nhánh, tỉ lệ nghịch với tổng trở của nhánh.*

### 6.2. Công suất

Trong mạch điện xoay chiều R, L, C nối tiếp có 2 quá trình năng lượng sau :

Quá trình tiêu thụ điện năng và biến đổi sang dạng năng lượng khác (tiêu tán, không còn tồn tại trong mạch điện). Thông số đặc trưng cho quá trình này là điện trở R.

Quá trình trao đổi, tích lũy năng lượng điện từ trường trong mạch. Thông số đặc trưng cho quá trình này là điện cảm L và điện dung C.

Tương ứng với 2 quá trình ấy, người ta đưa ra khái niệm công suất tác dụng P và công suất phản kháng Q.

#### 6.2.1. Công suất tác dụng P

Công suất tác dụng P là công suất điện trở R tiêu thụ, đặc trưng cho quá trình biến đổi điện năng sang dạng năng lượng khác như nhiệt năng, quang năng,....

$$P = RI^2 \quad (3-25)$$

Từ đồ thị vectơ hình 3.18.b.

$$U_R = RI = U \cos \varphi$$

Thay vào (3-25) ta có

$$P = RI^2 = U_R I = U I \cos \varphi \quad (3-26)$$

Công suất tác dụng là công suất trung bình trong một chu kỳ.

#### 6.2.2. Công suất phản kháng Q

Để đặc trưng cho cường độ quá trình trao đổi, tích lũy năng lượng điện từ trường, người ta đưa ra khái niệm công suất phản kháng Q.

$$Q = XI^2 = (X_L - X_C)I^2 \quad (3-27)$$

Từ đồ thị vectơ hình 3.18b

$$U_X = XI = U \sin \varphi$$

Thay vào (3-27) ta có

$$Q = XI^2 = U_X I = U \sin \varphi I^2 \quad (3-28)$$

Nhìn vào (3-18) thấy rõ công suất phản kháng của mạch gồm:

Công suất phản kháng của điện cảm  $Q_L$

$$Q_L = X_L I^2 \quad (3-29)$$

Công suất phản kháng của điện dung  $Q_C$

$$Q_C = -X_C I^2 \quad (3-30)$$

### 6.2.3. Công suất biểu kiến S

Để đặc trưng cho khả năng của thiết bị và nguồn thực hiện 2 quá trình năng lượng xét ở trên, người ta đưa ra khái niệm công suất biểu kiến S được định nghĩa như sau:

Biểu thức của P, Q có thể viết theo S như sau:

$$S = U \cdot I = \sqrt{P^2 + Q^2} \quad (3-30)$$

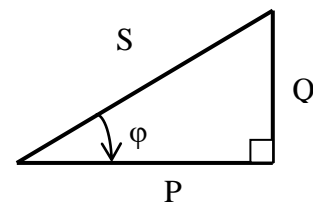
Biểu thức P, Q có thể viết theo S như sau:

$$P = U \cos \varphi = S \cos \varphi$$

$$Q = U \sin \varphi = S \sin \varphi$$

Từ 2 công thức này thấy rõ, cực đại của công suất tác dụng P (khi  $\cos \varphi = 1$ ), cực đại của công suất phản kháng Q (khi  $\sin \varphi = 1$ ) là công suất biểu kiến S. Vậy S nói lên khả năng của thiết bị. Trên nhãn của máy phát điện, máy biến áp, người ta ghi công suất biểu kiến S định mức.

Quan hệ giữa P, Q, S được mô tả bằng một tam giác vuông (hình 3.21) trong đó S là cạnh huyền, P, Q là 2 cạnh góc vuông.



Hình 3.21

P, Q, S có cùng thứ nguyên, song để phân biệt ta cho các đơn vị khác nhau:

Đơn vị của P: W, kW, MW

Đơn vị của Q: Var, kVAr, MVAr

Đơn vị của S: VA, kVA, MVA.

## 7. Hệ số công suất.

### Mục tiêu

- Nêu được định nghĩa – ý nghĩa của hệ số công suất.
- Trình bày được một số biện pháp để nâng cao hệ số công suất.
- Hứng thú với bài học

### 7.1. Định nghĩa – ý nghĩa

Trong biểu thức công suất tác dụng  $P = U \cos \varphi$ ,  $\cos \varphi$  được coi là hệ số công suất.

Hệ số công suất phụ thuộc vào thông số của mạch điện. Trong nhánh R, L, C nối tiếp:

$$\cos \varphi = \frac{R}{\sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}}$$

Hoặc:

$$\cos \varphi = \frac{P}{\sqrt{P^2 + Q^2}}$$

Hệ số công suất là chỉ tiêu kỹ thuật quan trọng, có ý nghĩa rất lớn về kinh tế như sau:

Nâng cao hệ số công suất sẽ tận dụng tốt công suất nguồn (máy phát điện, máy biến áp,...) cung cấp cho tải. Ví dụ một máy phát điện có công suất định mức  $S_{dm} = 10000 \text{KVA}$ , nếu hệ số công suất của tải  $\cos \varphi = 0,5$ , công suất tác dụng của máy phát cho tải  $P = S_{dm} \cos \varphi = 10000 \cdot 0,5 = 5000 \text{kW}$ . Nếu  $\cos \varphi = 0,9$  thì  $P = 10000 \cdot 0,9 = 9000 \text{kW}$ . Rõ ràng là khi  $\cos \varphi$  cao máy phát ra nhiều công suất hơn.

Khi cần truyền tải một công suất P nhất định trên đường dây, thì dòng điện chạy trên đường dây là:

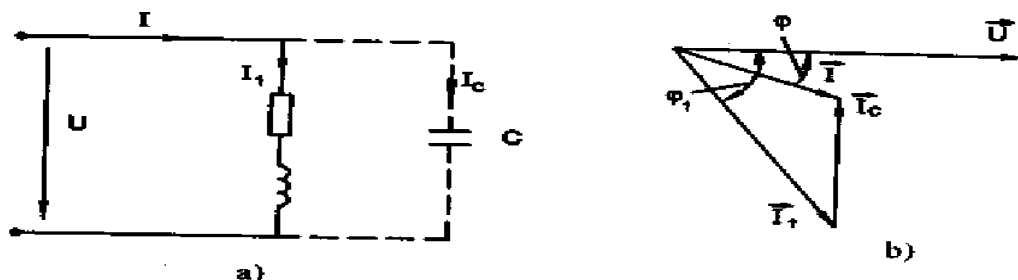
$$I = \frac{P}{U \cos \varphi}$$

Nếu  $\cos \varphi$  cao thì dòng điện I sẽ giảm, dẫn đến giảm tổn hao điện năng, giảm

điện áp rơi trên đường dây và có thể chọn dây dẫn tiết diện nhỏ hơn.

## 7.2. Một số biện pháp nâng cao hệ số công suất

Các tải trong công nghiệp và sinh hoạt thường có tính điện cảm (cuộn dây động cơ điện, máy biến áp, chấn lưu...) nên  $\cos\varphi$  thấp. Để nâng cao  $\cos\varphi$  ta thường dùng tụ điện nối song song với tải (hình 3.24a).



Hình 3.22

Khi chưa bù (chưa có nhánh tụ điện), dòng điện chạy trên đường dây bằng  $I_1$ , hệ số công suất của mạch (của tải) là  $\cos\varphi_1$ .

Khi có bù (có nhánh tụ điện), dòng điện chạy trên đường dây  $I$  là:

$$I = I_1 + I_c$$

Và hệ số công suất của mạch là  $\cos\varphi$ .

Từ đồ thị hình 3.22b ta thấy

$$I < I_1; \varphi < \varphi_1 \text{ và } \cos\varphi > \cos\varphi_1$$

Như vậy hệ số công suất  $\cos\varphi$  đã được nâng cao.

Điện dung  $C$  cần thiết để nâng hệ số công suất từ  $\cos\varphi_1$ , lên  $\cos\varphi$  được tính như sau:

Vì công suất tác dụng của tải không đổi nên công suất phản kháng của mạch là:

Khi chưa bù:

$$Q_1 = P \operatorname{tg}\varphi_1$$

Khi có bù bằng tụ điện (tụ điện cung cấp  $Q_c$ )

$$Q = Q_1 + Q_c = P \operatorname{tg}\varphi_1 + Q_c = P \operatorname{tg}\varphi$$

Từ đó rút ra công suất  $Q_c$  của tụ điện là:

$$Q_c = -P(\operatorname{tg}\varphi_1 - \operatorname{tg}\varphi) \quad (3-31)$$

Mặt khác công suất  $Q_c$  của tụ điện được tính là :

$$Q_C = -U_C I_C = -U \cdot U \cdot \omega C = -U^2 \omega C \quad (3-32)$$

So sánh (3-31) và (3-32) ta tính được điện dung C của bộ tụ điện là:

$$C = \frac{P}{\omega U^2} (\operatorname{tg} \varphi_1 - \operatorname{tg} \varphi) \quad (3-33)$$

Kiến thức cần thiết để thực hiện công việc

- Nguyên lý tạo ra s.đ.đ xoay chiều hình sin.
- Biểu diễn đại lượng xoay chiều dưới dạng đồ thị.
- Mạch xoay chiều R-L-C nối tiếp.
- Một số biện pháp nâng cao hệ số công suất.

Các bước và cách thức thực hiện công việc

*Trả lời các câu hỏi sau:*

1. Nêu khái niệm về dòng điện xoay chiều hình sin? Các đại lượng đặc trưng của dòng điện xoay chiều hình sin?
2. Nêu định nghĩa và biểu thức tính trị số hiệu dụng của dòng điện hình sin?
3. Nêu cách biểu diễn lượng hình sin bằng đồ thị véc tơ?
4. Quan hệ dòng áp trong mạch R- L- C nối tiếp như thế nào, vẽ đồ thị véc tơ?
5. Cho biết ý nghĩa của hệ số công suất  $\cos\varphi$ ? Nêu phương pháp nâng cao hệ số  $\cos\varphi$  bằng tụ điện?

**Yêu cầu về đánh giá kết quả học tập**

- Kiểm tra vấn đáp đầu giờ.
- Kiểm tra thảo luận nhóm.

***Bài tập***

1. Một s.đ.đ hình sin có biểu thức:  $e = 310 \cdot \sin(314t + 45^\circ)$

Hãy xác định:

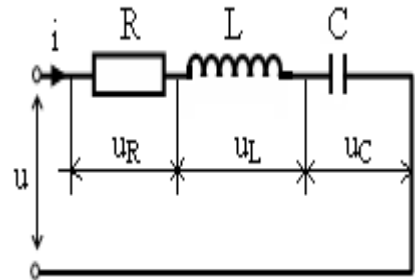
- a. Biên độ của lượng hình sin đó?
- b. Tốc độ góc, chu kỳ và tần số? Trị số hiệu dụng?
- c. Biểu diễn lượng hình sin này bằng đồ thị véc tơ?

ĐS:  $E_{\max} = 310$  (V);  $\omega = 314$  (rad/s);  $T = 0,02$  (s);  $f = 50$  (Hz),  $E = 221,4$  (V)

2. Mạch cuộn dây có điện trở  $R = 10\Omega$ , điện kháng  $X = 15,7\Omega$  mắc vào mạch xoay chiều có tần số  $f = 50\text{Hz}$ , dòng qua cuộn dây là  $I = 6\text{A}$ . Tìm tổng trở, điện áp nguồn, điện cảm và hệ số công suất của mạch.

ĐS:  $Z = 18,6 (\Omega)$ ;  $U = 111,7 (\text{V})$ ;  $L = 0,05 (\text{H})$ ;  $\cos\varphi = 0,5$

3. Cho mạch điện  $R, L, C$  nối tiếp như hình vẽ biết:  $R = 3\Omega$ ;  $L = 0,08\text{mH}$ ;  $C = 150\mu\text{F}$ . Điện áp nguồn  $U = 220\text{V}$ , tần số  $f = 50 \text{ Hz}$ . Tính dòng điện và các thành phần của tam giác điện áp, tam giác công suất của mạch điện và vẽ đồ thị véc tơ.



ĐS:  $I = 10,9 (\text{A})$ ;  $U_R = 32,7 (\text{V})$ ;  $U_L = 0,27 (\text{V})$ ;  $U_C = 218(\text{V})$

$P = 356,4 (\text{W})$ ;  $Q = -2373,2 (\text{Var})$ ;  $S = 2398 (\text{Va})$



## CHƯƠNG 4

### MẠCH ĐIỆN XOAY CHIỀU 3 PHA

**Mã chương: 14.4**

#### **Giới thiệu**

Dòng điện xoay chiều 3 pha được sử dụng rất rộng rãi vì:

- Dòng điện xoay chiều 3 pha truyền tải điện năng đi xa, tiết kiệm kim loại màu hơn dòng xoay chiều 1 pha.

- Các động cơ điện xoay chiều 3 pha cấu tạo đơn giản và có các đặc tính tốt hơn động cơ điện xoay chiều 1 pha.

#### **A. Mục tiêu**

- + Trình bày chính xác khái niệm mạch ba pha, phương pháp tạo nguồn 3 pha.

- + Mô tả chính xác các đại lượng hình sin ba pha trên đồ thị hình sin, đồ thị vectơ.

- + Phân tích được mối quan hệ giữa các đại lượng điện áp, dòng điện pha, dây trong mạch ba pha hình sao, hình tam giác.

- + Chứng minh được các công thức xác định công suất trong mạch ba pha để giải các bài toán mang tính ứng dụng.

- + Rèn luyện tính kỷ luật, kiên trì, cẩn thận, nghiêm túc, chủ động và tích cực sáng tạo trong học tập.

#### **Nội dung chính**

Nội dung của bài	Thời gian (giờ)				Hình thức giảng dạy
	T.Số	LT	TH/BT	KT*	
1. Hệ thống ba pha	1	1	0		
1.1. Khái niệm		0,25			LT
1.2. Nguyên lý máy phát điện 3 pha		0,5			LT
1.3. Đồ thị hình Sin – đồ thị vectơ		0,25			LT

2. Mạch ba pha nối hình sao	0,75	0,5	0,25		
2.1. Cách nối dây		0,125			LT
2.2. Quan hệ giữa các đại lượng dây và pha		0,125	0,125		LT
2.3. Phương pháp tính mạch ba pha nối hình sao đối xứng		0,5	0,125		LT+BT
3. Mạch ba pha nối hình tam giác	0,75	0,5	0,25		
3.1. Cách nối dây		0,125			LT
3.2. Quan hệ giữa các đại lượng dây và pha		0,125	0,125		LT+BT
3.3. Phương pháp tính mạch ba pha nối tam giác đối xứng		0,5	0,125		LT+BT
4. Công suất mạch ba pha	0,5	0,25	0,25		
4.1. Công suất tác dụng P					LT+BT
4.2. Công suất phản kháng Q					LT+ BT
4.3. Công suất biểu kiến S					LT+ BT
* Kiểm tra				1	

## 1. Hệ thống ba pha

### Mục tiêu

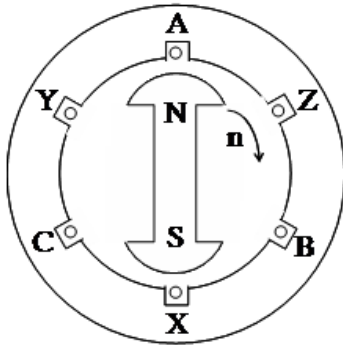
- Nêu được khái niệm mạch điện ba pha.
- Trình bày được nguyên lý máy phát điện 3 pha.
- Tích cực với bài học.

#### 1.1. Khái niệm

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

### 1.2. Nguyên lý máy phát điện 3 pha

<p>Để tạo ra nguồn điện ba pha, ta dùng máy phát điện đồng bộ ba pha. Cấu tạo của máy phát điện đồng bộ gồm:</p> <p>+ Phần tĩnh (còn gọi là stato) gồm có lõi thép xẻ rãnh, trong các rãnh đặt ba dây quấn AX, BY, CZ có cùng số vòng dây và lệch nhau một góc <math>\frac{2\pi}{3}</math> trong không gian.</p>	 <p style="text-align: center;"><i>Hình 4.1</i></p>
--	--

Mỗi dây quấn được gọi là một pha. Dây quấn AX gọi là pha A, dây quấn BY gọi là pha B, dây quấn CZ gọi là pha C.

+ Phần quay (còn gọi là rôto) là nam châm điện N – S (hình 4.1)

Nguyên lý làm việc như sau: Khi quay rôto, từ trường sẽ lần lượt quét các dây quấn stato và cảm ứng vào trong dây quấn stato các sức điện động sin cùng biên độ, cùng tần số và lệch pha nhau một góc  $\frac{2\pi}{3}$ .

Nếu chọn pha đầu của sức điện động  $e_A$  của dây quấn AX bằng không thì biểu thức tức thời sức điện động ba pha là:

Sức điện động pha A:

$$e_A = \sqrt{2} E \sin \omega t \quad (4.1a)$$

Sức điện động pha B:

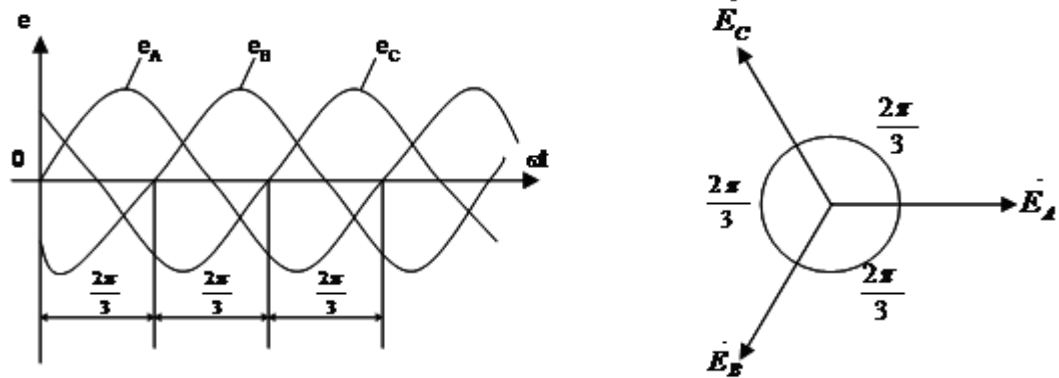
$$e_B = \sqrt{2} E \sin(\omega t - \frac{2\pi}{3}) \quad (4.1b)$$

Sức điện động pha C:

$$e_C = \sqrt{2} E \sin(\omega t - 2 \cdot \frac{2\pi}{3}) = \sqrt{2} E \sin(\omega t + \frac{2\pi}{3}) \quad (4.1c)$$

### 1.3. Đồ thị hình Sin – đồ thị vector

Hình 4.2a vẽ trị số tức thời sức điện động ba pha, và đồ thị véc tơ của chúng trên hình 4.2b



Hình 4.2

Nguồn điện gồm ba sđđ sin cùng biên độ, cùng tần số, lệch nhau về pha  $\frac{2\pi}{3}$  gọi là nguồn ba pha đối xứng.

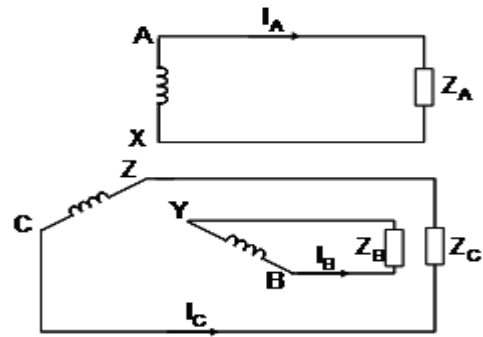
Đối với nguồn đối xứng ta có:

$$e_A + e_B + e_C = 0 \quad (4.2)$$

Hoặc

$$\dot{E}_A + \dot{E}_B + \dot{E}_C = 0 \quad (4.3)$$

Nếu các dây quấn AX, BY, CZ của nguồn điện nối riêng rẽ với các tải có tổng trở pha  $\bar{Z}_A, \bar{Z}_B, \bar{Z}_C$  ta có hệ thống ba pha gồm ba mạch một pha không liên hệ nhau (hình 3.3). Mỗi mạch điện gọi là một pha của mạch điện ba pha.



Hình 4.3

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

Mỗi pha có đầu và cuối. Thường quen ký hiệu đầu pha là A, B, C, cuối pha là X, Y, Z.

Nếu tổng trở của các pha tải bằng nhau  $\bar{Z}_A = \bar{Z}_B = \bar{Z}_C$  thì ta có tải đối xứng. Mạch điện ba pha gồm nguồn, tải và đường dây đối xứng gọi là mạch điện ba pha đối xứng.

Nếu không thỏa mãn điều kiện đã nêu gọi là mạch ba pha không đối xứng.

Mạch ba pha không liên hệ (hình 3.3) thực tế ít dùng, vì cần tới 6 dây dẫn không kinh tế. Thường ba pha của nguồn được nối liền với nhau, ba pha của tải cũng được nối liền với nhau và có đường dây ba pha nối giữa nguồn với tải, dẫn điện năng từ nguồn đến tải. 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 pha ấy gọi là điện áp dây, ký hiệu  $U_d$ .

Thông thường dùng hai cách nối: nối hình sao (Y) và nối hình tam giác ( $\Delta$ )

## 2. Mạch ba pha nối hình sao

### Mục tiêu

- Nêu được các nối dây mạch ba pha nối hình sao.
- Trình bày được mối quan hệ giữa các đại lượng dây và pha.

- Giải được các bài tập về mạch điện ba pha nối hình sao đối xứng.
- Hứng thú với bài học.

### 2.1. Cách nối dây

Mỗi pha của nguồn (hoặc tải) có đầu và cuối. Thường quen 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 (hình 4.4a).

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

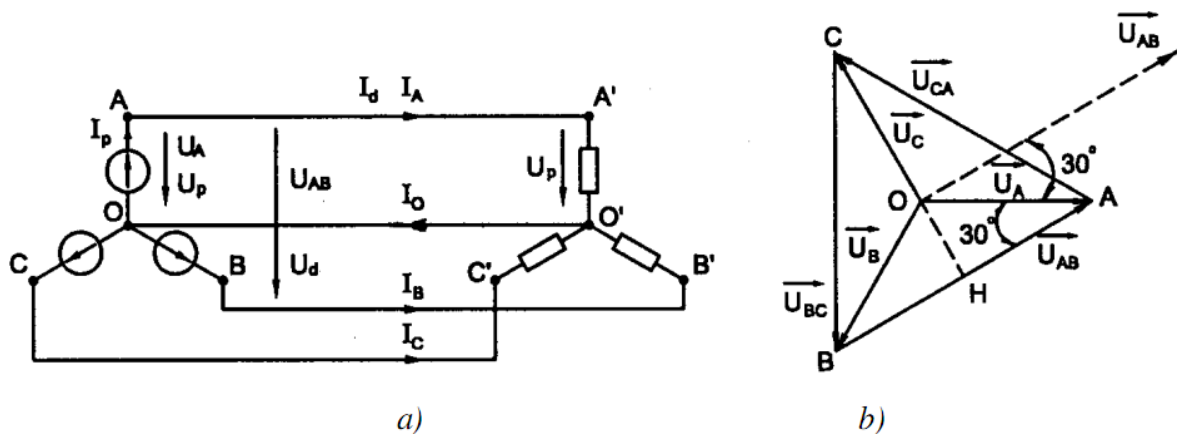
Đối với tải, ba điểm cuối X', Y', Z' nối với nhau tạo thành trung tính 0 của tải.

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.

Các quan hệ giữa đại lượng dây và pha khi đối xứng

### 2.2. Quan hệ giữa các đại lượng dây và pha



Hình 4.4

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 tới tải. Các dòng điện này đã được ký hiệu trên hình 4.4. Nhìn vào mạch điện ta thấy quan hệ giữa dòng điện dây và dòng điện pha như sau:

$$I_d = I_p \quad (4-4)$$

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:

$$\vec{U}_{AB} = \vec{U}_A - \vec{U}_B \quad (4-5a)$$

$$\vec{U}_{BC} = \vec{U}_B - \vec{U}_C \quad (4-5b)$$

$$\vec{U}_{CA} = \vec{U}_C - \vec{U}_A \quad (4-5c)$$

Để vẽ đồ thị vectơ điện áp dây, trước hết vẽ đồ thị vectơ điện áp pha  $U_A$ ,  $U_B$ ,  $U_C$ , sau đó dựa vào công thức (4-2) vẽ đồ thị vectơ điện áp dây như hình 4.4b hoặc 4.5.

Xét tam giác OAB (hình 4.4b).

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

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

AB là điện áp dây  $U_d$

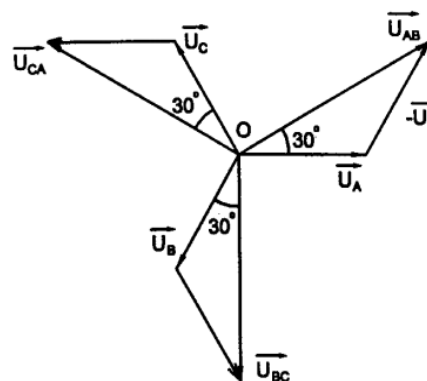
OA là điện áp pha  $U_p$

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

Về trị số hiệu dụng:

$$U_d = \sqrt{3} U_p \quad (4-6)$$

Về pha : điện áp dây vượt trước điện áp pha tương ứng một góc  $30^\circ$  ( $U_{AB}$  vượt trước  $U_A$  một góc  $30^\circ$ ,  $U_{BC}$  vượt trước  $U_B$  một góc  $30^\circ$ ,  $U_{CA}$  vượt trước  $U_C$  một góc  $30^\circ$ ).



Hình 4.5

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

$$\vec{I}_0 = \vec{I}_A + \vec{I}_B + \vec{I}_C = \mathbf{0}$$

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:

$$\vec{I}_0 = \vec{I}_A + \vec{I}_B + \vec{I}_C$$

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

Nguồn cung cấp điện cho tải R ba pha đối xứng (hình 4.6a). Biết dòng điện dây  $I_d = 10 \text{ A}$ . Tính điện áp dây  $U_d$ , điện áp pha của tải, dòng điện pha của tải và của nguồn. Vẽ đồ thị vectơ.

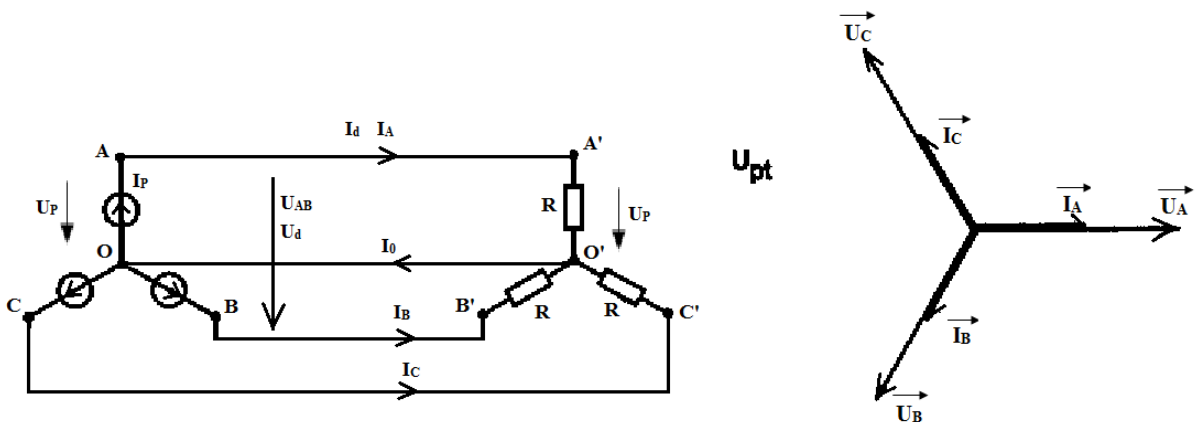
Lời giải:

Nguồn nối hình sao, áp dụng công thức (4-6) điện áp dây là:

$$U_d = \sqrt{3} U_P = \sqrt{3} 220 = 380 \text{ V}$$

Tải nối hình sao, biết  $U_P = 380 \text{ V}$ , theo công thức (4-6) điện áp pha của tải là:

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



Hình 4.6

Nguồn nối sao, tải nối sao, áp dụng công thức (4-4) Dòng điện pha nguồn



$$I_{pn} = I_d = 10A$$

Dòng điện pha của tải:

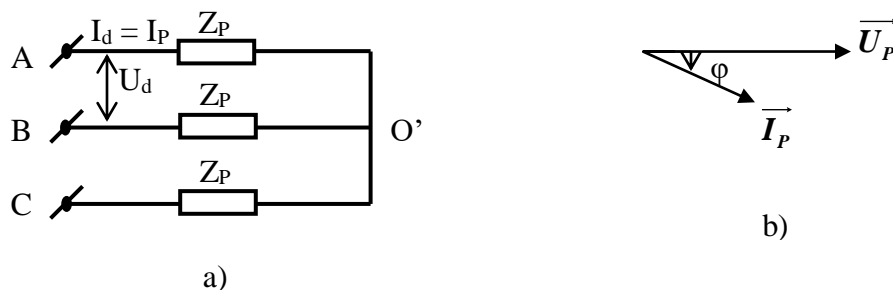
$$I_{pt} = I_d = 10A$$

Vì tải thuần điện trở R, điện áp pha của tải trùng pha với dòng điện pha của tải  $I_{pt}$  (hình 4.6b).

### 2.3. Phương pháp tính mạch ba pha nối hình sao đối xứng

Đối mạch điện ba pha đối xứng, dòng điện, (điện áp) các pha có trị số bằng nhau và lệch pha nhau một góc  $\frac{2\pi}{3}$ . vì vậy khi giải mạch điện đối xứng, ta tách ra một pha để dễ tính.

#### 2.3.1. Khi không xét tổng trở đường dây pha.



Hình 4.7

Điện áp đặt lên mỗi pha là: 
$$U_p = \frac{U_d}{\sqrt{3}}$$

Tổng trở pha của tải là:

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

$R_p$ ,  $X_p$  là điện trở và điện kháng mỗi pha tải.

Dòng điện pha của tải: 
$$I_P = \frac{U_P}{Z_P} = \frac{U_d}{\sqrt{3} \sqrt{R_P^2 + X_P^2}}$$

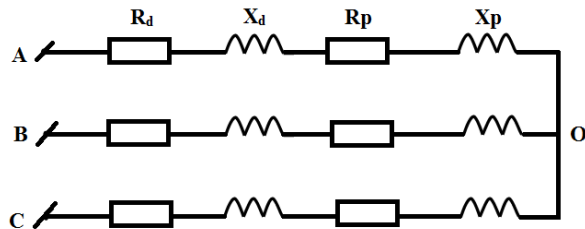
Góc lệch pha  $\varphi$  giữa điện áp pha và dòng điện pha:

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{X_P}{R_P}$$

Vì tải nối hình sao nên dòng điện dây bằng dòng điện pha:  $I_d = I_p$

Đồ thị véc tơ vẽ trên hình 4.7

b. Khi xét tổng trở đường dây pha.



Hình 4.8

Cách tính toán cũng tương tự, nhưng phải gộp tổng trở đường dây với tổng trở pha tải để tính dòng điện pha và dây.

$$I_d = I_p = \frac{U_d}{\sqrt{3} \sqrt{(R_d + R_p)^2 + (X_d + X_p)^2}}$$

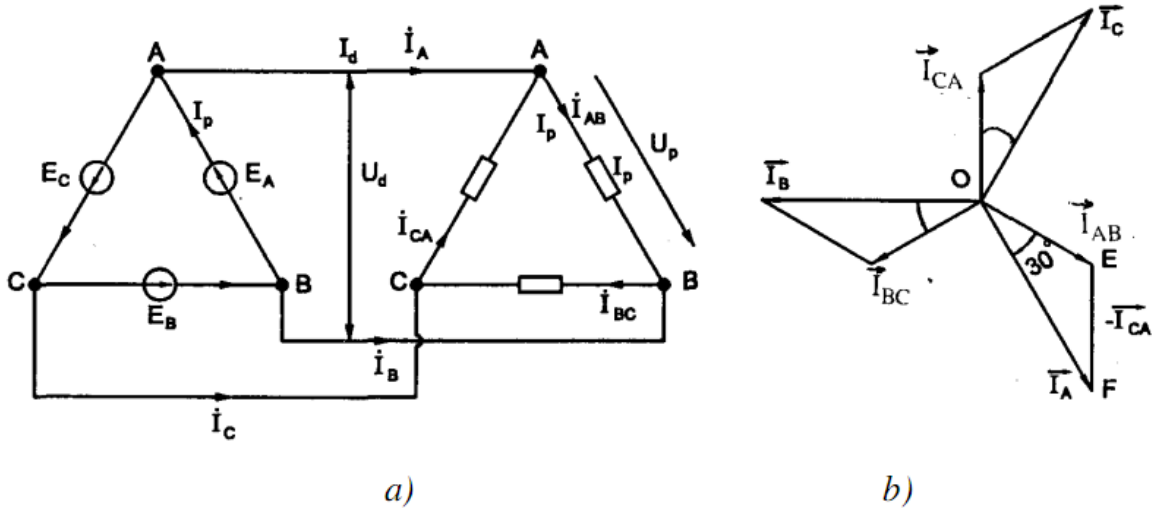
### 3. Mạch ba pha nối hình tam giác

#### Mục tiêu

- Nêu được các nối dây mạch ba pha nối hình tam giác.
- Trình bày được mối quan hệ giữa các đại lượng dây và pha.
- Giải được các bài tập về mạch điện ba pha nối hình tam giác đối xứng.
- Hứng thú với bài học.

#### 3.1. Cách nối dây

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 4.9

### 3.2. Quan hệ giữa các đại lượng dây và pha

Khi giải mạch điện nối tam giác ta thường 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 (hình 4.9).

Các đại lượng dây và pha được ký hiệu trên hình 4.9a.

*Quan hệ giữa điện áp dây và điện áp pha*

*Nhìn vào mạch điện nối tam giác ta thấy:*

$$U_d = U_p. \quad (4-7)$$

*Quan hệ giữa dòng điện dây và dòng điện pha*

Áp dụng định luật Kiêschôp 1 tại các nút, ta có

$$\text{Tại nút A: } \vec{I}_A = \vec{I}_{AB} - \vec{I}_{CA} \quad (4-8a)$$

$$\text{Tại nút B: } \vec{I}_B = \vec{I}_{BC} - \vec{I}_{CA} \quad (4-8b)$$

$$\text{Tại nút C: } \vec{I}_C = \vec{I}_{CA} - \vec{I}_{BC} \quad (4-8c)$$

Dòng điện  $I_A, I_B, I_C$  chạy trên các dây pha từ nguồn đến tải là dòng điện dây  $I_d$ .

Dòng điện  $\vec{I}_{AB}, \vec{I}_{BC}, \vec{I}_{CA}$  chạy trong các pha là dòng điện pha, lệch pha với điện áp

$\vec{U}_{AB}$ ,  $\vec{U}_{BC}$ ,  $\vec{U}_{CA}$  một góc  $\varphi$  (hình 4.8b). Để vẽ dòng điện dây  $I_A$ ,  $I_B$ ,  $I_C$ , ta dựa vào phương trình (4 – 7). Vector  $I_{AB}$  cộng với vector  $(-I_{CA})$  ta có vector  $I_A$ ; Quá trình tương tự ta vẽ  $I_B$ ,  $I_C$ .

Đồ thị vector dòng điện pha  $I_{AB}$ ,  $I_{BC}$ ,  $I_{CA}$  và dòng điện dây  $I_A$ ,  $I_B$ ,  $I_C$  vẽ trên hình 4.9b.

Xét tam giác OEF

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

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

OF là dòng điện dây  $I_d$

OE là dòng điện pha  $I_p$

Từ đồ thị vector ta thấy :

Khi dòng điện pha đối xứng thì dòng điện dây đối xứng.

$\alpha$ . Về trị số hiệu dụng

$$I_d = \sqrt{3}I_p \quad (4-8)$$

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

*Ví dụ:*

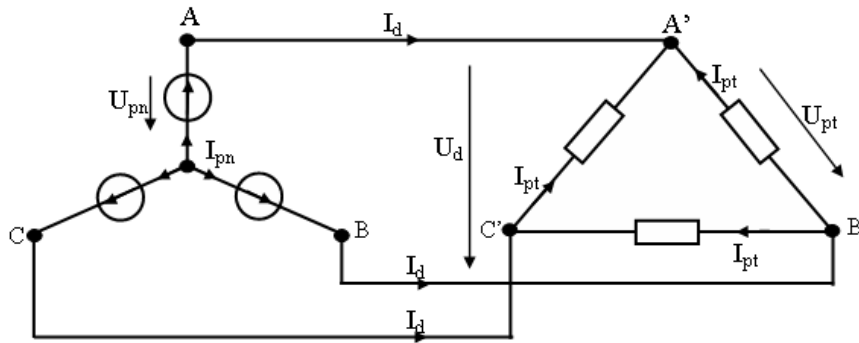
Một mạch điện ba pha, nguồn điện nối sao, tải nối hình tam giác. Biết điện áp pha của nguồn  $U_{pn} = 2kV$ , dòng điện pha của nguồn  $I_{pn} = 20 A$ .

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  $I_{pt}$ ,  $U_{pt}$ .

*Lời giải :*

$\alpha$ . Sơ đồ nối dây mạch điện vẽ ở hình 4.10



Hình 4.10

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

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

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

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

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

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

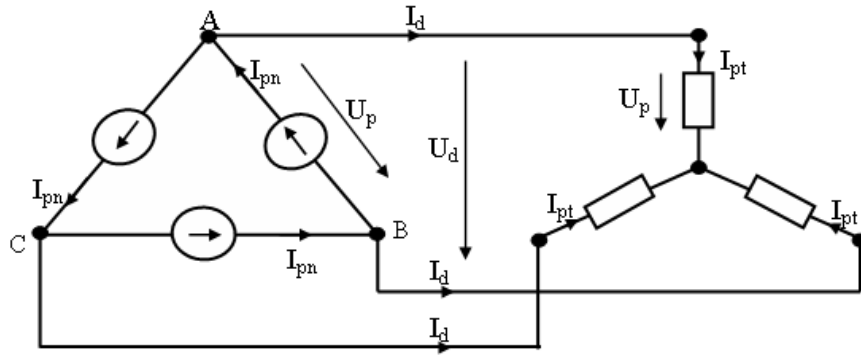
*Ví dụ:* Một mạch điện ba pha, tải nối hình sao, nguồn nối hình tam giác. Nguồn và tải đều đối xứng. Biết dòng điện pha của tải  $I_{pt} = 50A$ , điện áp pha của tải  $U_{pt} = 220V$ .

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

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

*Lời giải:*

$\alpha$ . Sơ đồ nối dây mạch điện ba pha vẽ trên hình 4.11



Hình 4.11

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 :

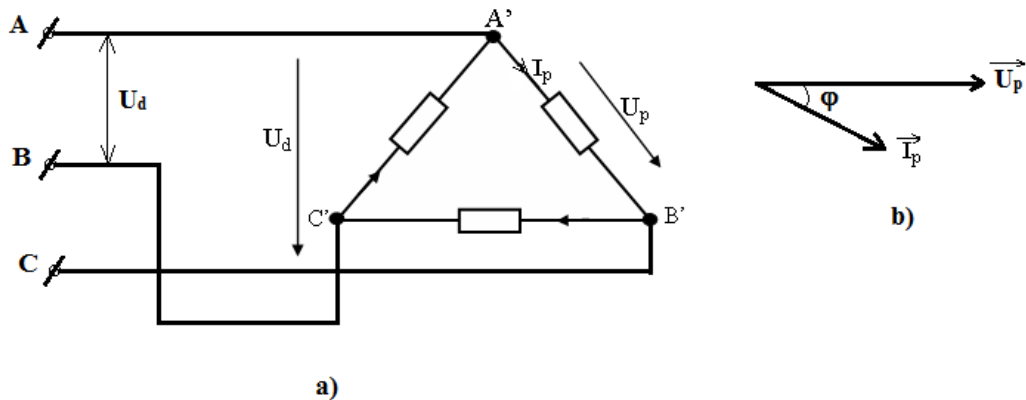
$$U_{pn} = U_d = 380V$$

Dòng điện pha của nguồn là

$$I_{pn} = \frac{I_d}{\sqrt{3}} = \frac{50}{\sqrt{3}} = 28,868A$$

### 3.3. Phương pháp tính mạch ba pha nối tam giác đối xứng

#### 3.3.1. Khi không xét tổng trở đường dây



Hình 4.12

Điện áp pha tải bằng điện áp dây (hình 4.11a)

$$U_p = U_d$$

Dòng điện pha tải:

$$I_p = \frac{U_p}{Z_p} = \frac{U_d}{\sqrt{R_p^2 + X_p^2}} \quad (4-9)$$

Dòng điện dây:

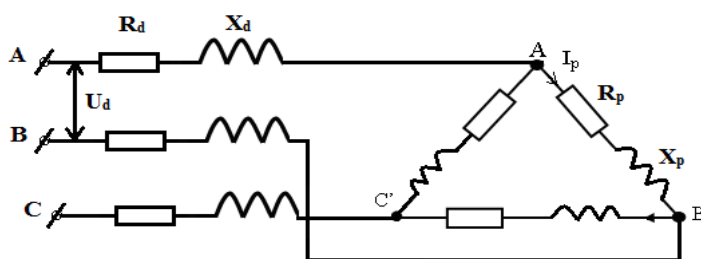
$$I_d = \sqrt{3} I_p$$

Góc lệch pha  $\varphi$  giữa điện áp pha và dòng điện pha tương ứng:

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{X_p}{R_p}$$

Đồ thị véc tơ trên hình 3.12b

### 3.3.2. Khi xét tổng trở đường dây



Hình 4.13

Ta phải biến đổi tương đương từ tam giác sang hình sao.

Tổng trở mỗi khi đầu tam giác:

$$Z_{Y(\Delta)} = \sqrt{R_p^2 + X_p^2}$$

Biến đổi sang hình sao:

$$Z_{p(Y)} = \sqrt{\left(\frac{R_p}{3}\right)^2 + \left(\frac{X_p}{3}\right)^2}$$

Sau đó giải như đã xét ở trên.

Dòng điện dây là:

$$I_d = \frac{U_d}{\sqrt{3} \sqrt{\left(R_d + \frac{R_p}{3}\right)^2 + \left(X_d + \frac{X_p}{3}\right)^2}} \quad (4-10)$$

Dòng điện pha của phụ tải lúc nối tam giác là:

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

*Ví dụ:*

Một phụ tải 3 pha đối xứng có điện trở mỗi pha là 18, điện kháng mỗi pha là 15 nối tam giác đặt vào nguồn 3 pha đối xứng có điện áp dây là 380V qua một đường dây có điện trở là 2 điện kháng là 1. Xác định dòng điện qua phụ tải và công suất tác dụng, công suất phản kháng của phụ tải.

*Lời giải:*

Biến đổi tương đương từ tam giác sang hình sao ta có:

$$Z_{p(Y)} = \sqrt{\left(\frac{R_p}{3}\right)^2 + \left(\frac{X_p}{3}\right)^2} = \sqrt{6^2 + 5^2} = 7,8(\Omega)$$

Dòng điện dây là:

$$\begin{aligned} I_d &= \frac{U_d}{\sqrt{3} \sqrt{\left(R_d + \frac{R_p}{3}\right)^2 + \left(X_d + \frac{X_p}{3}\right)^2}} \\ &= \frac{380}{\sqrt{3} \sqrt{(6+2)^2 + (5+1)^2}} = 22A \end{aligned}$$

Dòng điện pha của tải là:

$$I_p = \frac{I_d}{\sqrt{3}} = \frac{22}{1,73} = 12,7A$$

Công suất tác dụng của phụ tải:



$$P = 3R_p I_p^2 = 3 \cdot 18 \cdot 12,7^2 = 8712 \text{ (W)}$$

Công suất phản kháng của phụ tải:

$$Q = 3X_p I_p^2 = 3 \cdot 15 \cdot 12,7^2 = 7260 \text{ (Var)}$$

#### 4. Công suất mạch ba pha

##### Mục tiêu

- Nêu được các công suất trong mạch ba pha và viết biểu thức của các công suất đó.
- Giải được các bài tập về công suất trong mạch ba pha.
- Tích cực với bài học.

##### 4.1. Công suất tác dụng P

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

$$\begin{aligned} P &= P_A + P_B + P_C \\ &= U_A I_A \cos\varphi_A + U_B I_B \cos\varphi_B + U_C I_C \cos\varphi_C \end{aligned}$$

Khi ba pha đối xứng

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

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

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

$$\text{Ta có} \quad P = 3U_p I_p \cos\varphi \quad (4-11)$$

$$\text{hoặc} \quad P = 3R_p I_p^2 \quad (4-12)$$

Trong đó  $R_p$  là điện trở pha của tải.

Thay đại lượng pha bằng đại lượng dây :

$$\text{Đối với cách nối hình sao : } I_p = I_d; \quad U_p = \frac{U_d}{\sqrt{3}}$$

$$\text{Đối với cách nối hình tam giác : } I_p = \frac{I_d}{\sqrt{3}}; \quad U_p = U_d \text{ vào công thức (4-11) ta}$$

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

$$P = \sqrt{3} U_d I_d \cos\varphi \quad (4-13)$$

Trong đó  $\varphi$  – góc lệch pha giữa điện áp pha và dòng điện pha tương ứng

$$\cos\varphi = \frac{R_P}{\sqrt{R_P^2 + X_P^2}}$$

#### 4.2. Công suất phản kháng $Q$

Công suất phản kháng  $Q$  của ba pha là tổng công suất phản kháng của các pha cộng lại

$$\begin{aligned} Q &= Q_A + Q_B + Q_C \\ &= U_A I_A \sin\varphi_A + U_B I_B \sin\varphi_B + U_C I_C \sin\varphi_C \end{aligned}$$

Khi mạch đối xứng ta có :

$$Q = 3U_p I_p \sin\varphi \quad (4-14)$$

$$\text{hoặc} \quad Q = 3X_p I_p^2 \quad (4-15)$$

Trong đó :  $X_p$  – là điện kháng pha của tải.

Nếu tính theo các đại lượng dây

$$Q = \sqrt{3} U_d I_d \sin\varphi \quad (4-16)$$

#### 4.3. Công suất biểu kiến của mạch 3 pha đối xứng

$$S = 3U_p I_p \quad (4-17)$$

$$\text{hoặc} \quad S = \sqrt{3} U_d I_d \quad (4-18)$$

$$\text{hoặc} \quad S = 3Z_p I_p^2 \quad (4-19)$$

#### Kiến thức cần thiết để thực hiện công việc

- Nguyên lý máy phát điện 3 pha
- Đồ thị hình Sin – đồ thị vectơ
- Quan hệ giữa các đại lượng dây và pha trong mạch nối sao.
- Quan hệ giữa các đại lượng dây và pha trong mạch nối tam giác.
- Phương pháp tính mạch ba pha nối hình sao và tam giác đối xứng.
- Công suất mạch ba pha.

#### Các bước và kiến thức thực hiện công việc

*Nghiên cứu các câu hỏi sau:*

1. Nêu khái niệm về mạch điện ba pha? Nguyên tắc tạo ra các s.đ.đ ba pha?

2. Thế nào là nguồn điện ba pha đối xứng? Phụ tải ba pha đối xứng? Mạch điện ba pha đối xứng?
3. Trình bày quan hệ giữa các đại lượng dây và đại lượng pha của mạch ba pha đối xứng trong trường hợp mạch nối hình sao?
4. Trình bày quan hệ giữa các đại lượng dây và đại lượng pha của mạch ba pha đối xứng trong trường hợp mạch nối tam giác?
5. Trình bày về các công suất của mạch điện ba pha?

### **Yêu cầu về đánh giá kết quả học tập**

- Kiểm tra viết 45 phút.

### ***Bài tập***

1. Động cơ ba pha đấu sao, nối vào lưới điện có  $U_d = 380V$  tiêu thụ công suất  $P = 10kW$ ,  $\cos\varphi = 0,8$ . Xác định dòng điện của động cơ?

*ĐS:  $I_d = 19 (A)$ ;  $I_p = 11 (A)$*

2. Động cơ ba pha nối tam giác, đặt vào lưới điện ba pha có  $U_d = 220V$ , tiêu thụ công suất  $P = 5,28kW$ , Xác định dòng điện pha và dây? (Biết  $\cos\varphi = 0,8$ ).

*ĐS:  $I_d = 17,6 (A)$ ;  $I_p = 10,3 (A)$*

3. Phụ tải ba pha đối xứng, điện trở mỗi pha  $R = 16\Omega$ ,  $X = 12\Omega$  nối hình sao đặt vào điện áp ba pha đối xứng có  $U_d = 100V$ . Xác định dòng điện qua phụ tải, công suất tác dụng, công suất phản kháng, công suất biểu kiến của mạch tiêu thụ? Hệ số công suất  $\cos\varphi$  của phụ tải?

*ĐS:  $I_d = I_p = 2,94 (A)$ ;  $P = 414,89 (W)$ ;  $Q = 302,8 (Var)$ ;  $S = 493 (Va)$ ,  $\cos\varphi = 0,8$ .*

4. Mạch điện ba pha đối xứng phụ tải nối hình sao có tổng trở ba pha gồm  $R_p = 7\Omega$ ,  $X_p = 6\Omega$  nối với nguồn qua đường dây có điện trở dây  $R_d = 1\Omega$ . Xác định dòng điện qua phụ tải, công suất tác dụng, công suất phản kháng, công suất biểu kiến của mạch tiêu thụ. Biết điện áp dây của nguồn tiêu thụ là  $220V$ .

*ĐS:  $I_d = I_p = 12,9 (A)$ ;  $P = 3494,6 (W)$ ;  $Q = 2995,4 (Var)$ ;  $S = 2992 (Va)$ .*



## CHƯƠNG 5

### ĐO LƯỜNG ĐIỆN

**Mã chương: 14.5**

#### **Giới thiệu**

Đo lường là một quá trình khảo sát những biểu hiện của sự chuyển động vật chất, tiến hành bằng cách so sánh một đại lượng này với một đại lượng khác cùng loại lấy làm đơn vị.

Đo lường điện đầu tiên chỉ dùng để đo các đại lượng như: dòng điện, điện áp, công suất... Ngày nay, đo lường đã phát triển thành một ngành quan trọng trong khoa học kỹ thuật. Nó không những dùng để đo các đại lượng điện, mà còn đo các đại lượng như: nhiệt độ, quang thông, áp suất... sở dĩ như vậy vì cơ cấu đo điện đơn giản chắc chắn, rẻ tiền, có độ chính xác cao giúp ta giải quyết đơn giản những vấn đề quan trọng trong kỹ thuật như: vấn đề truyền các trị số đo lường đi xa (đo từ xa). Vấn đề tự động điều chỉnh các máy và thiết bị, kiểm tra chất lượng thành phẩm và nguyên vật liệu.

#### **Mục tiêu**

- + Trình bày được khái niệm về đo lường
- + Mô tả được cấu tạo, nguyên lý hoạt động các cơ cấu đo thông dụng.
- + Xác định được các phương pháp đo dòng điện, điện áp, điện trở, công suất, điện năng.
- + Rèn luyện tính kỷ luật, kiên trì, cẩn thận, nghiêm túc, chủ động và tích cực sáng tạo trong học tập.

#### **Nội dung chính**

Nội dung của bài	Thời gian (giờ)				Hình thức giảng dạy
	T.Số	LT	TH/BT	KT*	
1. Khái niệm	1	1	0		
1.1. Khái niệm về đo	0,25	0,25			

lường					
1.2. Các cơ cấu đo thông dụng	0,75	0,75			
1.2.1. Cơ cấu đo từ điện					
1.2.2. Cơ cấu đo điện từ					
1.2.3. Cơ cấu đo điện động					
1.2.5. Cơ cấu đo cảm ứng					
2. Đo dòng điện – điện áp	1	1	0		
2.1. Đo dòng điện	0,5	0,5			
2.1.1. Phương pháp mắc		0,25			LT
2.1.2. Mở rộng giới hạn thang đo		0,25			LT
2.2. Đo điện áp	0,5	0,5			
2.2.1. Phương pháp mắc		0,25			LT
2.2.2. Mở rộng giới hạn thang đo		0,25			LT
3. Đo điện trở	1	1	0		
3.1. Phương pháp Volt – Ampere		0,25			LT
3.2. Đo điện trở dùng đồng hồ đo		0,25			LT
3.3. Đồng hồ vạn năng		0,5			LT
4. Đo điện năng – đo công suất	1	1	0		
4.1. Đo điện năng	0,5	0,5			
4.1.1 Công tơ một pha		0,25			LT
4.1.2. Công tơ 3 pha		0,25			LT
4.2. Đo công suất	0,5	0,5			

4.2.1. Đo công suất trong mạch một chiều		0,25			LT
4.2.2. Đo công suất trong mạch xoay chiều		0,25			LT

## 1. Khái niệm

### Mục tiêu

- Trình bày được khái niệm về đo lường.
- Phân tích được cấu tạo của các cơ cấu đo thông dụng.
- Hứng thú với bài học.

#### 1.1. Khái niệm về đo lường

Đo lường là một quá trình đánh giá, định lượng đại lượng cần đo với đơn vị của đại lượng đo.

Để đo một đại lượng nào đó, ta cần có các phương tiện kỹ thuật là các mẫu đo và các dụng cụ đo.

Mẫu đo dùng để tạo ra đại lượng vật lý có trị số cho trước như các điện trở, điện cảm, điện dung mẫu hoặc pin mẫu...

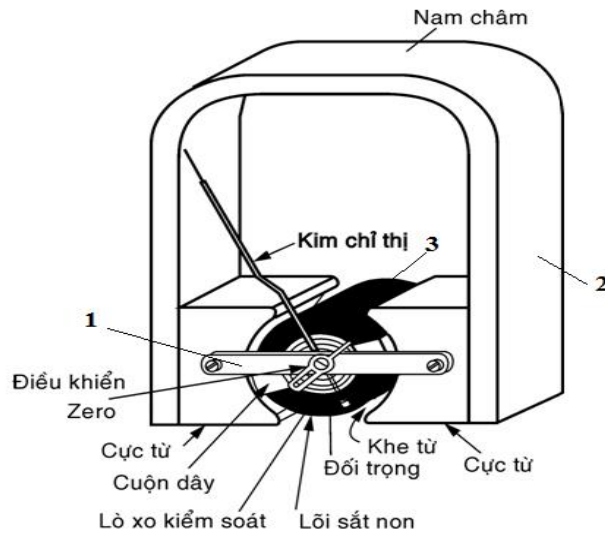
Dụng cụ đo dùng để ra công các tín hiệu trong quá trình đo thành các dạng có thể theo dõi hoặc điều chỉnh được.

#### 1.2. Các cơ cấu đo thông dụng

##### 1.2.1. Cơ cấu đo từ điện.

##### 1.2.1.1. Cấu tạo

Cơ cấu gồm cuộn dây phần động (1) có tiết diện nhỏ quấn quanh một khung nhôm 3 (có thể không có khung nhôm) chuyển động trong lòng nam châm vĩnh cửu N-S có từ cảm cao (2). Ngoài ra còn có lò xo phản, trục và kim chỉ thị (hình 5.1)



Hình 5.1

### 1.2.1.2. Nguyên lý làm việc

Cho dòng điện cần đo  $I$  qua lò xo phản vào cuộn dây phần động, vì dòng điện nằm trong từ trường của nam châm N-S nên sẽ chịu tác dụng của lực điện từ và sinh ra mô men quay là:

$$M_q = WbIID = K_d \cdot I \quad (5-1)$$

Trong đó:

$W$ : Số vòng dây phần động.

$B$ : Cường độ từ cảm.

$l$ : Chiều dài tác dụng của khung dây phần động.

$D$ : Chiều rộng của khung

Ta nhận thấy mô men quay tỷ lệ bậc nhất với dòng điện cần đo.

Ở vị trí cân bằng mô men quay bằng mô men cản:

$$K_d \cdot I = K \cdot \alpha \quad (5-2)$$

Góc quay của phần động:

$$\alpha = \frac{K_q}{K} \cdot I = S \cdot I$$

$$S = \frac{B IID}{K} \quad \text{Là độ nhạy của dụng cụ.}$$

### 1.2.1.3. Đặc điểm của dụng cụ đo



Vì góc quay  $\alpha$  tỷ lệ bậc nhất với dòng điện nên dụng cụ chỉ đo được dòng điện một chiều và thang đo chia đều. Để đo dòng điện xoay chiều cần có bộ phận chỉnh lưu dòng điện xoay chiều ra một chiều.

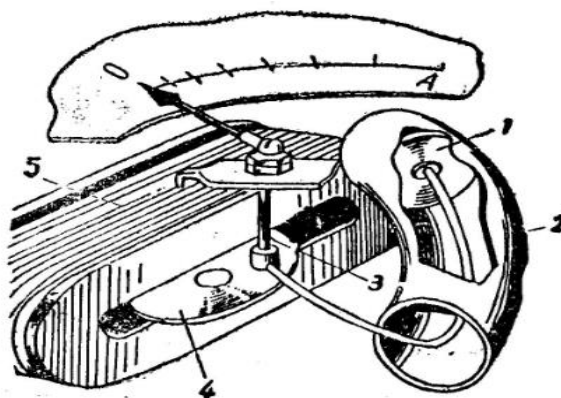
Dụng cụ có độ nhạy cao vì từ trường của nam châm vĩnh cửu mạnh.

Độ chính xác cao, ít chịu ảnh hưởng của từ trường ngoài, tiêu thụ năng lượng ít.

Khả năng quá tải ít vì cuộn dây phân động có tiết diện bé.

### 1.2.2. Cơ cấu đo điện từ

Cơ cấu đo điện từ ứng dụng lực hút của nam châm điện. Hình 5.2 vẽ cấu tạo của cơ cấu đo điện từ kiểu dây dẹt. Phần chính của cơ cấu đo là nam châm điện có cuộn dây tĩnh 5 và lá thép phân ứng 4. Lá thép gắn vào trục quay 3 có mang kim. Ngoài ra trên hình còn vẽ pitton 1 và xilanh 2 của bộ phận ôn định (dập tắt dao động của kim).



Hình 5.2. Cấu tạo cơ cấu đo điện từ kiểu cuộn dây dẹt

Khi có dòng điện  $I$  đi vào cuộn dây 5, cuộn dây sẽ hút lá thép 4 vào lòng cuộn dây, lực hút tỷ lệ với bình phương cường độ từ cảm  $B$ . Giả sử lá thép không bão hòa, thì  $B$  tỉ lệ với  $H$ , mà  $H$  lại tỷ lệ với  $I$ , nên kết quả là lực hút và mô men của lực hút tỷ lệ với bình phương dòng điện:

$$M = k_1 I^2 \quad (5-3)$$

Mô men sẽ làm kim quay một góc  $\alpha$ , làm lò xo biến dạng, sinh ra mô men đối kháng  $M_{đk} = D\alpha$ . Khi kim cân bằng, ta có:

$$D\alpha = k_1 I^2$$

Và:

$$\alpha = \frac{k_1}{D} I^2 = k_2 I^2$$

Góc quay tỷ lệ với bình phương dòng điện, nên từ góc quay  $\alpha$  ta đọc được trị số dòng điện trên mặt thang đo.

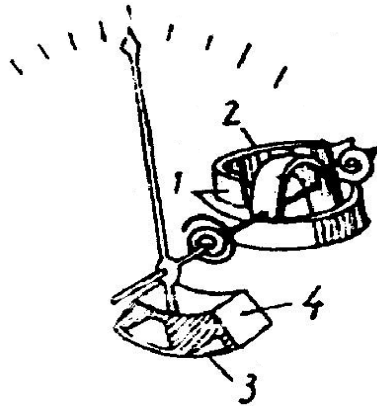
Cơ cấu điện từ được chế tạo thành ampe kế và vôn kế đo mạch điện xoay chiều.

### 1.2.3. Cơ cấu đo điện động

#### 1.2.3.1. Cấu tạo

Cơ cấu gồm 2 cuộn dây, cuộn dây phần tĩnh có tiết diện lớn, ít vòng dây và thường chia làm hai phân đoạn.

Cuộn dây phần động là một khung dây có số vòng nhiều và tiết diện nhỏ. Ngoài ra còn có kim chỉ thị, bộ phận cản dọi (hình 5.3).



Hình 5.3. Cơ cấu điện động

#### 1.2.3.2. Nguyên lý làm việc

hi cho dòng điện cần đo  $I_1$  và  $I_2$  vào cuộn dây phần tĩnh và phần động, năng lượng từ trường tích lũy trong lòng cuộn dây :

$$W_M = W_M = \frac{1}{2} L_1 I_1^2 + \frac{1}{2} L_2 I_2^2 + M I_1 I_2 \quad (5-4)$$

Trong đó  $L_1$ ,  $L_2$  là điện cảm của cuộn dây không phụ thuộc vào góc quay  $\alpha$ ,  $M$  là hồ cảm của hai cuộn dây,  $M$  thay đổi khi phần động quay.

Mômen quay :

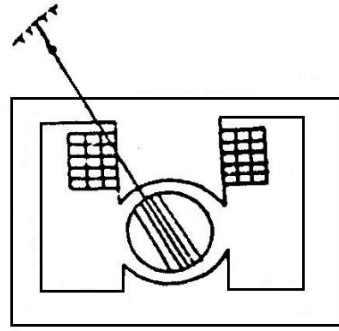
$$M_q = \frac{\partial W_M}{\partial \alpha} = I_1 I_2 \frac{\partial M}{\partial \alpha}$$

Ở vị trí cân bằng:  $M_q = M_c$  hay:

$$I_1 I_2 \frac{\partial M}{\partial \alpha} = K \alpha$$

Góc quay của phần động sẽ là:

$$\alpha = \frac{I_1 I_2}{K} \frac{\partial M}{\partial \alpha}$$



Hình 5.4. Cơ cấu sắt điện động

### 1.2.3.3. Đặc điểm

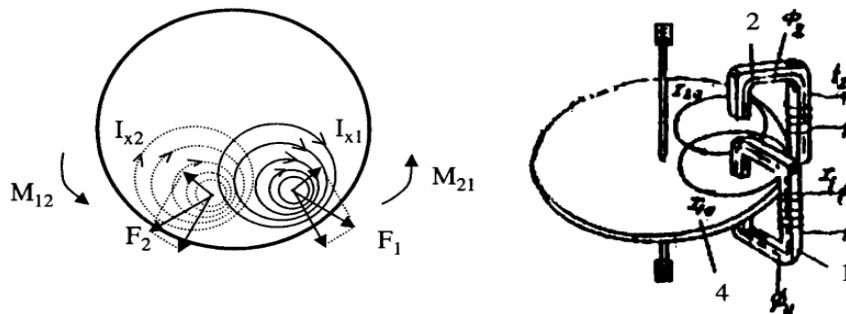
Mômen quay tỷ lệ với tích số của hai dòng điện. Thường dòng điện qua cuộn dây phần động tỷ lệ với điện áp cần đo, dòng điện qua cuộn dây phần tĩnh tỷ lệ với dòng điện tải tiêu thụ, dụng cụ có thể dùng để đo công suất.

- Độ nhạy của dụng cụ thấp vì hồ cảm giữa hai cuộn dây nhỏ.
- Chịu ảnh hưởng nhiều của từ trường ngoài.
- Độ chính xác cao vì không có tổn hao trong lõi thép.
- Khả năng quá tải kém vì cuộn dây phần động kích thước nhỏ.
- Cấu tạo phức tạp, đắt tiền.

Để tăng độ nhạy người ta chế tạo cơ cấu sắt điện động (hình 5.3) trong đó cuộn dây phần tĩnh có lõi sắt từ, làm tăng từ thông của cuộn dây do đó tăng mômen quay.

### 1.2.4. Cơ cấu cảm ứng

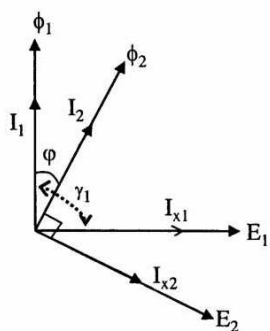
#### 1.2.4.1. Cấu tạo



Hình 5.5. Cơ cấu chỉ thị cảm ứng

1. Cuộn dây; 2. Cuộn dây; 3. Cơ cấu cảm ứng ; 4. Đĩa nhôm và trục quay

#### 1.2.4.2. Nguyên lý làm việc



Hình 5.6. Đồ thị véc tơ

Khi cho dòng điện  $i_1$  vào cuộn dây 1 thì cuộn dây 1 tạo ra từ thông  $\Phi_1$  xuyên qua đĩa nhôm, dòng điện  $i_2$  vào trong cuộn dây 2 tạo ra từ thông  $\Phi_2$  cũng xuyên qua đĩa nhôm.

Từ thông cảm ứng trên đĩa nhôm s.đ.đ  $e_1$  chậm pha hơn  $\Phi_1$  một góc  $\pi/2$ .

Từ thông  $\Phi_2$  cảm ứng trên đĩa nhôm s.đ.đ  $e_2$  chậm pha hơn  $\Phi_2$  một góc  $\pi/2$ .

Vì đĩa nhôm được coi như rất nhiều vòng dây đặt sát nhau, cho nên  $E_1, E_2$  sẽ tạo ra trên đĩa nhôm các dòng điện xoáy  $i_{x1}$  và  $i_{x2}$  chậm pha hơn so với  $e_1$  và  $e_2$  các góc  $\alpha_1$  và  $\alpha_2$  vì ngoài điện trở thuần còn có thành phần cảm ứng, tuy nhiên do các thành phần cảm ứng đó rất nhỏ nên ta giả thiết các góc  $\alpha_1$  và  $\alpha_2 \approx 0$ .

Do có sự tương hỗ giữa từ thông  $\Phi_1, \Phi_2$  với các dòng điện  $i_{x1}$  và  $i_{x2}$  mà sinh ra các lực  $F_1$  và  $F_2$  và các mômen tương ứng làm quay đĩa nhôm. Ta xét các mômen thành phần như sau:

$M_{11}$  là mômen sinh ra do  $\Phi_1$  tác động lên  $i_{x1}$

$M_{12}$  là mômen sinh ra do  $\Phi_1$  tác động lên  $i_{x2}$

$M_{21}$  là mômen sinh ra do  $\Phi_2$  tác động lên  $i_{x1}$

$M_{22}$  là mômen sinh ra do  $\Phi_2$  tác động lên  $i_{x2}$

Giá trị tức thời của mômen quay  $M_{1t}$  do sự tác động tương hỗ giữa  $\Phi_1$  và dòng tức thời  $i_{x1}$  là:

$$M_{1t} = C\Phi_1 i_{x1}$$

với  $C$  là hệ số tỷ lệ.

Giả sử:

$$\Phi_1 = \Phi_{1m} \sin \omega t$$

$$i_{x1} = i_{x1m} \sin(\omega t - \gamma)$$

Với  $\gamma$  là góc lệch pha giữa  $\Phi_1$  và  $i_{x1}$ , ta có:

$$M_{lt} = C\Phi_{1m}I_{x1m}\sin\omega t\sin(\omega t - \gamma).$$

Vì phân động có quán tính cho nên ta có mômen là đại lượng trung bình trong một chu kỳ T:

$$\begin{aligned} M &= \frac{1}{T} \int_0^T M_{lt} dt = \frac{1}{T} \int_0^T C\Phi_{1m}I_{x1m} \sin\omega t \sin(\omega t - \gamma) dt \\ &= C_{\Phi_1} I_{x1} \cos\gamma \end{aligned} \quad (5-5)$$

Ta xét lần lượt các mô men trên

$$M_{11} = C_{11}\Phi_1 I_{x1} \cos(\Phi_1, I_{x1}) = C_{11}\Phi_1 I_{x1} \cos(\pi/2) = 0$$

$$M_{12} = C_{12}\Phi_1 I_{x2} \cos(\Phi_1, I_{x2}) = C_{12}\Phi_1 I_{x2} \cos(\pi/2 + \varphi) = -C_{12}\Phi_1 I_{x2} \sin\varphi$$

$$M_{22} = C_{22}\Phi_2 I_{x2} \cos(\Phi_2, I_{x2}) = C_{22}\Phi_2 I_{x2} \cos(\pi/2) = 0$$

Như vậy mômen quay sẽ là tổng các mômen thành phần:

$$M_q = M_{12} + M_{21}$$

$M_{12}$  và  $M_{21}$  có dấu ngược nhau do vậy mômen tổng sẽ kéo đĩa nhôm về một phía duy nhất:

$$M_q = -M_{12} + M_{21} = C_{12}\Phi_1 I_{x2} \sin\varphi + C_{21}\Phi_2 I_{x1} \sin\varphi$$

Nếu dòng điện tạo ra  $\Phi_1$  và  $\Phi_2$  là hình sin và đĩa nhôm là đồng nhất (chỉ có điện trở thuần) thì các dòng điện xoáy  $I_{x1}$  và  $I_{x2}$  sẽ tỷ lệ với tần số và từ thông sinh ra nó, tức là:

$$I_{x1} = C_3 f \Phi_1 I_{x2} = C_4 f \Phi_2$$

Do vậy:

$$\begin{aligned} M_q &= C_{12}\Phi_1 C_4 f \Phi_2 \sin\varphi + C_{21}\Phi_2 C_3 f \Phi_1 \sin\varphi \\ &= (C_{12}C_4 + C_{21}C_3) f \Phi_1 \Phi_2 \sin\varphi \\ &= C f \Phi_1 \Phi_2 \sin\varphi \end{aligned} \quad (5-6)$$

Với  $C = C_{12}C_4 + C_{21}C_3$  là hằng số của cơ cấu chỉ thị cảm ứng.

#### 1.2.4.3. Đặc điểm và ứng dụng

Điều kiện để có mômen quay là phải có hai từ trường, mômen quay cực đại khi  $\sin\varphi = 1$ , có nghĩa là góc lệch pha giữa hai từ thông  $\Phi_1$  và  $\Phi_2$  là  $\pi/2$ .

Cơ cấu phụ thuộc tần số, độ chính xác thấp vì khi làm việc dòng điện xoáy trong đĩa nhôm gây tổn hao công suất.

Cơ cấu được ứng dụng chủ yếu để chế tạo công tơ đo năng lượng tác dụng và phản kháng trong lưới điện xoay chiều.

## 2. Đo dòng điện – điện áp

### Mục tiêu

- Nêu được cách mắc ampe kế và vôn kế.
- Trình được phương pháp mở rộng giới hạn thang đo dòng điện và điện áp.
- Hứng thú với bài học.

### 2.1. Đo dòng điện

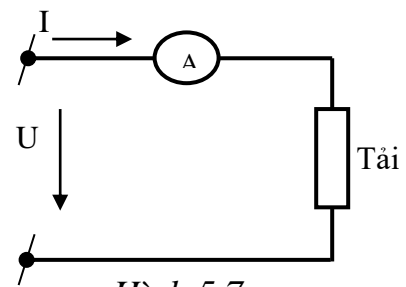
#### 2.1.1. Phương pháp mắc



Dụng cụ đo dòng là ampe kế, ký hiệu:

Cách mắc: Mắc nối tiếp với tải cần đo (hình 5.6)

Khi mắc vào mạch, điện trở tương đương của mạch tăng một lượng bằng điện trở ampe kế  $R_a$  và gây ra sai số. Để đảm bảo chính xác, điện trở ampe kế phải nhỏ, hơn nữa khi đo ampe kế tiêu thụ một công suất:  $P_a = I^2 R_a$



Hình 5.7

Do vậy để giảm tổn hao, nội trở ampe kế phải nhỏ. Giới hạn đo càng lớn nội trở ampe kế càng phải nhỏ. Các cấu đo điện từ, từ điện, điện động đều có thể dùng làm ampe kế.

#### 2.1.2. Mở rộng giới hạn thang đo

Mở rộng thang đo: Khi dòng điện cần đo vượt quá giới hạn của cơ cấu đo, người ta phải mở rộng cỡ đo cho ampe kế bằng cách mắc điện trở song song cơ cấu gọi là “sun” (hình 5.8)

Ta có biểu thức:

$$\frac{I}{I_{CC}} = \frac{R_c + R_s}{R_s} = n$$

n: bội số của sun, nó cho biết khi mắc sun thì cỡ đo của ampe kế được mở rộng bao nhiêu lần so với khi chưa mắc sun, tức  $I = n.I_{CC}$

Suy ra điện trở sun là:

$$R_s = \frac{R_{CC}}{n-1}$$

Ngoài ra với dòng điện xoay chiều, người ta dùng máy biến dòng để mở rộng thang đo.

## 2.2. Đo điện áp

### 2.2.1. Phương pháp mắc



Dụng cụ đo dòng là vôn kế, ký hiệu:

Cách mắc: Mắc song song với tải (hình 5.10).

Theo hình vẽ ta có:

$$I_r = \frac{U}{R_v}$$

Gây ra sai số đo, để đảm bảo chính xác  $I_v$ , phải nhỏ so với dòng tải tức là  $R_v$  phải

lớn. Mặt khác,  $P_v = U^2/R_v$  phải lớn và cỡ đo

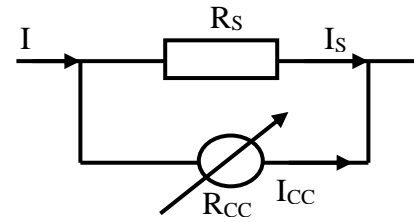
của vôn kế càng lớn, điện trở trong của nó càng phải lớn. Người ta có thể sử dụng cơ cấu đo từ điện, điện từ, điện động để chế tạo vôn kế.

### 2.2.2. Mở rộng giới hạn thang đo

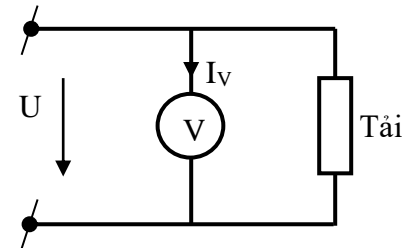
Mở rộng thang đo: Để mở rộng thang đo người ta dùng điện trở phụ mắc nối tiếp với cơ cấu cần đo (hình 5.11).

Ta có:

$$\frac{U}{U_{CC}} = \frac{R_p + R_{CC}}{R_{CC}} = 1 + \frac{R_p}{R_{CC}} = m$$

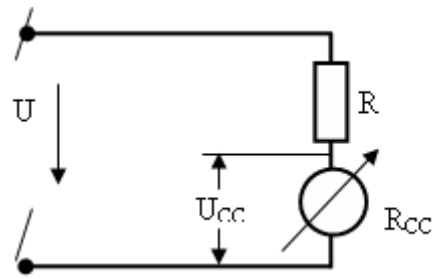


Hình 5.9



Hình 5.10

$m$ : là hệ số mở rộng của vôn kế, nó cho biết cỡ đo của vôn kế được mở rộng bao nhiêu lần so với khi chưa mắc điện trở phụ:  $R_P = (m-1)R_{CC}$



Hình 5.11

Khi cần đo điện áp xoay chiều rất lớn, người ta dùng máy biến điện áp.

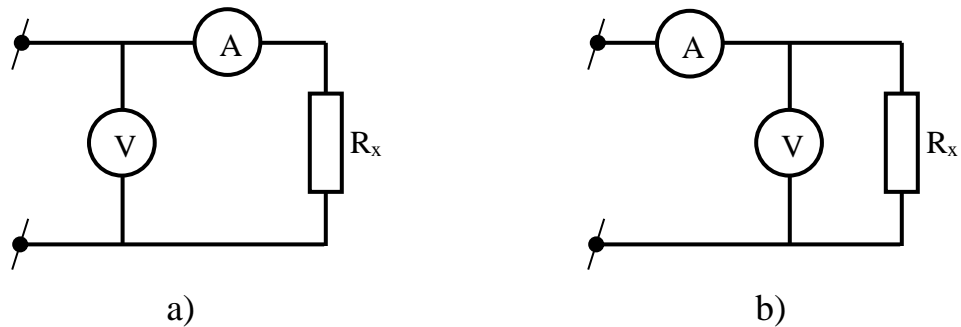
### 3. Đo điện trở

#### Mục tiêu

- Nêu được các phương pháp đo điện trở.
- Đo được điện trở dùng đồng hồ VOM.
- Hứng thú với bài học.

#### 3.1. Phương pháp Volt – Ampere

Với phương pháp này ta có hai cách mắc như hình 5.12a,b.



Hình 5.12

Ở hình 5.12a, ta có  $\frac{U}{R} = R_x + R_a$ ,  $R_a$  càng lớn thì càng ảnh hưởng đến độ chính xác, vì vậy sơ đồ dùng đo các điện trở lớn và trung bình.

Ở hình 5.12b, ta có  $\frac{U}{R} = R_x \cdot \frac{R_v}{R_x + R_v} = R_x \cdot \frac{1}{1 + \frac{R_x}{R_v}}$  dùng để đo các điện trở nhỏ.

#### 3.2. Đo điện trở dùng đồng hồ đo



Dụng cụ đo điện trở đọc số thẳng là Ôm kế ( $\Omega$  kế) hay Mêgom kế ( $M\Omega$  kế). Ôm kế chia làm hai loại: Ôm kế có số chỉ phụ thuộc điện áp nguồn và Ôm kế có số chỉ không phụ thuộc điện áp nguồn.

### 3.2.1. Ôm kế có số chỉ phụ thuộc điện áp nguồn

Hình 5.13 là sơ đồ Ôm kế có chỉ số phụ thuộc điện áp  $U$ .

$R_P$  được chọn sao cho khi  $R_x = 0$  (ấn nút  $N$ ) thì kim đo quay hết mặt chia độ ( $\alpha$  lớn nhất). Lúc hở mạch  $R_x = \infty$  thì kim chỉ thị ở vị trí  $O$  ( $\alpha = 0$ ). Do vậy mặt chia độ theo chiều ngược lại.

Theo hình ta có:

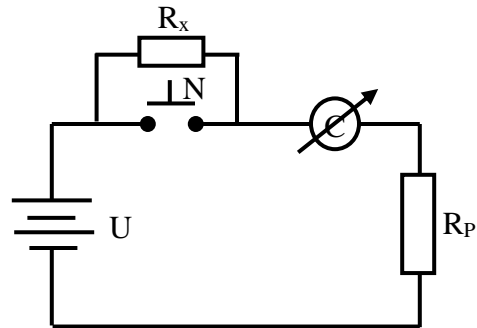
$$I = \frac{U}{R_x + R_P + R_{CC}}$$

Và góc quay:

$$\alpha = S_1 I = S_1 \cdot U \cdot \frac{1}{R_x + R_P + R_{CC}}$$

Nếu  $S_1 U = \text{const}$  và  $R_P + R_{CC}$  bằng hằng số thì  $\alpha$  phụ thuộc  $R_x$ .

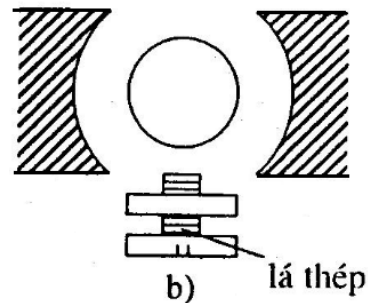
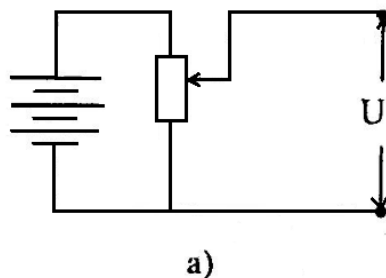
$$\alpha = f(R_x)$$



Hình 5.13

Trong quá trình sử dụng,  $U$  giảm dần ảnh hưởng đến số chỉ của  $\Omega$  kế. Để khắc phục, người ta có hai cách:

Cách 1: đấu nguồn  $U$  theo sơ đồ phân áp (hình 5.14a)



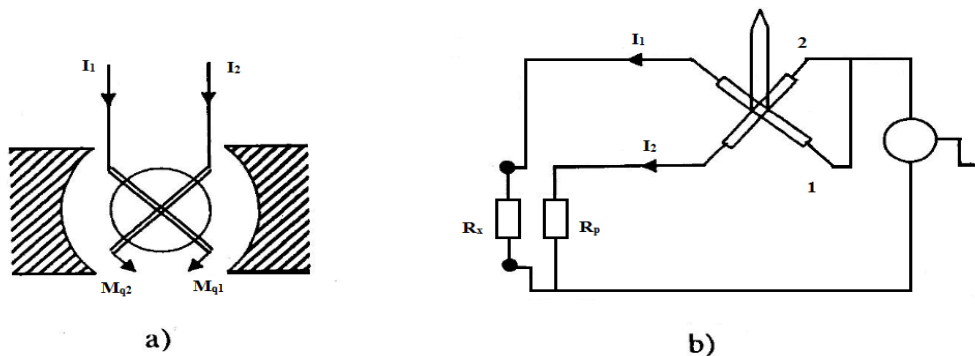
Hình 5.14

Cách 2: Dùng lá thép phân mạch từ (hình 5.14b)

Khi điều chỉnh lá thép L ra xa má cực N – S, từ thông phân mạch qua L giảm, làm tăng được độ nhạy  $S_1$  bù lại phần U giảm đảm bảo tích  $S_1U = \text{const}$ . Núm điều chỉnh biến trở hoặc lá thép L được đưa lên mặt đồng hồ.

### 3.2.2. Ôm kế có số chỉ không phụ thuộc điện áp nguồn

Dựa trên cơ sở cơ cấu đo kiểu tỷ số kế từ điện người ta tạo ra Ôm kế hay Megom kế loại này. Nó khác với cơ cấu từ điện ở chỗ trục phần động có 2 khung dây đặt chéo nhau và không có lò xo phản, khe hở giữa má cực và trục quay được chế tạo không đều nhằm tạo ra từ trường không đều trong khe hở (hình 5.15a).



Hình 5.15

Dòng  $I_1$  và  $I_2$  chạy qua sao cho chúng sinh ra hai mô men quay ngược chiều nhau (hình 5.15a).

$$M_{q1} = K_{q1} \cdot B_1(\alpha) \cdot I_1$$

$$M_{q2} = K_{q2} \cdot B_2(\alpha) \cdot I_2$$

Ở vị trí cân bằng,  $M_{q1} = M_{q2}$  tức  $K_{q1} \cdot B_1(\alpha) \cdot I_1 = K_{q2} \cdot B_2(\alpha) \cdot I_2$

$$\text{Suy ra: } \frac{I_1}{I_2} = \frac{K_{q2} \cdot B_2(\alpha)}{K_{q1} \cdot B_1(\alpha)}$$

$$\text{Do đó: } \alpha = f\left(\frac{I_1}{I_2}\right)$$

Hình 5.15b là sơ đồ Ôm kế có số chỉ không phụ thuộc điện áp nguồn kiểu nối tiếp. Điện trở cần đo  $R_x$  được nối tiếp với cuộn 1 còn cuộn 2 nối tiếp với điện trở phụ  $R_p$ . Nguồn điện là máy phát điện một chiều (manheto) khi quay manheto với tốc độ đều sẽ cung cấp dòng  $I_1$  và  $I_2$  đi vào hai cuộn dây

Ta có :

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{R_2}{R_1} = \frac{R_x}{R_p}$$

$$\text{Do đó góc quay của kim đo: } \alpha = f\left(\frac{I_1}{I_2}\right) = f\left(\frac{R_x}{R_p}\right)$$

Với  $R_p = \text{const}$ , ta sẽ xác định được  $R_x$  qua góc quay  $\alpha$ . Do tỷ số kể không có lò xo nên khi không đo, kim của Ôm kế không ở vị trí xác định. Người ta cũng tạo ra Mêgomet điện từ trên cơ cấu này.

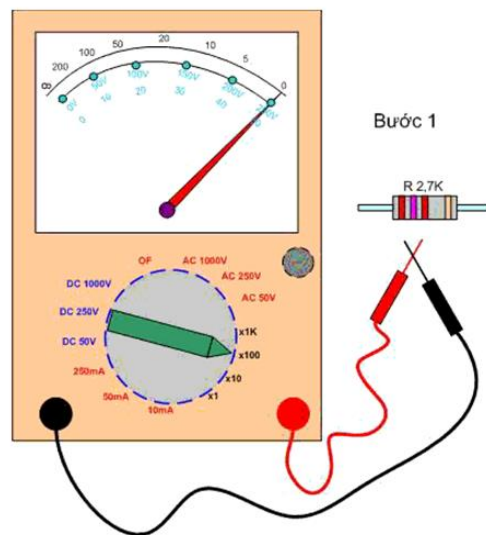
### 3.3. Đồng hồ vạn năng

Đồng hồ vạn năng ( VOM ) là thiết bị đo thông dụng, đồng hồ vạn năng có 4 chức năng chính là đo điện trở, đo điện áp DC, đo điện áp AC và đo dòng điện.

Ưu điểm của đồng hồ là đo nhanh, kiểm tra được nhiều loại linh kiện, thấy được sự phóng nạp của tụ điện , tuy nhiên đồng hồ này có hạn chế về độ chính xác và có trở kháng thấp khoảng 20K/Vol do vậy khi đo vào các mạch cho dòng thấp chúng bị sụt áp.

\* Để sử dụng được các thang đo này đồng hồ phải được lắp 2 Pịn tiêu 1,5V bên trong, để xử dụng các thang đo 1K $\Omega$  hoặc 10K $\Omega$  ta phải lắp Pin 9V.

*Đo điện trở*



Hình 5.24

## *Đo kiểm tra điện trở bằng đồng hồ vạn năng*

### **Để đo trị số điện trở ta thực hiện theo các bước sau :**

- Bước 1: Để thang đồng hồ về các thang đo trở, nếu điện trở nhỏ thì để thang x1 ohm hoặc x10 ohm, nếu điện trở lớn thì để thang x1KΩ hoặc 10KΩ. => sau đó chập hai que đo và chỉnh triết áp để kim đồng hồ báo vị trí 0 Ω.

- Bước 2: Chuẩn bị đo .

- Bước 3: Đặt que đo vào hai đầu điện trở, đọc trị số trên thang đo,

*Giá trị đo được bằng chỉ số thang đo X thang đo*

Ví dụ : nếu để thang x 100 Ω và chỉ số báo là 27 thì giá trị là = 100 x 27 = 2700Ω = 2,7 KΩ

- Bước 4: Nếu ta để thang đo quá cao thì kim chỉ lên một chút, như vậy đọc trị số sẽ không chính xác.

- Bước 5: Nếu ta để thang đo quá thấp, kim lên quá nhiều, và đọc trị số cũng không chính xác.

- *Khi đo điện trở ta chọn thang đo sao cho kim báo gần vị trí giữa vạch chỉ số sẽ cho độ chính xác cao nhất.*

## **4. Đo điện năng – đo công suất**

### **Mục tiêu**

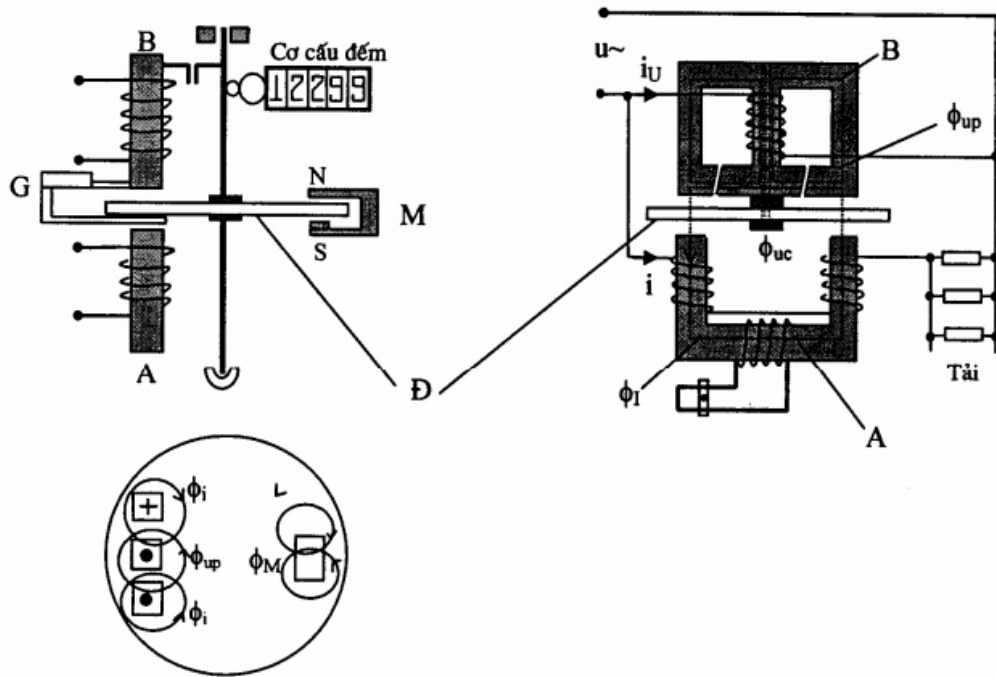
- Trình bày được cấu tạo và nguyên lý làm việc của *công tơ một pha*.
- So sánh sự giống và khác nhau giữa công tơ 1 pha và công tơ 3 pha.
- Hứng thú với bài học.

### **4.1. Đo điện năng**

#### **4.1.1. Công tơ một pha**

##### **a. Cấu tạo**

Cấu tạo của công tơ một pha như Hình5.28 gồm hai nam châm điện A và B.



Hình 5.25. Cấu tạo công tơ một pha

Nam châm điện A gọi là cuộn dòng, thường được quấn bằng dây có kích thước lớn, ít vòng và cho dòng phụ tải trực tiếp chạy qua hoặc nối với thứ cấp của máy biến dòng điện.

Nam châm điện B được gọi là cuộn áp, thường được quấn bằng dây có kích thước nhỏ, rất nhiều vòng, đặt trực tiếp lên điện áp lưới hoặc nối với thứ cấp của biến điện áp đo lường.

Đĩa nhôm Đ được kẹp cứng trên trục quay, ngoài ra còn nam châm vĩnh cửu M, thanh dẫn từ G và hệ thống cơ cấu đếm.

*b. Nguyên lý làm việc*

Xét khi cuộn dòng có dòng điện xoay chiều  $i$  chạy qua sẽ xuất hiện từ thông  $\Phi_i$  xuyên qua đĩa nhôm hai lần, khi đặt điện áp xoay chiều  $u$  lên cuộn áp sẽ tạo ra dòng điện  $i_u$  chậm pha hơn so với điện áp một góc  $90^\circ$ . Dòng  $i_u$  sinh ra từ thông  $\Phi_u$ . Từ thông  $\Phi_u$  gồm hai thành phần:

- +  $\Phi_{up}$  chỉ khép mạch qua mạch từ cuộn áp gọi là từ thông phụ;
- +  $\Phi_{uc}$  xuyên qua đĩa nhôm gọi là từ thông làm việc.

$\Phi_i$  và  $\Phi_{uc}$  sẽ cảm ứng trên đĩa nhôm những dòng điện xoáy. Theo nguyên lý của cơ cấu chỉ thị cảm ứng, đĩa nhôm sẽ chịu tác dụng của mômen quay được xác định:

$$M_q = Kf\phi_i\phi_{uc}\sin\psi \quad (5-7)$$

Với  $\psi$  là góc lệch pha giữa hai từ thông  $\Phi_i$  và  $\Phi_{uc}$

Ta coi mạch từ chưa bão hoà, nên từ thông  $\Phi_i$  tỷ lệ với I:

$$\Phi_i = c_1.I$$

với  $c_1 = \text{const.}$

Ta coi tần số là không đổi nên  $\Phi_{uc}$  tỷ lệ với U:

$$\Phi_{uc} = c_2.U$$

với  $c_2 = \text{const.}$

Vậy mômen quay được tính:

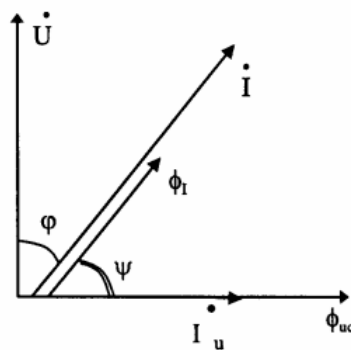
$$M_q = Kfc_1c_2UI\sin\psi = K_1UI\sin\psi \quad (5-8)$$

$$\text{Với } K_1 = Kfc = 1c_2$$

Ta xét hai trường hợp:

*Trường hợp lý tưởng*

Coi các từ thông trùng pha với dòng điện kích thích tương ứng, ta có đồ thị véc tơ như Hình 5.29.



Hình 5.29. Đồ thị véc tơ trường hợp lý tưởng

Từ đồ thị véc tơ ta thấy:

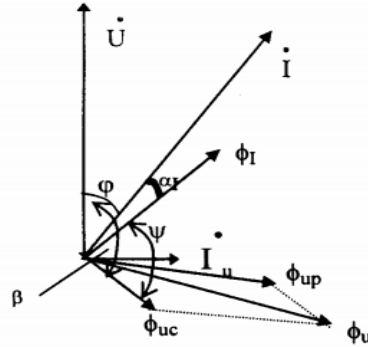
$$\varphi + \psi = \frac{\pi}{2} \quad \text{nên} \quad \sin\psi = \cos\varphi$$

Với  $\varphi$  là góc lệch pha giữa dòng điện và điện áp trên tải. Vậy:

$$M_q = K_1 U I \sin \psi = K_1 U I \cos \varphi = K_1 P \quad (5-9)$$

*Trường hợp thực tế*

Các từ thông này đều chậm pha hơn so với dòng điện kích thích tương ứng một góc nào đó (tuy khá nhỏ). Ta có đồ thị véc tơ như Hình 5.30.



Hình 5.30. Đồ thị véc tơ trong trường hợp thực tế

Ta xét góc:

$$\beta = \varphi + \psi + \alpha_I$$

Với  $\alpha_I$  là góc lệch pha giữa dòng điện và  $\Phi_I$  và  $I$ . Vậy:

$$\beta - \alpha_I = \varphi + \psi$$

Ta mong muốn:

$$\varphi + \psi = \frac{\pi}{2}$$

Vậy:

$$\beta - \alpha_I = \frac{\pi}{2} \quad (\text{xét khi hiệu chỉnh công tơ})$$

Do vậy ta phải điều chỉnh góc  $\alpha_I$  sao cho thoả mãn điều kiện trên.

Khi có mômen quay đĩa nhôm sẽ gia tốc tới tốc độ rất lớn nếu không có gì cản lại, vì vậy người ta đặt nam châm vĩnh cửu M để tạo ra mômen hãm.

Khi đĩa nhôm quay cắt ngang từ trường của nam châm vĩnh cửu, trên đĩa nhôm xuất hiện những dòng điện xoáy, những dòng điện này lại tác dụng với chính từ trường của nam châm vĩnh cửu tạo ra mômen hãm.

$$M_h = K_2 \varphi_M I_C = K_2 \varphi_M \frac{E_C}{R_d} = K_3 \frac{d\alpha}{dt} \quad (5-10)$$

Đĩa nhôm quay ở tốc độ ổn định khi cân bằng hai mômen, do đó ta có:

$$K_1 P = K_3 \frac{d\alpha}{dt} \Rightarrow K_1 P dt = K_3 d\alpha \quad (5-11)$$

Tích phân hai vế ta có:

$$\int_{t_1}^{t_2} K_1 P dt = \int_{\alpha_1}^{\alpha_2} K_3 d\alpha$$

Vế trái của phương trình tỷ lệ với năng lượng mà phụ tải tiêu thụ qua công tơ trong khoảng thời gian từ  $t_1$  đến  $t_2$  còn vế phải tỷ lệ với lượng góc quay của đĩa nhôm cũng trong khoảng thời gian đó. Ta có:

$$K_1 W' = K_3 2\pi N \quad (5-12)$$

(N: số vòng quay của đĩa nhôm)

Vậy

$$W' = C_{dm} N \quad (5-13)$$

Với  $C_{dm}$  là hệ số định mức của công tơ.

Kết luận: Như vậy ta đã chứng minh được rằng số vòng quay của đĩa nhôm tỷ lệ bậc nhất với năng lượng điện mà phụ tải tiêu thụ qua công tơ.

### c. Cơ cấu đếm và các thông số cơ bản của công tơ

Cơ cấu đếm: Gồm hệ thống bánh vít, trục vít, các con lăn và các bánh răng chỉ thị số.

Thông số cơ bản của công tơ:

+ Hệ số truyền tải của công tơ

$$A = \frac{N}{W} \quad (5-14)$$

là lượng điện năng truyền tải qua công tơ khi đĩa nhôm quay hết một vòng.

+ Hệ số định mức của công tơ



$$C_{dm} = \frac{W}{N} \quad (5-15)$$

là số vòng quay của đĩa nhôm khi truyền tải qua công tơ 1 kWh điện.

*d. Sai số và cách khắc phục*

Do tồn tại của ma sát, do ảnh hưởng của từ thông phụ, do sai lệch hằng số của công tơ (mômen cản lớn hoặc nhỏ) do đó công tơ sai số ít nhiều.

Trước khi sử dụng bắt buộc phải hiệu chỉnh lại tức là tìm cách khắc phục sai số.

*e. Bù ma sát*

Khi ở phụ tải nhỏ, mômen ma sát sẽ đáng kể so với mômen quay. Vì vậy người ta phải chế tạo bộ phận bù ma sát trên cơ sở nguyên lý chung là phân chia từ thông cuộn áp thành các từ thông phụ bằng các vít chia từ thông hoặc vòng ngắn mạch không đối xứng (chưa thể hiện trên hình vẽ).

Khi điều chỉnh vị trí vòng ngắn mạch không đối xứng hoặc vít chia từ thông ta sẽ bù được ma sát (tuy nhiên nếu điều chỉnh quá sang trái hoặc sang phải thì công tơ sẽ tự quay thuận hoặc quay ngược khi không có tải).

*f. Chống hiện tượng tự quay của công tơ*

Khắc phục hiện tượng tự quay khi mômen bù lớn hơn mômen ma sát người ta đã chế tạo bộ phận chống tự quay bằng cách trên mạch từ của cuộn áp và trên trục quay người ta gắn hai lá thép non  $T_1$  và  $T_2$ . Khi đĩa nhôm quay tới thời điểm hai lá thép đối diện nhau thì chúng sẽ tác động tương hỗ và tạo ra mômen hãm (tuy nhiên chỉ với mômen khá nhỏ).

Điều chỉnh góc lệch pha  $\alpha_1$  giữa  $\Phi_1$  và  $I$

Ta có:

$$\beta - \alpha_I = \varphi + \psi$$

Mong muốn rằng

$$\varphi + \psi = \frac{\pi}{2}$$

Vậy phải điều chỉnh

$$\beta - \alpha_I = \frac{\pi}{2}$$

Coi  $\beta$  như không đổi đối với mỗi loại công tơ sau khi đã chế tạo. Vì vậy ta phải điều chỉnh góc  $\alpha_I$  bằng cách trên mạch từ của cuộn dòng người ta quấn vài vòng dây nối qua một điện trở  $R$  có thể điều chỉnh được. Khi điều chỉnh giá trị  $R$  sẽ làm thay đổi tổn hao từ trong mạch từ cuộn dòng, tức là  $\alpha_I$  thay đổi.

g. Kiểm tra hằng số của công tơ

Ta điều chỉnh sao cho  $\cos\varphi = 1$ , cho dòng điện  $I = I_n$ ,  $U = U_n$  lúc đó ta có  $P = U_n I_n$ ; đo thời gian quay của công tơ bằng đồng hồ bấm giây, đếm số vòng quay  $N$  của công tơ quay trong khoảng thời gian  $t$ .

Ta tính được hằng số của công tơ như sau:

$$C_P = \frac{N}{U_n I_n t} = \frac{N}{P_n t} \quad (5-16)$$

Ta so sánh  $C_p$  với giá trị định mức ghi trên công tơ, nếu khác nhau ta phải điều chỉnh vị trí của nam châm vĩnh cửu để tăng hay giảm mômen cản cho đến khi  $C_p$  bằng giá trị định mức của công tơ. Thực tế hiện nay, việc hiệu chỉnh công tơ thường dựa vào công tơ mẫu.

#### **4.1.2. Công tơ 3 pha**

Do năng lượng trong mạch ba pha ta có thể sử dụng phương pháp 1 công tơ, 2 công tơ hay 3 tơ một pha.

Sử dụng phương pháp 1 công tơ khi phụ tải hoàn toàn đối xứng, lượng tổng bằng 3 lần năng lượng của một pha.

Sử dụng phương pháp 2 công tơ khi phụ tải bất kì và mạch chỉ có 3 dây. Năng lượng tổng bằng tổng năng lượng của hai công tơ.

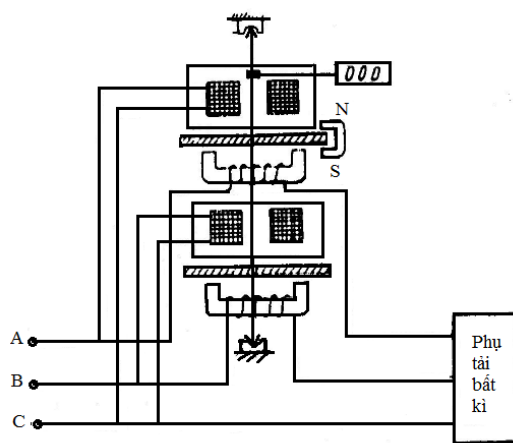
Sử dụng phương pháp 3 công tơ khi mạch có 4 dây. Năng lượng tổng bằng tổng năng lượng của ba công tơ.

Tuy nhiên trong thực tế người ta hay sử dụng công tơ ba pha. Công ba pha có hai loại là loại hai phần tử và loại ba phần tử.

Hình 5-31 là sơ đồ cấu tạo của một công tơ hai phần tử.

Phần động gồm hai đĩa nhôm được gắn vào cùng một trục có thể quay được.

Mỗi đĩa nhôm đều nằm trong từ trường của cuộn áp và cuộn dòng của pha tương ứng (phần tĩnh). Cuộn áp được mắc song song với phụ tải (có một pha chung), cuộn dòng của các pha được mắc nối tiếp với phụ tải.



Hình 5-31

Nam châm vĩnh cửu được đặt vào một trong hai đĩa nhôm. Như vậy, mômen quay tạo ra sẽ bằng tổng của hai mômen quay do hai phần tử sinh ra và năng lượng đo được chính là năng lượng tổng của mạch ba pha.

## 4.2. Đo công suất

### 4.2.1. Đo công suất trong mạch một chiều

Đo công suất người ta thường dùng wattmet điện động, wattmet điện động được chế tạo dựa trên cơ cấu chỉ thị điện động, góc quay của cơ cấu chỉ thị điện động được tính như sau:

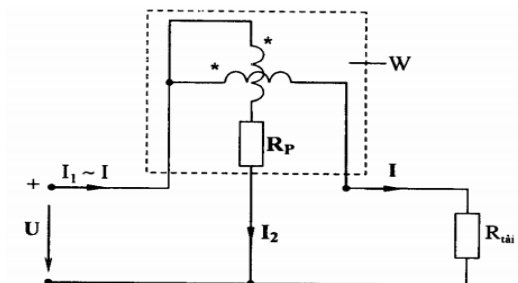
$$\alpha = KI_1I_2\cos\psi \quad (5-17)$$

Với  $\psi$  là góc lệch pha giữa các dòng  $I_1$  và  $I_2$

Sơ đồ mắc wattmet điện động như Hình 5.32.

Wattmet điện động có hai cuộn dây, cuộn dây tĩnh còn gọi là cuộn dòng được quấn bằng dây có kích thước lớn, ít vòng, cho dòng phụ tải trực tiếp chạy qua hoặc nối với thứ cấp của biến dòng điện, nó đóng vai trò như một ampemet. Cuộn

dây động hay còn gọi là cuộn áp thường được nối tiếp với RP, được đặt trực tiếp lên điện áp của phụ tải hoặc nối với thứ cấp của biến điện áp đo lường, nó đóng vai trò như một volmet.



Hình 5-32. Sơ đồ mắc W điện động

Xét với mạch một chiều ta có:

$$\cos\psi \approx 1, I_1 \approx I$$

$$I_2 = \frac{U}{R_p + R_u}$$

Với  $R_u$  là điện trở một chiều của cuộn dây động.

Thay giá trị  $I_2$  vào (5-17) ta có:

$$\alpha = K \frac{U}{R_p + R_u} I = K_1 P$$

với  $P$  là công suất tác dụng mà phụ tải tiêu thụ qua  $W$  và  $K_1 = \frac{K}{R_p + R_u}$

Kết luận: Góc quay  $\alpha$  tỉ lệ bậc nhất với công suất tiêu thụ trên tải, vậy có thể dùng wattmet điện động để đo công suất trong mạch một chiều.

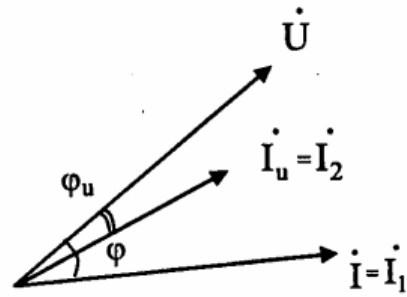
#### 4.2.2. Đo công suất trong mạch xoay chiều

Giả sử mạch xoay chiều có điện áp  $u = U_m \sin \omega t$  và dòng phụ tải  $i = I_m \sin(\omega t - \varphi) = i_1$   
Ở đây  $\varphi$  là góc tải.

Vì cơ cấu không có mạch từ nên dòng  $i_2$  chỉ chậm pha hơn so với điện áp  $u$  một góc khá nhỏ nào đó. Ta có đồ thị véc tơ như Hình 5.33.

Vậy: 
$$i_2 = i_u = I_{um} \sin(\omega t - \varphi_u)$$

$$I_u = \frac{U}{Z_u}$$



Hình 5. 33. Đồ thị véc tơ của dòng điện của wattmet

Với  $Z_u = z_u e^{j\varphi_u}$  là tổng trở phức cuộn dây động và  $R_p$

$$z_u = \frac{r_u}{\cos\varphi_u}, \quad (r_u = R_u + R_p).$$

Từ công thức 5.17 ta có:

$$\alpha = KI \frac{U}{Z_u} \cos(\varphi - \varphi_u) \quad (5-18)$$

Với  $\varphi_u$  là góc lệch pha giữa điện áp và dòng điện trong cuộn dây động.

Cuối cùng ta tính được:

$$\alpha = K \frac{UI \cos\varphi_u}{r_u} \cos(\varphi - \varphi_u) = K_1 S \cos\varphi_u \cos(\varphi - \varphi_u) \quad (5-19)$$

Ta xét hai trường hợp:

Coi góc  $\varphi_u$  rất nhỏ:  $\varphi_u \approx 0$  ( $X_u \ll R_u$ )

Khi đó góc quay  $\alpha = K_1 S \cos\varphi = K_1 P$

Thực tế góc  $\varphi_u$  tuy khá nhỏ nhưng khác 0 vì vậy dẫn đến những sai số trong quá trình đo lường:

$$\gamma_P \% = \frac{P_w - P}{P} 100\% = \frac{K_1 S \cos\varphi_u \cos(\varphi - \varphi_u) - K_1 S \cos\varphi}{K_1 S \cos\varphi}$$

$$\gamma_P \% = \left[ \frac{\cos\varphi_u \cos(\varphi - \varphi_u)}{\cos\varphi} - 1 \right] \times 100\%$$

Sau khi biến đổi biểu thức và thay:  $\sin\varphi_u \approx \varphi_u$ ,  $\sin^2\varphi_u \approx 0$ , ta được kết quả:

$$\gamma_P \% = \varphi_u \operatorname{tg}\varphi \cdot 100\%$$

*Kết luận:* Sai số khi dùng wattmet điện động phụ thuộc vào cấu trúc của wattmet ( $\varphi_u$ ) và tính chất của phụ tải ( $tg\varphi$ ).

### **Kiến thức cần thiết để thực hiện công việc**

- Các cơ cấu đo thông dụng
- Đo dòng điện – điện áp, các phương pháp mở rộng thang đo.
- Đo điện trở
- Đo điện năng – đo công suất

### **Các bước và cách thức thực hiện công việc**

*Trả lời các câu hỏi sau:*

1. Thế nào là đo lường điện? Để đo lường ta cần phương tiện nào?
2. Cấu tạo, nguyên lý hoạt động, đặc điểm của các cơ cấu đo kiểu từ điện?
3. Cấu tạo, nguyên lý hoạt động, đặc điểm của các cơ cấu đo kiểu điện từ?
4. Cấu tạo, nguyên lý hoạt động, đặc điểm của các cơ cấu đo kiểu điện động?
5. Trình bày cách đo dòng, áp, điện trở, công suất và điện năng?

### **Yêu cầu về đánh giá kết quả học tập**

- Kiểm tra thảo luận nhóm.

## CHƯƠNG 6

### MÁY BIẾN ÁP

#### Mã chương: 14.6

#### **Giới thiệu**

Để biến đổi điện áp của dòng điện xoay chiều từ điện áp cao xuống điện áp thấp, hoặc ngược lại ta dùng máy biến áp. Máy biến áp dùng để tăng điện áp gọi là máy tăng áp, máy biến áp dùng để giảm điện áp gọi là máy giảm áp. Như vậy có thể định nghĩa máy biến áp là một thiết bị điện từ tĩnh dùng để biến đổi điện áp xoay chiều từ trị số điện áp này sang điện áp xoay chiều ở trị số điện áp khác có cùng tần số.

Ngày nay do việc sử dụng điện năng phát triển rộng rãi nên có nhiều loại máy biến áp khác nhau nhưng đều cùng dựa trên một nguyên lý

#### **Mục tiêu**

- + Mô tả được các công dụng của máy biến áp một pha và ba pha, máy biến áp đặc biệt.
- + Trình bày chính xác các đại lượng định mức của máy biến áp, mối quan hệ giữa các đại lượng sơ cấp và thứ cấp.
- + Vẽ chính xác các phương pháp đấu dây máy biến áp ba pha.
- + Rèn luyện tính kỷ luật, kiên trì, cẩn thận, nghiêm túc, chủ động và tích cực sáng tạo trong học tập.

#### **Nội dung chính**

Nội dung của bài	Thời gian (giờ)				Hình thức giảng dạy
	T.Số	LT	TH/BT	KT*	
1. Khái niệm chung	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>0</b>		
1.1. Công dụng		0,25			
1.2. Định nghĩa		0,25			LT
1.3. Các đại lượng định mức	0,5	0,5			

1.3.1. Điện áp định mức		0,2			LT
1.3.2. Dòng điện định mức		0,2			LT
1.3.3. Công suất định mức		0,1			LT
2. Cấu tạo - Nguyên lý làm việc máy biến áp	1	1	0		
2.1. Cấu tạo	0,5	0,5			
2.1.1. Lõi thép máy biến áp		0,2			LT
2.1.2. Dây quấn		0,2			LT
2.1.3. Các phần phụ khác		0,1			LT
2.2. Nguyên lý làm việc máy biến áp	0,5	0,5			LT
3. Máy biến áp ba pha	1	1	0		
3.1. Công dụng		0,125			LT
3.2. Cấu tạo		0,125			LT
3.3. Các kiểu nối dây		0,75			LT
4. Các máy biến áp đặc biệt	1	1	0		
4.1. Máy biến áp tự ngẫu		0,25			LT
4.2. Máy biến áp hàn		0,5			T
4.3. Máy biến áp lường	0,25	0,25			
4.3.1. Máy biến điện áp		0,125			LT
4.3.2. Máy biến dòng điện		0,125			LT

## 1. Khái niệm chung

### Mục tiêu

- Nêu được công dụng của máy biến áp.
- Trình bày được định nghĩa và các đại lượng định mức của máy biến áp.
- Tích cực với bài học.

### 1.1. Công dụng

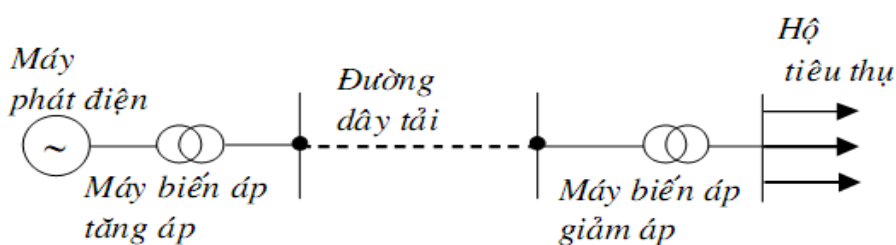


Máy biến áp có vai trò rất quan trọng trong hệ thống điện, dùng để truyền tải và phân phối điện năng.

Để nâng cao khả năng truyền tải và giảm tổn hao trên đường dây, người ta nâng cao điện áp truyền tải trên dây, vì vậy ở đầu đường dây truyền tải cần đặt MBA tăng áp.

Điện áp tải thường nhỏ, vì vậy ở cuối đường dây phải đặt MBA hạ áp.

Ngoài ra MBA còn được sử dụng trong các lò nung, hàn điện, làm nguồn cho các thiết bị điện, điện tử, đo lường.

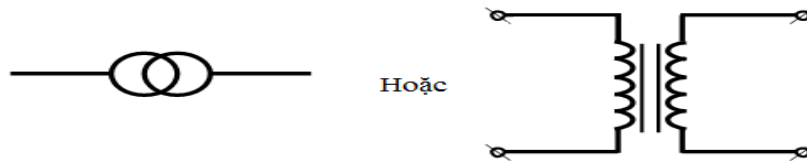


Hình 6.1. Sơ đồ mạng truyền tải điện đơn giản

## 1.2. Định nghĩa

Máy biến áp là một thiết bị điện từ tĩnh, làm việc theo nguyên lý cảm ứng điện từ, dùng để biến đổi điện áp của hệ thống dòng điện xoay chiều từ điện áp cao xuống điện áp thấp hoặc ngược lại từ điện áp thấp lên điện áp cao nhưng vẫn giữ nguyên tần số.

- Đầu vào của MBA nối với nguồn điện gọi là sơ cấp, các đại lượng và thông số của sơ cấp trong ký hiệu có ghi chỉ số “1”.
- Đầu ra của MBA nối với tải gọi là thứ cấp, các đại lượng và thông số của thứ cấp trong ký hiệu có ghi chỉ số “2”.
- Nếu điện áp thứ cấp lớn hơn điện áp sơ cấp thì MBA là máy tăng áp, và ngược lại gọi là máy giảm áp.
- Ký hiệu



Hình 6.2

### 1.3. Các đại lượng định mức.

Các đại lượng định mức của máy biến áp do nhà chế tạo qui định để cho máy có khả năng làm việc lâu dài và hiệu quả nhất. Ba đại lượng định mức cơ bản là:

#### 1.3.1. Điện áp định mức: $U_{1đm}$ , $U_{2đm}$

Điện áp sơ cấp định mức ( $U_{1đm}$ ) : là điện áp đã qui định cho dây quấn sơ cấp, đối với máy biến áp ba pha là điện áp dây.

Điện áp thứ cấp định mức ( $U_{2đm}$ ) : là điện áp giữa các đầu ra của dây quấn thứ cấp, là điện áp dây (đối với máy biến áp ba pha), khi dây quấn thứ cấp hở mạch (không nối với tải) và điện áp đặt vào dây quấn sơ cấp là định mức.

Điện áp định mức quyết định việc bố trí cuộn dây cách điện giữa các lớp, các vòng dây và lựa chọn vật liệu cách điện để đảm bảo an toàn. Đơn vị của điện áp định mức là V hoặc kV.

#### 1.3.2. Dòng định mức: $I_{1đm}$ , $I_{2đm}$ .

Dòng điện định mức là dòng điện đã qui định cho mỗi dây quấn của máy biến áp, ứng với công suất định mức và điện áp định mức.

Khi điện áp đặt vào cuộn dây sơ cấp là định mức và nối cuộn dây thứ cấp với tải có công suất bằng công suất định mức của máy biến áp thì dòng điện đo được trên cuộn dây sơ cấp là dòng điện sơ cấp định mức ( $I_{1đm}$ ) và dòng điện đo được trên cuộn dây thứ cấp là dòng điện thứ cấp định mức ( $I_{2đm}$ ).

Đối với máy biến áp một pha, dòng điện định mức là dòng điện pha. Đối với máy biến áp ba pha, dòng điện định mức là dòng điện dây.

Khi thiết kế máy biến áp người ta căn cứ vào dòng điện định mức để chọn tiết diện dây quấn sơ cấp và thứ cấp, xác định các tổn hao năng lượng trong điện trở

dây quấn để đảm bảo nhiệt độ tăng trong quá trình sử dụng không vượt quá giới hạn an toàn.

### 1.3.3. Công suất định mức:

Công suất định mức của máy biến áp là công suất biểu kiến thứ cấp ở chế độ làm việc định mức. Công suất định mức ký hiệu là  $S_{đm}$ , đơn vị là VA hoặc kVA

Đối với máy biến áp một pha, công suất định mức là:

$$S_{đm} = U_{2đm} \cdot I_{2đm} = U_{1đm} \cdot I_{1đm} \quad (6-1)$$

Đối với biến áp 3 pha.

$$S_{đm} = \sqrt{3} U_{2đm} \cdot I_{2đm} = \sqrt{3} U_{1đm} \cdot I_{1đm} \quad (6-2)$$

Ngoài ra trên nhãn máy còn ghi tần số, số pha, sơ đồ nối dây, điện áp ngắn mạch, chế độ làm việc... của máy biến áp đó.

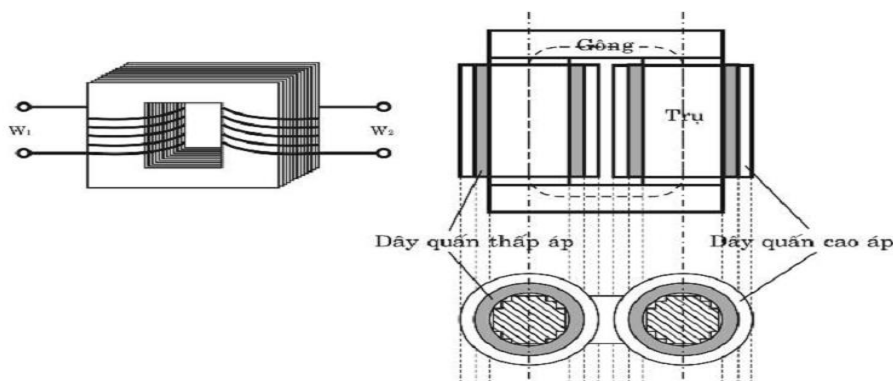
Trong quá trình sử dụng, nếu ta đặt máy biến áp hoạt động ở mức dưới các đại lượng định mức thì sẽ gây lãng phí khả năng làm việc của máy biến áp, còn nếu ta đặt trên các đại lượng định mức thì gây nguy hiểm, dễ gây hỏng máy biến áp.

## 2. Cấu tạo – Nguyên lý làm việc máy biến áp

### Mục tiêu

- Trình bày được cấu tạo và nguyên lý làm việc của máy biến áp.
- Nhận biết được cấu tạo của máy biến áp trong thực tế.
- Hứng thú với bài học.

### 2.1. Cấu tạo



Hình 6.3. Sơ đồ cấu tạo máy biến áp

### 2.2.1. Lõi thép

Lõi thép của máy biến áp được chế tạo bằng những vật liệu có độ dẫn từ cao vì nó được dùng để dẫn từ thông chính trong máy. Thường dùng vật liệu là thép kỹ thuật điện (còn gọi là tôn silic). Để giảm tổn hao do dòng điện xoáy trong lõi, người ta không làm thành khối liền mà dùng các lá thép có chiều dày từ 0,3mm ÷ 0,5mm, có phủ cách điện ghép lại với nhau.

Các dạng lá thép kỹ thuật điện thường sử dụng có hình chữ U, E, I như hình vẽ:



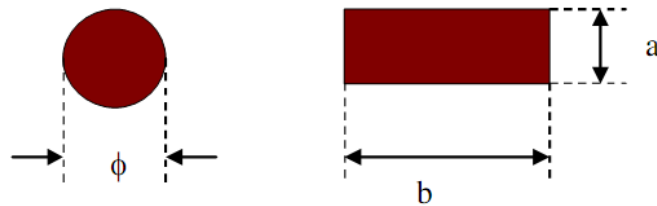
Hình 6.4. Hình dạng lá thép kỹ thuật điện

Lõi thép được chia làm hai phần :

- Trụ từ : Là nơi để đặt dây quấn.
- Gông từ : Là phần khép kín mạch từ giữa các trụ. Trụ từ và gông từ tạo thành mạch từ khép kín.

### 2.2.2. Dây quấn

Được chế tạo bằng đồng hoặc nhôm, tiết diện tròn hoặc chữ nhật, bên ngoài có bọc cách điện.



Hình 6.5. Mặt cắt ngang dây quấn máy biến áp

Dây quấn gồm nhiều vòng dây và được lồng vào trụ lõi thép. Giữa các vòng dây, giữa các dây quấn có cách điện với nhau và dây quấn có cách điện với lõi thép. Máy biến áp thường có hai hoặc nhiều dây quấn. Khi các dây quấn đặt trên

cùng một trục thì thông thường dây quấn điện áp thấp được đặt sát trụ thép, các dây quấn khác đặt lồng ra bên ngoài, làm như vậy để giảm được vật liệu cách điện.

### 2.2.3. Các phần phụ khác

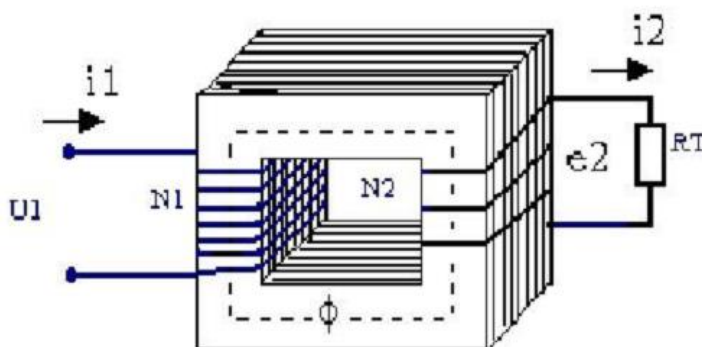
Để làm mát và tăng cường cách điện cho máy biến áp, người ta thường đặt lõi thép và dây quấn trong một thùng chứa dầu máy biến áp. Máy biến áp công suất lớn, vỏ thùng dầu có cánh tản nhiệt, ngoài ra còn có các đầu sứ để nối các đầu dây quấn ra ngoài, bộ phận chuyên mạch để điều chỉnh điện áp, rơle hơi để bảo vệ máy.

## 2.2. Nguyên lý làm việc máy biến áp

Nguyên lý làm việc của máy biến áp dựa trên cơ sở của hiện tượng cảm ứng điện từ. Nếu đặt vào cuộn dây sơ cấp của máy biến áp một dòng điện xoay chiều với điện áp  $U_1$ , dòng điện xoay chiều qua cuộn dây sẽ tạo ra trong mạch từ một từ thông  $\phi$ . Do mạch từ khép kín nên từ thông này móc vòng qua các cuộn dây của máy biến áp và sinh ra trong đó sức điện động.

Với cuộn sơ cấp là: 
$$e_1 = -N_1 \frac{d\phi}{dt} \quad (6-3)$$

Với cuộn thứ cấp là: 
$$e_2 = -N_2 \frac{d\phi}{dt} \quad (6-4)$$



Hình 6.6. Sơ đồ nguyên lý làm việc của máy biến áp

Giả sử từ thông của máy biến áp biến đổi hình sin đối với thời gian :

$$\phi = \phi_{\max} \sin \omega t \quad (\text{Wb}) \quad (6-5)$$

Sau khi lấy đạo hàm và thay vào phương trình 6-3 ta được :

$$e_1 = -\omega N_1 \phi_{\max} \cos \omega t$$

Vì  $\cos \omega t = -\sin(\omega t - 90^\circ)$

Nên : 
$$e_1 = \omega N_1 \phi_{\max} \sin(\omega t - 90^\circ) \quad (6-6)$$

Biểu thức này chỉ rõ sức điện động  $e_1$  chậm pha so với từ thông  $\phi$  một góc  $90^\circ$ .

Trị số cực đại của sức điện động  $E_{1\max}$ :

$$E_{1\max} = \omega N_1 \phi_{\max} \quad (6-7)$$

Chia  $E_{1\max}$  cho  $\sqrt{2}$  và thay  $\omega = 2\pi f$ , ta được biểu thức của sức điện động hiệu dụng sơ cấp:

$$E_1 = \frac{E_{1\max}}{\sqrt{2}} = \frac{2\pi\pi}{\sqrt{2}} N_1 \phi_{\max} = 4,44f N_1 \phi_{\max} \quad (6-8)$$

Thực hiện thay thế, tính toán tương tự đối với phương trình 6-4 ta được biểu thức sức điện động hiệu dụng của cuộn thứ cấp như sau:

$$E_2 = 4,44f N_2 \phi_{\max} \quad (6-9)$$

Khi máy biến áp không nối với tải, dòng điện trong cuộn thứ cấp  $I_2 = 0$ , sức điện động sơ cấp thực tế gần bằng điện áp sơ cấp  $E_1 \approx U_1$  và sức điện động thứ cấp gần bằng điện áp thứ cấp  $E_2 = U_2$  ( $U_2$  là điện áp thứ cấp không tải).

Tỷ số các sức điện động trong cuộn dây của máy biến áp một pha, tức là tỷ số điện áp của nó khi không có tải, được rút ra từ biểu thức 6-8 và 6-9, bằng tỷ số vòng dây của các cuộn dây.

Tỷ số này kí hiệu bằng chữ  $k$  và gọi là tỷ số biến áp:

$$k = \frac{E_1}{E_2} = \frac{U_1}{U_2} = \frac{N_1}{N_2}$$

Nếu  $N_1 > N_2$  suy ra  $k > 1$ ,  $U_1 > U_2$ , máy biến áp hạ áp.

Nếu  $N_1 < N_2$  suy ra  $k < 1$ ,  $U_1 < U_2$ , máy biến áp tăng áp.

Khi nối cuộn dây thứ cấp với tải, nếu bỏ qua tổn hao trong máy biến áp, có thể coi gần đúng quan hệ giữa các đại lượng sơ cấp và thứ cấp như sau:

$$U_1 I_1 = U_2 I_2$$

$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{I_2}{I_1} = k$$

Hoặc:

### 3. Máy biến áp ba pha

#### Mục tiêu

- Nêu được công dụng của máy biến áp ba pha.
- Trình bày được cấu tạo của máy biến áp ba pha.
- Tích cực với bài học.

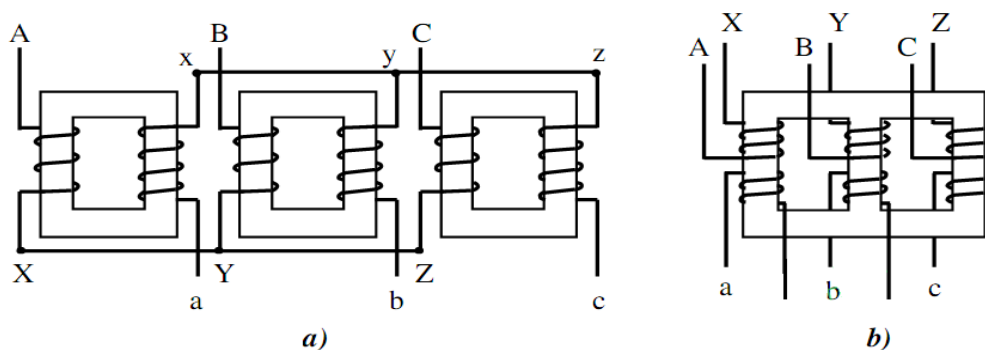
#### 3.1. Công dụng

Để biến đổi điện áp của hệ thống dòng điện ba pha, người ta có thể sử dụng ba máy biến áp một pha, hoặc dùng máy biến áp ba pha.

#### 3.2. Cấu tạo

Nếu dùng ba máy biến áp một pha ghép lại để tạo thành một máy biến áp ba pha thì máy biến áp này được gọi là loại máy có mạch từ độc lập hình 6-7a.

Máy biến áp ba pha có mạch từ khép kín gọi là máy biến áp ba pha có mạch từ liên quan. Loại này có ba trụ và dây quấn ba pha quấn trên ba trụ như hình 6-7b.



Hình 6-7. Sơ đồ cấu tạo máy biến áp ba pha

Dây quấn của máy biến áp ba pha được ký hiệu như sau:

	Dây quấn	Ký hiệu đầu dây	Ký hiệu cuối dây
Cao áp	Pha A	A	X
	Pha B	B	Y
	Pha C	C	Z
Trung áp	Pha A	$A_m$	$X_m$
	Pha B	$B_m$	$Y_m$
	Pha C	$C_m$	$Z_m$

Hạ áp	{	Pha a	a	x
		Pha b	b	y
		Pha c	c	z
Dây trung tính: Phía cao áp: O; Hạ áp: o; Trung áp: Om				

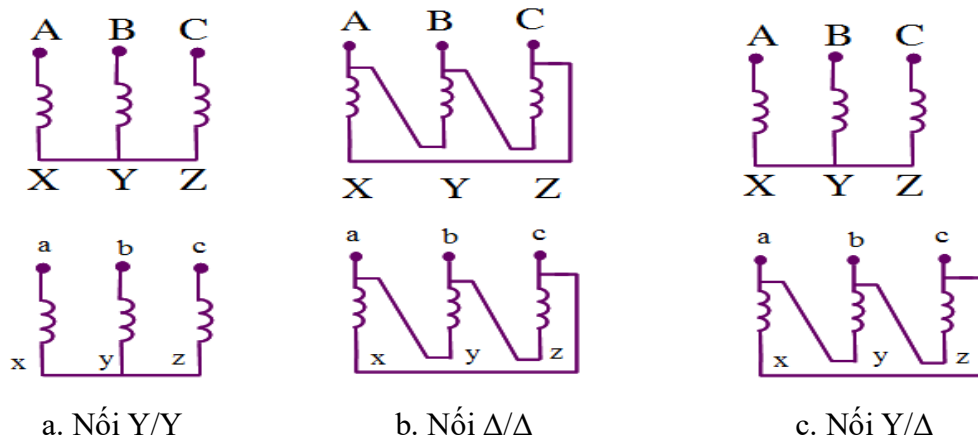
Với máy biến áp ba pha, các lượng định mức ghi trên máy có khác so với biến áp một pha. Cụ thể:

- Điện áp định mức:  $U_{1đm}$ ,  $U_{2đm}$  là điện áp dây định mức.
- Dòng điện định mức:  $I_{1đm}$ ,  $I_{2đm}$  là dòng điện dây định mức.
- $S_{đm}$  là công suất toàn phần của cả ba pha.
- $U_{n\%}$  là điện áp dây ngắn mạch tính theo phần trăm.
- $P_0$ ,  $P_n$  là công suất tổn hao không tải và ngắn mạch cho cả ba pha.

Nhưng điện trở, điện kháng, tổng trở chỉ ký hiệu cho một pha.

### 3.2. Các kiểu nối dây của máy biến áp 3 pha

Dây quấn sơ cấp và thứ cấp có thể nối hình sao (Y) hoặc hình tam giác ( $\Delta$ ) (hình 6.8).



Hình 6.8

Nếu dây quấn sơ cấp nối sao và dây quấn thứ cấp nối sao ta ký hiệu Y/Y.

Nếu dây quấn sơ cấp nối tam giác và dây quấn thứ cấp nối tam giác ta ký hiệu  $\Delta/\Delta$ .



Nếu dây quấn sơ cấp nối sao và dây quấn thứ cấp nối tam giác ta ký hiệu Y/ $\Delta$ .

Do có nhiều cách nối khác nhau, nên xuất hiện hệ số biến áp pha và đây là:

- Hệ số biến áp pha kí hiệu là  $k_p$ :

$$k_p = \frac{U_{p1}}{U_{p2}} = \frac{W_1}{W_2} \quad (6-10)$$

Hệ số biến áp dây kí hiệu là  $k_d$ :

$$k_d = \frac{U_{d1}}{U_{d2}} \quad (6-11)$$

Ví dụ: hình 6.8a ta có :

$$k_p = \frac{U_{p1}}{U_{p2}} = \frac{W_1}{W_2}$$
$$k_d = \frac{U_{d1}}{U_{d2}} = \frac{\sqrt{3}U_{p1}}{\sqrt{3}U_{p2}} = \frac{W_1}{W_2} = k_p$$

Ở hình 6.8c ta có:

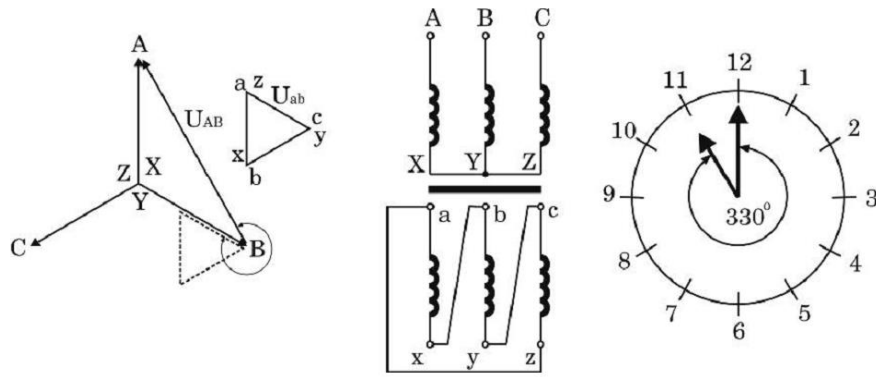
$$k_p = \frac{U_{p1}}{U_{p2}} = \frac{W_1}{W_2}$$
$$k_d = \frac{U_{d1}}{U_{d2}} = \frac{\sqrt{3}U_{p1}}{U_{p2}} = \sqrt{3} \frac{U_{p1}}{U_{p2}} = \sqrt{3}k_p$$

Như trên, ta mới chú ý đến tỉ số giữa các điện tỉ số giữa các điện áp dây mà chưa chú ý đến góc đến góc lệch pha giữa điện áp dây sơ cấp và thứ cấp, đó là điều rất quan trọng khi đưa các máy biến áp vào làm việc song song. Do vậy người ta đưa ra khái niệm tổ nối dây.

+ Tổ nối dây cho biết góc lệch pha giữa điện áp dây sơ cấp và điện áp dây thứ cấp.

*Ví dụ:* Một máy biến áp ba pha có tổ nối dây Y/Y – 12 tức là góc lệch pha giữa điện áp dây sơ cấp và thứ cấp là  $12 \times 30^\circ = 360^\circ$ .

Nếu tổ nối dây Y/ $\Delta$  – 11 thì góc lệch pha giữa điện áp dây sơ cấp và thứ cấp là  $11 \times 30^\circ = 330^\circ$ .



Hình 6.9

+ Cách xác định tổ nối dây:

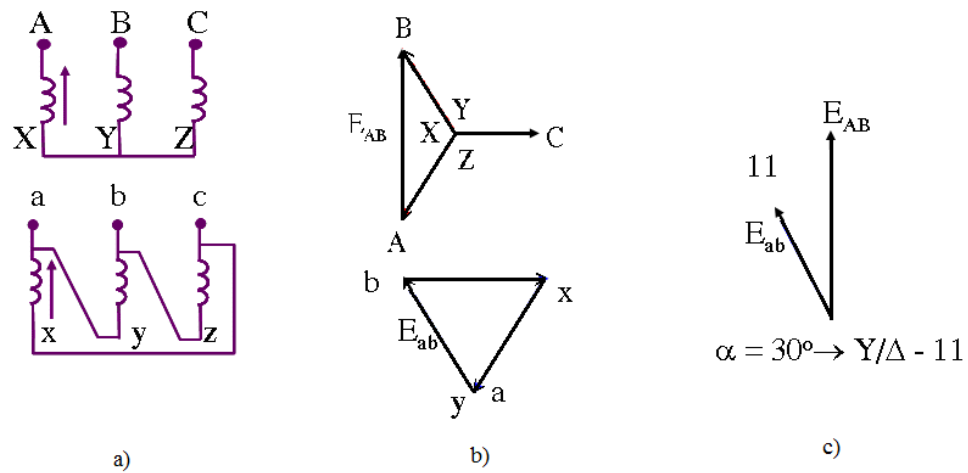
Muốn xác định tổ nối dây của một sơ đồ nối dây cho trước ta làm như sau:

- Vẽ đồ thị véctơ điện áp dây của dây quấn sơ cấp và đồ thị véctơ điện áp dây của dây quấn thứ cấp.
- Dịch chuyển một véctơ điện áp dây của dây quấn sơ cấp về vị trí kim phút đồng hồ ở số 12.
- Dịch chuyển véctơ điện áp dây tương ứng của thứ cấp về vị trí kim giờ đồng hồ (dịch chuyển với góc tương ứng ở sơ cấp).
- Lấy góc  $\alpha$  tính từ kim phút đồng hồ đến kim giờ đồng hồ theo chiều kim đồng hồ chia cho  $30^0$ .

$$X = \frac{\alpha}{30^0}$$

Kết quả X được ghi bên cạnh ký hiệu sơ đồ nối dây của biến áp, ví dụ Y/Y- 12; Y/ $\Delta$  - 11; Y/Y<sub>0</sub> - 12 v.v... và được gọi là tổ nối dây tương ứng.

Ví dụ: Xác định tổ nối dây của máy biến áp ba pha có sơ đồ nối dây như hình 6.8a được biểu diễn như hình 6.10b,c.

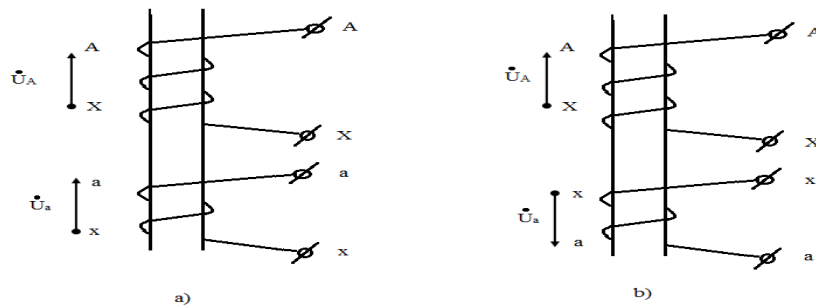


Hình 6.10

Tổ nối dây là: Y/Δ – 11.

Chú ý:

Khi xác định tổ nối dây cần chú ý chiều dây quấn và ký hiệu đầu dây của các pha. Chúng có thể trùng pha nhau hình (6.11a) hoặc ngược pha nhau (hình 6.11b).



Hình 6.11

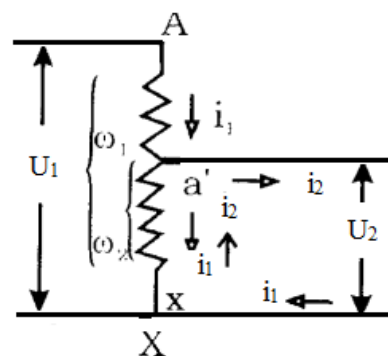
#### 4. Các máy biến áp đặc biệt

##### Mục tiêu

- Trình bày được cấu tạo và nguyên lý làm việc của các máy biến áp đặc biệt.
- Nêu được ứng dụng của các các máy biến áp này.
- Hứng thú với bài học.

##### 4.1. Máy biến áp tự ngẫu

Biến áp tự ngẫu còn được gọi là máy tự biến áp. Máy biến áp tự ngẫu một pha thường có công suất nhỏ, được dùng trong các phòng thí nghiệm và trong các thiết bị để làm nguồn có khả năng điều chỉnh được điện áp đầu ra theo yêu cầu. Máy biến áp ba pha thường được dùng khi mở máy các động cơ điện xoay chiều ba pha.



Hình 6.12

Khác với máy biến áp thông thường, cấu tạo của máy tự biến áp có một phần chung giữa hai cuộn sơ cấp và thứ cấp, nhờ vậy giữa hai cuộn dây quấn không chỉ có liên hệ về từ mà cả liên hệ về điện.

Trên hình (6-12) là sơ đồ điện của một máy biến áp tự ngẫu, trong đó cuộn dây sơ cấp AX có  $W_1$  vòng dây nối với điện áp  $U_1$ . Cuộn thứ cấp ax có số vòng  $W_2$  được lấy từ một phần của cuộn sơ cấp để lấy ra điện áp  $U_2$ .

Ta có:

$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{W_1}{W_2}$$

$$U_1 = U_2 \frac{W_1}{W_2}$$

Khi thay đổi vị trí tiếp điểm trượt a ta sẽ thay đổi được số vòng dây  $W_2$  và do đó thay đổi được điện áp lấy ra  $U_2$ . Do đó MBA tự ngẫu được dùng để điều chỉnh liên tục mức điện áp lối ra.

Đặc điểm cơ bản của MBA tự ngẫu là sự truyền tải năng lượng từ sơ cấp qua thứ cấp thực hiện qua 2 con đường: điện và từ.

Liên hệ về từ qua mạch từ chung.

Liên hệ trực tiếp về điện giữa dây quấn sơ cấp và thứ cấp.

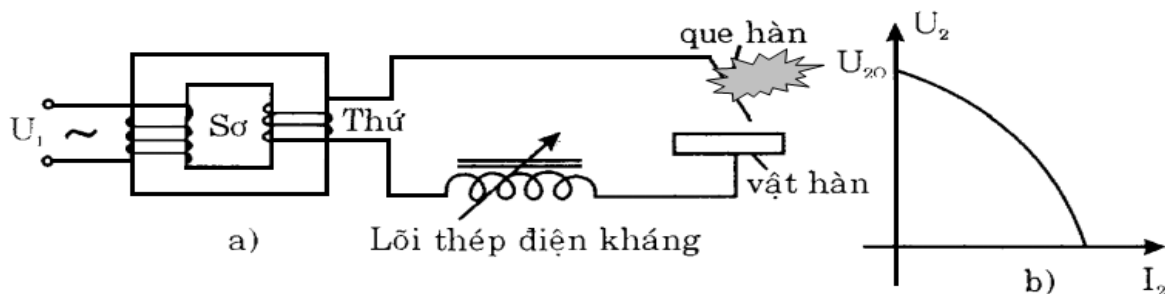
Do MBA tự ngẫu chỉ có một cuộn dây nên tiết kiệm được vật liệu và giảm tối đa tổn hao.

Nhược điểm cơ bản của MBA tự ngẫu là không an toàn về điện, do

cuộn dây sơ cấp và thứ cấp chung nhau. Do vậy cần chú ý đặc biệt khi sử dụng.

#### 4.2. Máy biến áp hàn

Khi dòng điện phóng qua chất khí bị ion hóa sẽ phát sinh hồ quang. Đặc điểm của hồ quang là phát nhiệt rất cao trên  $3000^{\circ}\text{C}$ . Người ta lợi dụng tính chất này để hàn kim loại. MBA chuyên dùng để tạo hồ quang điện khi hàn được gọi là MBA hàn. Sơ đồ nguyên lý cấu tạo của MBA hàn trên hình 6-13a.



Hình 6-13

Muốn hàn phải nối vật hàn vào một đầu cuộn thứ cấp của MBA, đầu kia của cuộn thứ cấp nối với que hàn. Bắt đầu hàn phải chấm que hàn vào vật hàn để làm ngắn mạch MBA. Dòng điện ngắn mạch chạy qua điểm tiếp xúc có điện trở lớn sẽ phát nhiệt rất mạnh. Sau đó nhấc que hàn ra một khoảng cách ngắn, vùng không khí ở điểm tiếp xúc do có nhiệt độ cao bị ion hóa sẽ cho dòng điện phóng qua tạo thành hồ quang giữa que hàn và vật hàn.

*Máy biến áp hàn có các đặc điểm sau đây:*

Dòng thứ cấp phải lớn để cung cấp đủ nhiệt lượng cho hồ quang khi hàn. Điện áp thứ cấp phải thấp để đảm bảo an toàn (thường khoảng  $60 \div 70\text{V}$ ). Do vậy cuộn thứ cấp thường rất ít vòng dây với tiết diện dây lớn.

Phải cho phép tạo dòng điện ngắn mạch không lớn lắm trong thời gian ngắn lúc môi hồ quang. Do vậy đặc tính ngoài của MBA phải dốc để hạn chế dòng ngắn mạch (hình 6-13b).

Muốn có đặc tuyến này MBA hàn được chế tạo có từ thông tản lớn, hoặc thêm cuộn điện kháng ở ngoài (hình 6-13a). Khi hàn muốn điều chỉnh dòng điện hàn người ta điều chỉnh lõi thép của cuộn điện kháng.

#### 4.3. Máy biến áp lờng.

### 4.3.1. Máy biến điện áp

Trong mạch điện xoay chiều, để mở rộng giới hạn đo của các dụng cụ người ta sử dụng các máy biến áp đo lường. Nhiệm vụ của các máy biến áp và biến dòng là chuyển các giá trị điện áp và dòng điện lớn về các giá trị nhỏ hơn để phù hợp với mạch đo.

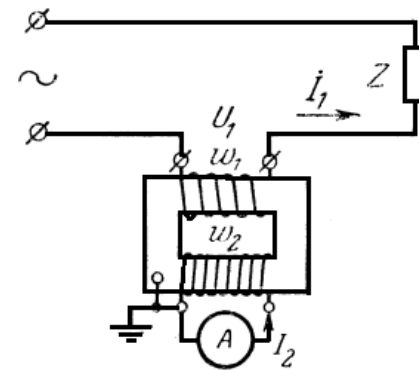
Các máy biến dòng và máy biến áp đo lường còn có tác dụng cách ly mạch điện cao áp với dụng cụ đo để bảo đảm an toàn cho người sử dụng.

Về nguyên lý cấu tạo, các máy biến dòng và máy biến áp đo lường giống như các biến áp động lực.

#### a. Máy biến dòng TI.

Máy biến dòng TI được áp dụng để mở rộng giới hạn đo dòng cho các dụng cụ đo. Sơ đồ nguyên lý của biến dòng TI và cách mắc trong mạch đo như hình vẽ 6-13.

Cuộn sơ cấp  $W_1$  của TI mắc nối tiếp với tải  $Z$ . Cuộn thứ cấp  $W_2$  được khép kín bằng ampe-mét hoặc cuộn dòng của wát-mét điện động, hoặc cuộn dòng của công tơ điện.



Hình 6-13

Vì điện trở của cuộn thứ cấp rất nhỏ nên có thể coi điều kiện làm việc bình thường của máy biến dòng là chế độ ngắn mạch cuộn thứ cấp.

Cuộn sơ cấp của biến dòng cần phải được cách điện tốt với cuộn thứ và với vỏ máy. Để đảm bảo an toàn cho người sử dụng người ta nối đất vỏ máy và một đầu cuộn thứ cấp.

Điện áp thứ cấp của biến dòng thường từ 1 ÷ 6V. Dòng sơ cấp thay đổi theo tải, còn dòng thứ cấp của mọi máy biến dòng được thiết lập ở chế độ định mức là 5A hoặc 1A.

Thông số cơ bản của biến dòng là hệ số biến dòng định mức:

$$k_1 = \frac{I_{1đđ}}{I_{2đđ}} \quad (6-12)$$

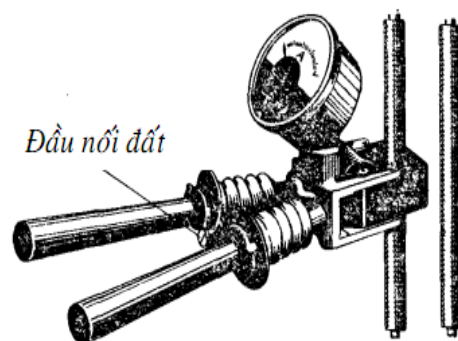
Trong đó  $I_{1đđ}$  và  $I_{2đđ}$  là trị số dòng điện định mức sơ cấp và thứ cấp của máy

biến dòng TI.

Hệ số biến dòng định mức  $k_I$  khác với hệ số biến áp  $k_{21} = W_2/W_1$  một lượng không đáng kể, trong thực tế với độ chính xác cho phép thường lấy  $k = k_{21}$ .

Khi đó, dụng cụ đo được mắc vào cuộn thứ cấp của TI. Giá trị của dòng cần đo sẽ bằng số chỉ của dụng cụ nhân với hệ số biến dòng định mức ghi trên dụng cụ.

Máy biến dòng cấu tạo theo nhiều dạng khác nhau, như loại cố định, loại xách tay. Để tiện lợi khi sử dụng người ta thiết kế tổ hợp biến dòng với dụng cụ đo trong cùng một dụng cụ đo hợp bộ như ampemet kim (hình 6-14).



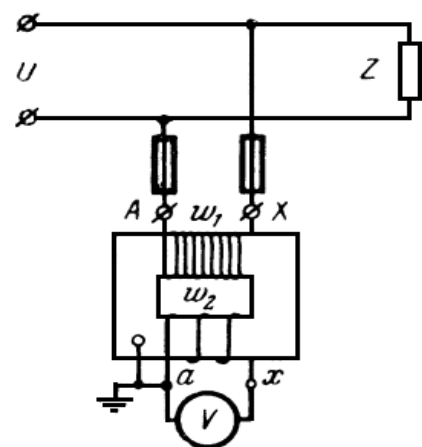
Hình 6-14. Ampemet kim

*Chú ý:* Chế độ làm việc định mức của máy biến dòng TI là chế độ ngắn mạch cuộn thứ cấp. Do đó nếu tháo gỡ ampemet ra khỏi biến dòng TI cần nối tắt 2 đầu dây cuộn thứ cấp, tránh ảnh hưởng của dòng từ hóa  $I_0$  làm tổn hao từ đốt nóng TI.

#### 4.3.2. Máy biến áp đo lường TU.

Máy biến áp đo lường được dùng để mở rộng thang đo cho các dụng cụ khi làm việc với lưới điện cao thế.

Cấu tạo và cách mắc biến áp vào mạch đo như trên hình 6-15. Cuộn sơ cấp  $W_1$  mắc vào lưới điện cần đo, còn cuộn thứ cấp  $W_2$  được mắc với đồng hồ đo vôn kế.



Hình 6-15

Giá trị điện áp định mức đối với cuộn sơ cấp của TU theo ГОСТ từ 380V-500kV. Với các điện áp định mức nhỏ hơn 3kV áp dụng chất cách điện khô, còn khi điện áp cao hơn 3kV phải sử dụng chất cách điện là dầu. Khi điện áp định mức cuộn sơ cấp là 35kV dùng máy biến áp một cấp, với các điện áp 110kV và cao hơn phải sử

dụng các máy biến áp từ 2 cấp trở lên.

Giá trị điện áp thứ cấp  $U_2$  định mức với các biến áp TU là 100V hoặc  $100\sqrt{3}$  V. Bình thường TU làm việc ở chế độ gần như hở mạch vì điện trở của vôn kế vô cùng lớn. Điều kiện làm việc bình thường của TU rất khác với TI. Đối với TI dòng sơ cấp  $I_1$  có thể biến thiên trong phạm vi khá rộng, tùy theo phụ tải. Còn với TU thông thường làm việc với điện áp bên sơ cấp biến đổi không nhiều.

Thông số cơ bản của TU là hệ số biến áp định mức:

$$k_U = \frac{U_{1n}}{U_{2n}} \quad (6-13)$$

Trong thực tế các máy biến áp đo lường TU được sản xuất với các cấp chính xác 0,05; 0,1; 0,2; 0,5; 1 và 3.

### **Kiến thức cần thiết để thực hiện công việc.**

- Các đại lượng định mức.
- Cấu tạo - Nguyên lý làm việc máy biến áp một pha và ba pha.
- Các máy biến áp đặc biệt.

### **Các bước và cách thức thực hiện công việc.**

*Trả lời các câu hỏi sau:*

1. Nêu định nghĩa máy biến áp? Cấu tạo máy biến áp? Công dụng của máy biến áp?
2. Trình bày nguyên lý làm việc của máy biến áp một pha?
3. Trình bày các đại lượng định mức của máy biến áp ?
4. Nêu cấu tạo và cách ký hiệu các đầu dây của máy biến áp ba pha?
5. Trình bày các kiểu nối dây của máy biến áp ba pha?
6. Trình bày đặc điểm của máy biến áp tự ngẫu? Ưu nhược điểm của máy biến áp tự ngẫu?
7. Trình bày đặc điểm và cách sử dụng các máy biến áp đo lường?
8. Trình bày đặc điểm và cách sử dụng máy biến áp hàn?

### **Yêu cầu về đánh giá kết quả học tập.**

- Kiểm tra vấn đáp đầu giờ.
- Kiểm tra thảo luận nhóm.



## CHƯƠNG 7

### MÁY ĐIỆN KHÔNG ĐỒNG BỘ

**Mã chương: 14.7**

#### **Giới thiệu**

Trong chương 7 giới thiệu những nội dung chính như sau: cấu tạo, nguyên lý làm việc của động cơ không đồng bộ một pha và ba pha; mở máy động cơ không đồng bộ ba pha; điều chỉnh tốc độ động cơ không đồng bộ ba pha

#### **Mục tiêu**

- + Trình bày được cấu tạo, nguyên lý làm việc của động cơ không đồng bộ một pha và ba pha.
- + Mô tả chính xác từ trường quay, từ trường đập mạch.
- + Xác định được các phương pháp mở máy, các phương pháp thay đổi tốc độ động cơ không đồng bộ ba pha.
- + Rèn luyện tính kỷ luật, kiên trì, cẩn thận, nghiêm túc, chủ động và tích cực sáng tạo trong học tập.

#### **Nội dung chính**

Nội dung của bài	Thời gian (giờ)				Hình thức giảng dạy
	T.Số	LT	TH/BT	KT*	
1. Khái niệm chung và cấu tạo	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>0</b>		
1.1. Khái niệm chung		0,25			LT
1.2. Cấu tạo		0,75			LT
1.2.1. Stator		0,25			LT
1.2.2. Rotor		0,5			LT
2. Nguyên lý hoạt động của động cơ không đồng bộ ba pha	1	1	0		

2.1. Tủ trường quay - tủ trường đập mạch		0,25			LT
2.2. Nguyên lý làm việc của động cơ không đồng bộ 3 pha		0,75			LT
3. Mở máy động cơ không đồng bộ ba pha	1	1	0		
3.1. Mở máy động cơ rotor dây quấn		0,25			LT
3.2. Mở máy động cơ rotor lồng sóc	0,75	0,75			LT
3.2.1. Mở máy trực tiếp		0,25			LT
3.2.2. Giảm điện áp đặt vào Stator		0,5			LT
4. Điều chỉnh tốc độ động cơ không đồng bộ ba pha	1	1	0		
4.1. Điều chỉnh tốc độ bằng thay đổi tần số		0,25			LT
4.2. Điều chỉnh tốc độ bằng thay đổi số đôi cực	0,25	0,25			
4.3. Điều chỉnh tốc độ bằng thay đổi điện áp cung cấp cho stator		0,25			LT
4.4. Điều chỉnh tốc độ bằng thay đổi điện trở mạch roto của động cơ roto dây quấn		0,25			LT

5. Động cơ không đồng bộ một pha	1	1	0		
5.1. Động cơ không đồng bộ 1 pha có vòng ngắn mạch ở cực từ		0,5			LT
5.2. Động cơ không đồng bộ 1 pha có tụ khởi động		0,5			LT
* Kiểm tra				1	

## 1. Khái niệm chung và cấu tạo

### Mục tiêu

- Nêu được khái niệm về máy điện không đồng bộ ba pha.
- Trình bày được cấu tạo của máy điện không đồng bộ ba pha.
- Hứng thú với bài học.

### 1.1. Khái niệm chung

Máy điện không đồng bộ là máy điện xoay chiều làm việc theo nguyên lý cảm ứng điện từ có tốc độ quay của rotor  $n$  khác với tốc độ quay của từ trường  $n_1$ . Trong sản xuất, máy điện không đồng bộ chủ yếu được dùng làm động cơ để biến đổi năng lượng dòng điện xoay chiều thành cơ năng. Hiện nay đa số các động cơ điện dùng trong công nghiệp, nông nghiệp, lâm nghiệp, ... đều là động cơ điện không đồng bộ vì nó có cấu tạo đơn giản, dễ vận hành, giá thành rẻ.

Máy điện không đồng bộ cũng có tính thuận nghịch, tức là có thể làm việc ở 2 chế độ: động cơ và máy phát, nhưng chủ yếu dùng ở chế độ động cơ vì ở chế độ máy phát máy điện không đồng bộ có đặc tính làm việc không tốt lắm so với máy điện đồng bộ.

Tùy theo cấu tạo dây quấn phần quay, máy điện không đồng bộ chia ra làm hai loại: loại máy điện không đồng bộ rotor dây quấn và loại máy điện không đồng bộ rotor lồng sóc. Loại lồng sóc lại chia ra lồng sóc đơn, lồng sóc kép, lồng sóc rãnh sâu.

Máy điện không đồng bộ còn chia ra làm máy điện không đồng bộ có vành

đổi chiều và không có vành đổi chiều. Loại máy điện không có vành đổi chiều có ưu điểm là cấu tạo và vận hành đơn giản, rẻ tiền. Nhưng có nhược điểm là khó điều chỉnh tốc độ, hệ số  $\cos\phi$  thấp. Loại máy điện có vành đổi chiều khắc phục được các nhược điểm trên, nhưng cấu tạo phức tạp, đắt tiền và hiệu suất thấp nên hạn chế sử dụng.

Tùy thuộc vào công suất mà máy điện không đồng bộ có các loại; 3 pha, 2 pha và 1 pha.

Loại động cơ có công suất  $P > 600W$  thường là loại 3 pha có 3 dây quấn làm việc, trục các dây quấn lệch pha nhau  $120^\circ$  điện trong không gian.

Các động cơ công suất  $P < 600W$  thường là loại 2 pha hoặc 1 pha. Động cơ 2 pha có 2 dây quấn làm việc, trục của 2 dây quấn đặt lệch nhau trong không gian một góc  $90^\circ$  điện. Động cơ điện một pha chỉ có một dây quấn làm việc.

## 1.2. Cấu tạo

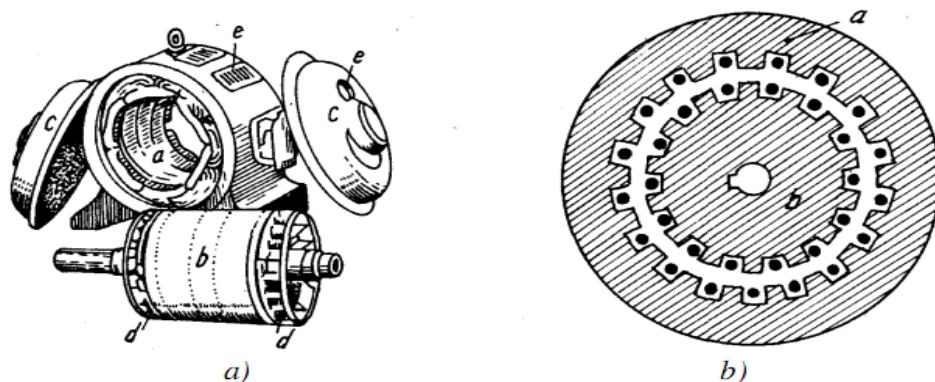
Cấu tạo của máy điện không đồng bộ 3 pha được chỉ ra trên hình vẽ 7-1a gồm 2 bộ phận chính là rôto (a) và stator (b). Ngoài ra còn có vỏ máy (e), nắp máy (c). Hình 7-1b là mặt cắt ngang của máy cho thấy rõ các lá thép của stator (a) và rôto (b).

### 1.2.1. Stator (phần tĩnh)

Stator hay phần tĩnh gồm các bộ phận chính là lõi thép, dây quấn. Ngoài ra còn có vỏ và nắp máy.

#### a. Lõi thép.

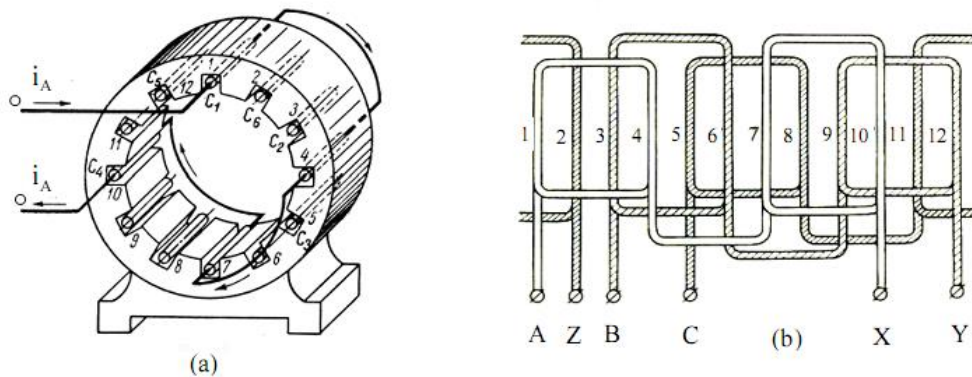
Lõi thép là bộ phận dẫn từ của máy, có dạng hình trụ như hình 7.2a. Vì từ trường đi qua lõi thép là từ trường quay nên để giảm tổn hao, lõi thép được làm bằng các lá thép kỹ thuật điện dày  $0,35mm \div 0,5mm$  phủ sơn cách điện, được dập theo hình vành khăn, phía bên trong có xẻ rãnh để đặt dây quấn như hình 7.1b.



Hình 7-1

*α. Dây quấn.*

Dây quấn stato làm bằng dây đồng, được bọc cách điện (dây điện từ) đặt trong các rãnh của lõi thép (hình 7.2a). Hình 7.2b vẽ sơ đồ khai triển dây quấn ba pha đặt trong 12 rãnh của một máy điện, dây quấn pha A đặt trong các rãnh 1, 4, 7, 10; pha B đặt trong các rãnh 3, 6, 9, 12; pha C đặt trong các rãnh 5, 8, 11, 2. Các pha dây quấn đặt cách nhau  $120^0$ . Dòng điện xoay chiều ba pha chạy trong ba dây quấn ba pha stato sẽ tạo ra từ trường quay.



Hình 7-2

*c. Vỏ máy*

Vỏ máy dùng để bảo vệ và giữ chặt lõi thép satator và cố định máy trên bề. Vỏ máy được làm bằng nhôm (loại công suất nhỏ), hoặc bằng gang hay thép đúc (loại công suất lớn). Hai đầu vỏ máy có nắp máy để đỡ trục rotor và bảo vệ dây quấn.

*1.2.2. Rôto (phần quay)*

Rotor là phần quay gồm lõi thép, dây quấn và trục máy.

*a. Lõi thép*

Lõi thép rotor gồm các lá thép kỹ thuật điện được lấy từ phần bên trong của lõi thép stator ghép lại, mặt ngoài dập rãnh (hình 7.3a) để đặt dây quấn, ở giữa có dập lỗ để lắp trục.

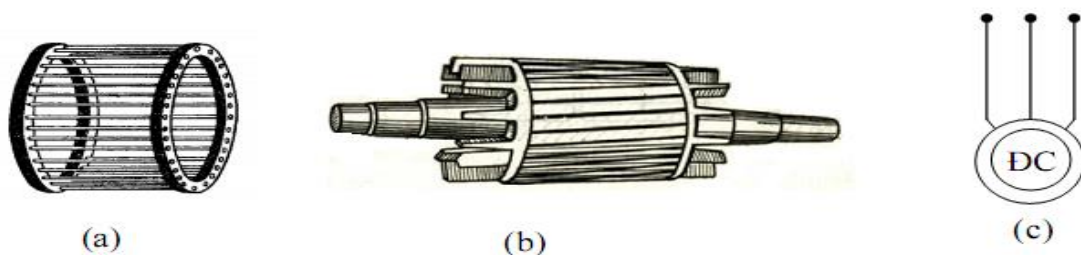
*b. Dây quấn*

Dây quấn rotor của máy điện không đồng bộ có hai kiểu: rotor ngắn mạch

còn gọi là rotor lồng sóc và rotor dây quấn.

Rotor lồng sóc (hình 7.3a) gồm các thanh đồng hoặc thanh nhôm đặt trong rãnh và bị ngắn mạch bởi hai vành ngắn mạch ở hai đầu. Với động cơ cỡ nhỏ, dây quấn rotor được đúc bằng nhôm nguyên khối gồm thanh dẫn, vành ngắn mạch, cánh tản nhiệt và cánh quạt làm mát (hình 7.3b). Các động cơ công suất trên 100kW thanh dẫn làm bằng đồng được đặt vào các rãnh rotor và gắn chặt vào vành ngắn mạch.

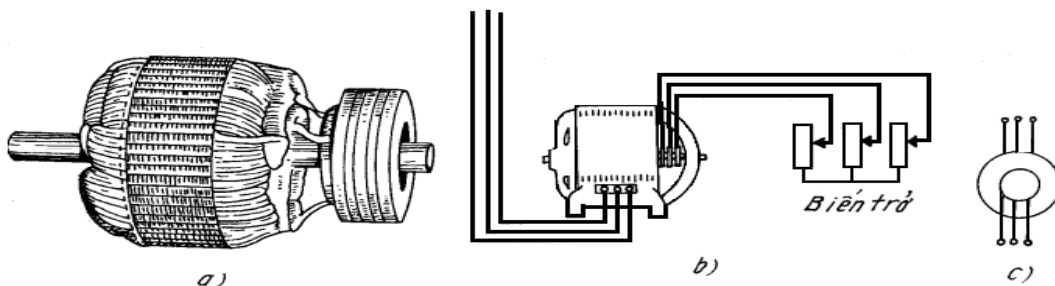
Dòng điện xoay chiều ba pha chạy trong dây quấn ba pha stator sẽ tạo nên từ trường quay.



Hình 7.3. Cấu tạo rotor động cơ không đồng bộ.

a. Dây quấn rotor lồng sóc, b) Lõi thép rotor, d) Ký hiệu động cơ trên sơ đồ

Rôto dây quấn (hình 7.4) cũng quấn giống như dây quấn ba pha stator và có cùng số cực từ như dây quấn stator. Dây quấn kiểu này luôn luôn đấu sao (Y) và có ba đầu ra đấu vào ba vành trượt, gắn vào trục quay của rôto và cách điện với trục. Ba chổi than cố định và luôn tỳ trên vành trượt này để dẫn điện vào một biến trở cũng nối sao nằm ngoài động cơ để khởi động hoặc điều chỉnh tốc độ.



Hình 7.4 Cấu tạo của động cơ không đồng bộ ba pha rôto dây quấn

Cũng như các loại máy điện khác máy điện không đồng bộ có các trị số định mức đặc trưng cho điều kiện kỹ thuật của máy. Các trị số này do nhà máy

thiết kế chế tạo quy định và được ghi trên nhãn máy. Vì máy điện không đồng bộ chủ yếu làm việc ở chế độ động cơ nên trên nhãn máy ghi các trị số định mức của động cơ điện như tải định mức sau:

$P_{đm}(W, kW)$ : công suất định mức ở đầu trục là công suất cơ định mức máy đưa ra ở đầu trục.

$I_{đm}(A)$ : dòng điện dây định mức.

$U_{đm}(V, kV)$ : điện áp dây định mức.

$n_{đm}(vg/ph)$ : tốc độ định mức của rôto.

$H_{đm}$ : hiệu suất định mức động cơ.

$\cos\varphi_{đm}$ : hệ số công suất định mức.

$f_{đm}$ : tần số định mức.

cách đấu Y hay  $\Delta$  v.v...

## 2. Nguyên lý hoạt động của động cơ không đồng bộ ba pha

### Mục tiêu

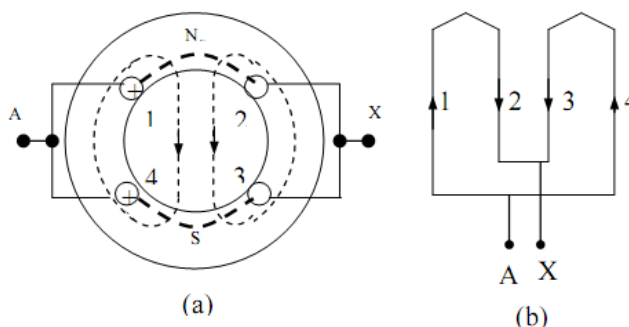
- Phân biệt từ trường quay – từ trường đập mạch của máy điện không đồng bộ.
- Trình bày được nguyên lý làm việc của động cơ không đồng bộ 3 pha.
- Tích cực với bài học.

### 2.1. Từ trường quay – từ trường đập mạch

#### 2.1.1. Từ trường đập mạch của dây quấn một pha

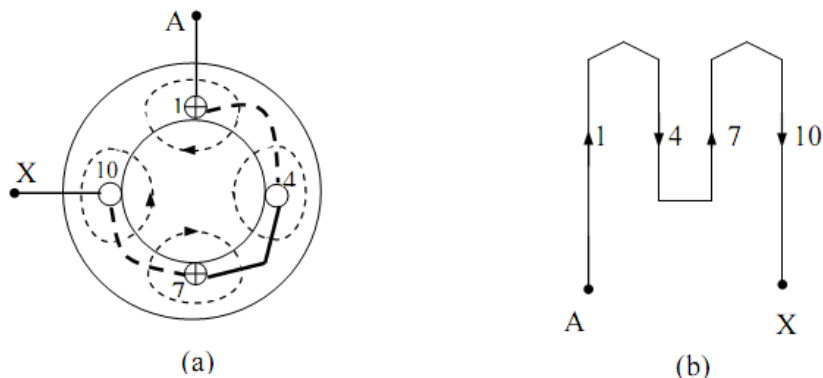
Từ trường của dây quấn một pha là từ trường có phương không đổi, song trị số và chiều biến đổi theo thời gian, được gọi là từ trường đập mạch.

Xét dây quấn một pha AX đặt trong 4 rãnh của stato (hình 7.5a,b). Cho dòng điện hình sin  $i_A = I_m \sin \omega t$  chạy qua dây quấn.



Hình 7.5 Từ trường đập mạch 2 cực của dây quấn một pha

Giả thiết chiều dòng điện trong các dây dẫn được vẽ trên hình 7.5a,b. Căn cứ vào chiều dòng điện, vẽ chiều từ trường theo qui tắc vặn nút chai. Dây quấn hình 7.5a tạo thành từ trường một đôi cực.



Hình 7.6 Từ trường đập mạch 4 cực của dây quấn một pha

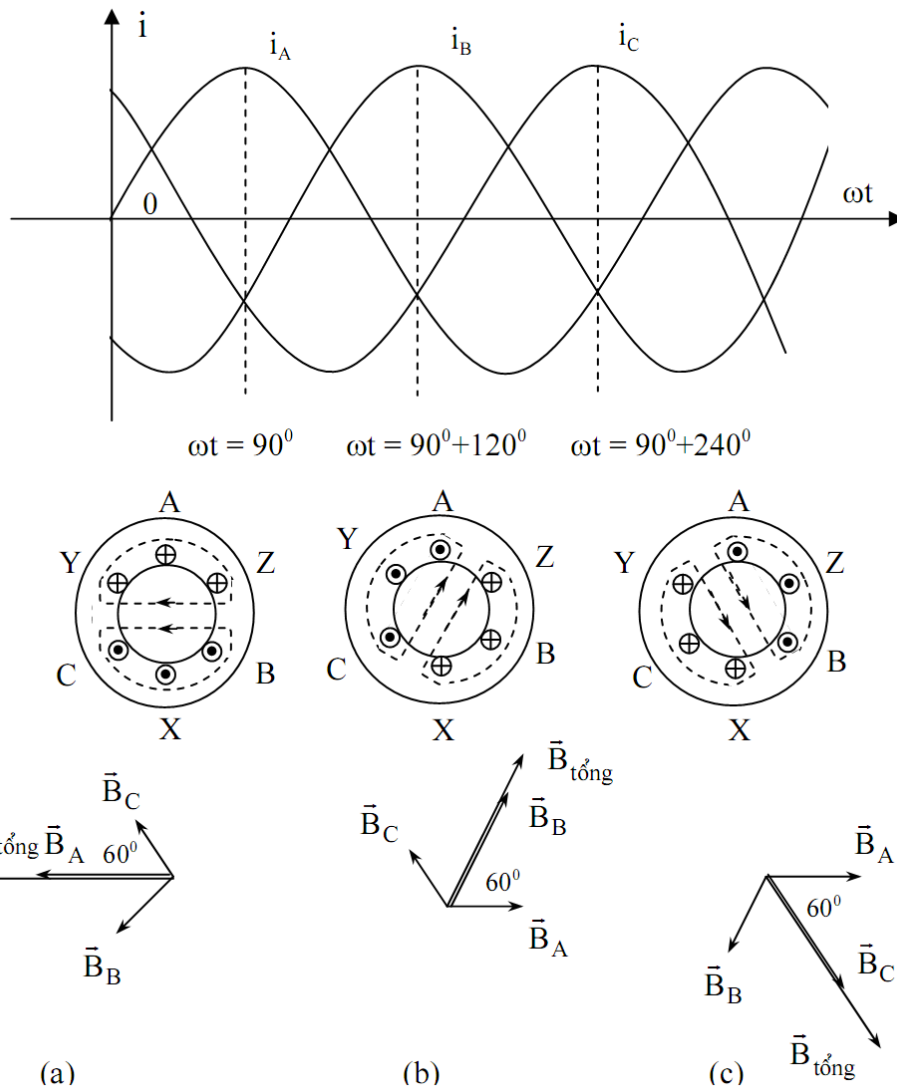
Trường hợp đấu dây quấn như trên hình 7.6, ta sẽ được một từ trường đập mạch 4 cực. Chú ý rằng trên hình 7.5 dây quấn được chia làm hai nhóm nối song song, còn trên hình 7.6 dây quấn được mắc nối tiếp.

### 2.1.2. Từ trường quay

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

#### a. Sự tạo thành từ trường quay





Hình 7.7. Từ trường quay hai cực của dây quấn ba pha

Dòng điện 3 pha có ưu điểm lớn là dễ tạo ra từ trường quay trong các máy điện 3 pha. Để khảo sát ta hãy xét trường hợp đơn giản nhất của máy điện không đồng bộ với stator có cấu trúc gồm 6 rãnh, trong đó đặt 3 cuộn dây quấn 3 pha đối xứng AX, BY và CZ. Trục các cuộn dây quấn đặt lệch nhau trong không gian một góc  $120^\circ$ , mỗi cuộn dây có một phần tử, mỗi phần tử có một vòng dây.

Giả sử, dòng điện 3 pha đưa vào 3 dây quấn của máy điện có biểu thức:

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

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

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

và đồ thị tức thời của chúng như hình 7.7.

Để thấy sự hình thành từ trường quay ta quy ước về chiều dòng điện trên các cuộn dây 3 pha như sau:

Dòng điện pha nào dương có chiều từ đầu pha đến cuối pha, đầu ký hiệu bằng vòng tròn có dấu nhân ở giữa  $\otimes$ , còn cuối ký hiệu bằng vòng tròn có dấu chấm ở giữa  $\odot$ .

Dòng điện pha nào âm có chiều và ký hiệu ngược lại: đầu ký hiệu  $\odot$ , cuối ký hiệu  $\otimes$ .

Xét từ trường tại ba thời điểm khác nhau sau:

+ Thời điểm  $\omega t = 90^\circ$ .

Ở thời điểm này, dòng pha A dương và có giá trị cực đại, dòng pha B và pha C âm và có giá trị bằng một nửa giá trị cực đại. Theo quy ước trên, đầu A ký hiệu  $\otimes$ , cuối X ký hiệu  $\odot$ ; các đầu B, C ký hiệu  $\odot$  và cuối Y, Z ký hiệu  $\otimes$ .

Dùng quy tắc vắn nút chai, xác định chiều đường sức từ trường do dòng điện trong các cuộn dây sinh ra (hình 7.7a). Ta thấy từ trường tổng có một cực S và một cực N và gọi là từ trường một đôi cực ( $p = 1$ ). Trục của từ trường tổng trùng với trục dây quấn pha A là pha có dòng điện cực đại.

+ Thời điểm  $\omega t = 90^\circ + 120^\circ$ .

Ở thời điểm này, dòng pha B dương và có giá trị cực đại, dòng pha C và pha A âm và có giá trị bằng một nửa giá trị cực đại. Dùng quy tắc vắn nút chai xác định chiều từ trường và thấy rằng từ trường tổng đã quay đi một góc  $120^\circ$  so với thời điểm trước. Trục của từ trường tổng trùng với trục của dây quấn pha B là pha có dòng cực đại ra (hình 7.7b).

+ Thời điểm  $\omega t = 90^\circ + 240^\circ$ .

Lúc này dòng pha C dương và có giá trị cực đại, dòng pha A và pha B âm và có giá trị bằng một nửa giá trị cực đại. Từ trường tổng đã quay đi một góc  $240^\circ$  so với thời điểm ban đầu. Trục của từ trường tổng trùng với trục của dây quấn pha C là pha có dòng cực đại ra (hình 7.7c).

Qua phân tích trên ta thấy rằng từ trường tổng của dòng 3 pha là từ trường

quay. Từ trường quay móc vòng qua dây quấn của stator và của cả dây quấn rotor. Đây là từ trường chính tạo ra các quá trình biến đổi năng lượng trong máy điện.

b. Đặc điểm của từ trường quay.

Từ trường quay của hệ thống dòng điện ba pha đối xứng có ba đặc điểm sau:

+ Tốc độ từ trường quay.

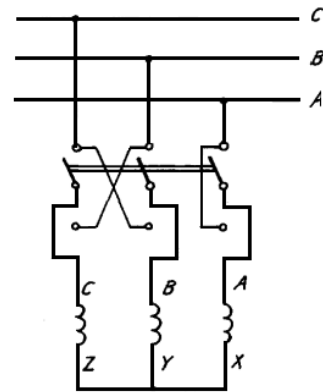
Tốc độ của từ trường quay phụ thuộc vào tần số dòng điện stator  $f$  và số đôi cực  $p$ . Thật vậy, trong ví dụ trên, khi dòng điện biến thiên một chu kỳ từ trường quay được một vòng, do đó trong một phút dòng điện stator biến thiên  $60f$  chu kỳ, từ trường quay được  $60f$  vòng. Như vậy, khi từ trường có một đôi cực, tốc độ từ trường quay là  $n_1 = 60f$  vòng/phút. Khi từ trường có 2 đôi cực, dòng điện biến thiên một chu kỳ, từ trường quay được  $1/2$  vòng, do đó tốc độ từ trường quay là  $n_1 = 60f/2$ . Một cách tổng quát, khi từ trường quay có  $p$  đôi cực, tốc độ quay của từ trường là:

$$n_1 = \frac{60f}{p} \quad (\text{vòng/phút}) \quad (7-1)$$

+ Chiều quay của từ trường

Chiều của từ trường quay phụ thuộc vào thứ tự pha của dòng điện. Muốn đổi chiều quay của từ trường ta thay đổi thứ tự hai trong ba pha cho nhau (hình 7.8).

Điều này dễ nhận thấy, vì nếu thứ tự pha lần lượt là A, B, C một cách chu kỳ thì từ trường quay như đã xét ở trên. Nhưng khi đổi pha B và C cho nhau, tức cho dòng  $i_B$  vào dây quấn CZ, dòng  $i_C$  vào dây quấn BY từ trường sẽ quay theo chiều ngược lại



Hình 7.8

+ Biên độ của từ trường quay:

Từ trường quay sinh ra từ thông xuyên qua mỗi dây quấn. Xét từ thông của từ trường xuyên qua dây quấn AX: ta thấy dây quấn pha B và C lệch với pha A một

góc  $120^\circ$  và  $240^\circ$ . Từ thông tổng xuyên qua dây quấn AX do dây quấn ba pha tạo ra là:

$$\begin{aligned}\varphi &= \varphi_A + \varphi_B \cos(-120^\circ) + \varphi_C \cos(120^\circ) \\ &= \varphi_A - \frac{1}{2}(\varphi_B + \varphi_C)\end{aligned}\quad (7-2)$$

Vì hệ thống dòng điện ba pha đối xứng tức:

$$\varphi_A + \varphi_B + \varphi_C = 0 \quad \text{hay} \quad \varphi_B + \varphi_C = -\varphi_A$$

Do đó:

$$\varphi = \varphi_A + \frac{\varphi_A}{2} = \frac{3}{2}\varphi_A \quad (7-3)$$

Dòng  $i_A = I_{\max} \sin \omega t$ , nên từ thông của dòng điện pha A là:

$$\varphi_A = \varphi_{A\max} \sin \omega t$$

nên:

$$\varphi = \frac{3}{2}\varphi_{A\max} \sin \omega t$$

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

$$\varphi_{\max} = \frac{3}{2}\varphi_{P\max} \quad (7-4)$$

Tổng quát, nếu máy có m pha thì:

$$\varphi_{\max} = \frac{m}{2}\varphi_{P\max} \quad (7-5)$$

### ***Kết luận:***

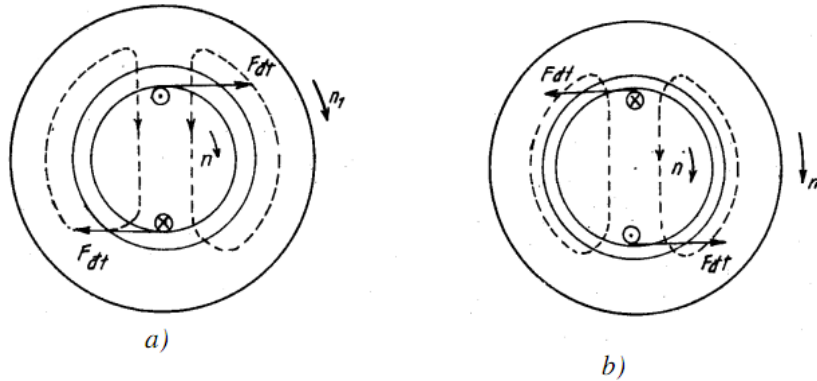
Khi dây quấn đối xứng và dòng điện các pha đối xứng, từ trường quay tròn có biên độ không đổi. Từ trường quay tròn sẽ cho đặc tính của máy tốt. Khi không đối xứng, từ trường quay elip có biên độ biến đổi.

## ***2.2. Nguyên lý làm việc của động cơ không đồng bộ 3 pha***

### ***2.2.1. Nguyên lý làm việc của động cơ không đồng bộ ba pha.***

Khi cho dòng điện 3 pha tần số  $f$  đi vào ba dây quấn stator của động cơ không đồng bộ, trong máy sẽ có từ trường quay  $p$  đôi cực, quay với tốc độ  $n_1 = \frac{60f}{p}$ . Từ trường quay quét qua các thanh dẫn của dây quấn rotor, cảm ứng trong dây quấn

s.đ.đ. Vì dây quấn rotor khép kín mạch (ngắn mạch) nên s.đ.đ cảm ứng sẽ sinh ra dòng điện chạy trong các thanh dẫn roto. Lực tác dụng tương hỗ giữa từ trường quay của máy với dòng điện chạy trong thanh dẫn roto, kéo rotor quay với tốc độ  $n$  cùng chiều với từ trường quay với  $n < n_1$ .



Hình 7.9

Để minh họa, trên hình 7.9 vẽ từ trường quay tốc độ  $n_1$  có chiều thuận chiều kim đồng hồ, chiều s.đ.đ và dòng điện cảm ứng trong thanh dẫn rotor và chiều lực điện từ tác dụng lên thanh dẫn như hình 7.9<sup>a</sup>.

Để xác định chiều của s.đ.đ cảm ứng theo quy tắc bàn tay phải, ta căn cứ vào chiều chuyển động tương đối giữa thanh dẫn với từ trường  $n_1$ , sau đó áp dụng quy tắc bàn tay phải để xác định chiều s.đ.đ và chiều dòng điện roto (hình 7.9<sup>a</sup>).

Biết chiều dòng điện roto, áp dụng quy tắc bàn tay trái xác định được chiều lực điện từ  $F_{dt}$ . Kết quả là chiều roto  $n$  quay cùng chiều  $n_1$ .

Nhưng tốc độ của roto ( $n$ ) luôn nhỏ hơn tốc độ từ trường quay  $n_1$  vì nếu  $n = n_1$  thì giữa các thanh dẫn roto và từ trường quay  $n_1$  không có sự chuyển động tương đối, do đó trong dây quấn roto không có s.đ.đ và dòng điện cảm ứng, lực điện từ bằng không.

Độ chênh lệch giữa tốc độ từ trường quay và tốc độ máy gọi là tốc độ trượt  $n_2$ .

$$N_2 = n_1 - n \quad (7-$$

6)

Người ta đưa ra hệ số trượt tốc độ ký hiệu là  $s$ :

$$s = \frac{n_2}{n_1} = \frac{n_1 - n}{n_1} \quad (7-7)$$

Khi roto đứng yên ( $n = 0$ ), hệ số trượt  $s = 1$ ; khi roto quay định mức,  $s_{dm} = 0,02 \div 0,06$ . Tốc độ động cơ là:

$$n = n_1(1-s) = \frac{60f}{p}(1-s) \text{ (vòng/phút)} \quad (7-8)$$

Với động cơ  $0 < s < 1$ .

### 2.2.2. Nguyên lý làm việc của máy phát điện không đồng bộ ba pha.

Nếu nối dây quấn stator với lưới điện, đồng thời dùng động cơ sơ cấp kéo roto quay với tốc độ  $n > n_1$  của từ trường quay và cùng chiều  $n_1$ , lúc này chiều của thanh dẫn roto sẽ ngược lại, dòng điện roto  $I_2$  ngược so với chế độ động cơ. Do vậy chiều của lực điện từ tác dụng lên roto sẽ ngược so với chiều quay của roto, tạo ra mômen hãm cân bằng với mômen quay động cơ sơ cấp, làm máy quay ổn định. Máy điện làm việc ở chế độ máy phát (hình 7.9b) cấp điện cho lưới.

Hệ số trượt lúc này:

$$s = \frac{n_1 - n}{n_1} < 0 \quad (7-9)$$

Như vậy, nhờ từ trường quay, cơ năng động cơ sơ cấp đưa vào roto được biến thành điện năng ở stato. Để tạo ra từ trường quay, lưới điện phải cung cấp cho máy phát không đồng bộ công suất phản kháng  $Q$ , vì thế làm giảm hệ số công suất  $\cos\varphi$  của lưới điện. Khi máy phát làm việc riêng lẻ (không có điện vào dây quấn stato lúc ban đầu), người ta phải dùng tụ điện nối ở đầu cực của máy để kích từ cho máy. Đó chính là nhược điểm cơ bản của máy phát không đồng bộ, vì vậy nó ít được sử dụng trong thực tế.

## 3. Mở máy động cơ không đồng bộ ba pha

### Mục tiêu

- Trình bày được các phương pháp mở máy động cơ không đồng bộ ba pha.
- Nêu được ưu nhược điểm của mỗi phương pháp mở máy đó.
- Tích cực với bài học.

Động cơ không đồng bộ ba pha có mômen mở máy. Để mở máy được, mômen mở máy động cơ phải lớn hơn mômen cản của tải lúc mở máy, đồng thời mômen động cơ phải đủ lớn để thời gian mở máy trong phạm vi cho phép.

Khi mở máy, hệ số trượt  $s = 1$ . Dòng điện lúc mở máy lớn bằng 5 ÷ 7 lần dòng điện định mức. Đối với lưới điện công suất nhỏ sẽ làm cho điện áp mạng điện sụt xuống, ảnh hưởng đến sự làm việc của các thiết bị khác. Vì thế ta cần có các biện pháp giảm dòng điện mở máy.

### 3.1. Mở máy động cơ rotor dây quấn

Khi mở máy, dây quấn rôto được nối với các điện trở mở máy (hình 7.10a). Đầu tiên để biến trở lớn nhất, sau đó giảm dần đến không. Đường đặc tính mômen ứng với các giá trị  $R_{mở}$  vẽ trên hình 7.10b.

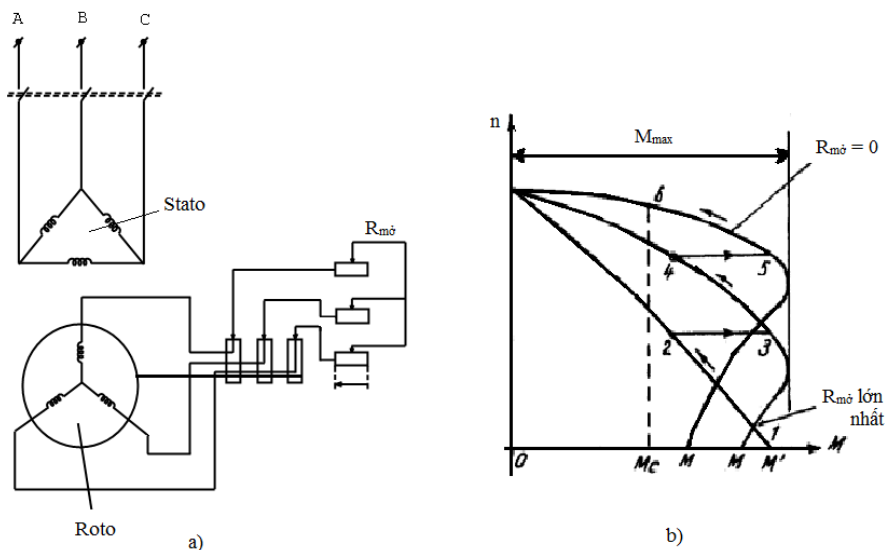
Muốn mô men mở máy cực đại, hệ số trượt tới hạn phải bằng 1:

$$s_{th} = \frac{R'_2 + R'_{mở}}{X_1 + X_2} = 1 \quad (7-10)$$

Từ đó xác định được điện trở mở  $R_{mở}$  cần thiết.

Khi có  $R_{mở}$  dòng điện mở máy là:

$$I_{pmo} = \frac{U_1}{\sqrt{(R_1 + R_2 + R'_{mở}) + (X_1 + X_2)^2}}$$



Hình 7.10

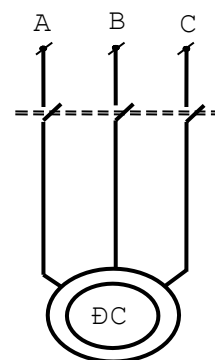
Nhờ có  $R_{mở}$  dòng điện mở máy  $I_{mm}$  giảm xuống.

Như vậy, nhờ có  $R_{mở}$  mômen mở máy tăng, dòng điện mở máy giảm, đó là ưu điểm lớn của động cơ rôto dây quấn.

### 3.2. Mở máy động cơ rotor lồng sóc

#### 3.2.1. Mở máy trực tiếp

Đây là phương pháp đơn giản nhất, chỉ việc đóng trực tiếp động cơ điện vào lưới điện (hình 7.11). Khuyết điểm của phương pháp này là dòng điện mở máy lớn, làm sụt điện áp mạng điện rất nhiều, nếu quán tính của máy lớn, thời gian mở máy sẽ rất lâu, có thể làm chảy cầu chì bảo vệ. Vì thế phương pháp này dùng được khi công suất của mạng điện (hoặc nguồn điện) lớn công suất động cơ rất nhiều, việc mở máy sẽ rất nhanh và đơn giản.



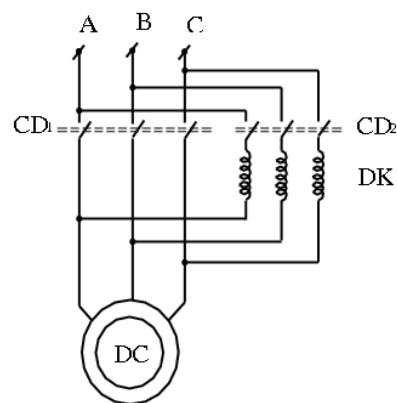
Hình 7.11

#### 3.2.2. Giảm điện áp stato khi mở máy

Khi mở máy, ta giảm điện áp đặt vào động cơ để giảm dòng điện mở máy. Khuyết điểm của phương pháp này là mômen mở máy giảm đi rất nhiều, vì thế nó chỉ sử dụng được đối với trường hợp không yêu cầu mômen mở máy lớn. Có các biện pháp giảm điện áp như sau:

##### a. Dùng cuộn điện kháng nối nối tiếp vào mạch stato

Điện áp mạng đặt vào động cơ qua cuộn điện kháng ĐK (hình 7.12). Lúc mở máy cầu dao  $CD_2$  mở,  $CD_1$  đóng, khi động cơ đã làm việc ổn định thì đóng  $CD_2$ , mở  $CD_1$ . Nhờ có điện áp rơi trên điện kháng ĐK, điện áp trực tiếp đặt vào động giảm k lần. Dòng điện sẽ giảm k lần song mômen giảm  $k^2$  lần (vì mô men tỷ lệ với bình phương điện áp).



Hình 7.12

##### b. Dùng máy tự biến áp



Điện áp mạng đặt vào sơ cấp máy tự biến áp (hình 7.13). Điện áp thứ cấp đưa vào động cơ. Thay đổi vị trí con chạy để lúc mở máy điện áp đặt vào động cơ nhỏ, sau đó dần tăng lên bằng định mức. Gọi  $k$  là hệ số biến áp của máy tự biến áp,  $U_1$  là điện áp pha lưới điện,  $Z_n$  là tổng trở động cơ lúc mở máy. Điện áp pha đặt vào động cơ khi mở máy là :

$$U_{dc} = \frac{U_1}{k}$$

Dòng điện chạy vào động cơ lúc có máy tự biến áp :

$$I_{dc} = \frac{U_{dc}}{Z_n} = \frac{U_1}{kZ_n}$$

Dòng điện  $I_1$  lưới điện cung cấp cho động cơ lúc có máy tự biến áp là (dòng điện sơ cấp của có máy tự biến áp )

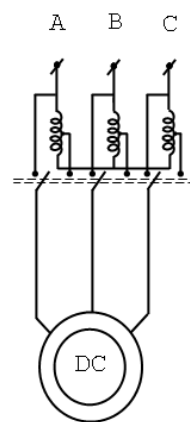
$$I_1 = \frac{I_{dc}}{k} = \frac{U_1}{k^2 Z_n} \quad (7-11)$$

Khi mở máy trực tiếp dòng điện  $I_1$  bằng:

$$I_1 = \frac{U_1}{Z_n} \quad (7-12)$$

So sánh (7-11) và (7-12) ta thấy, lúc có máy tự biến áp dòng điệ của lưới giảm  $k^2$  lần. Đây là một ưu điểm so với phương pháp dùng điện kháng (dòng iện chỉ giảm  $k$  lần). Vì thế phương pháp dùng máy tự biến áp được dùng nhiều đối với động cơ công suất lớn. Điện áp đặt vào động cơ giảm  $k$  lần, nên mômen giảm  $k^2$  lần.

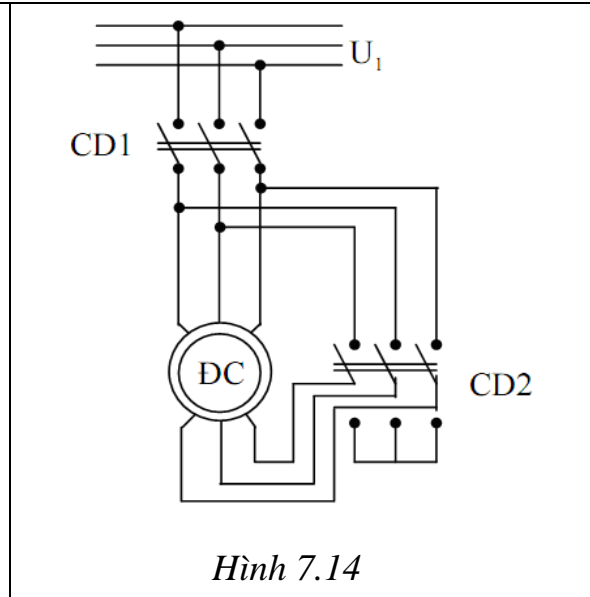
\* Phương pháp đổi nối Y/ $\Delta$



Hình 7.13

Phương pháp này chỉ dùng được với những động cơ khi làm việc bình thường dây quấn stato nối hình tam giác.

Khi mở máy ta nối hình sao để điện áp đặt vào mỗi pha giảm  $\sqrt{3}$  lần. Sau khi mở máy ta nối lại hình tam giác như đúng quy định của máy. Trên hình 7.14 khi mở máy ta đóng cầu dao  $CD_2$  sang phía sao, mở máy xong đóng sang phía tam giác.



Hình 7.14

Dòng điện dây khi nối  $\Delta$  :

$$I_{d\Delta} = \frac{\sqrt{3} U_1}{Z_n} \quad (7-13)$$

Dòng điện dây khi nối  $Y$

$$I_{dY} = \frac{U_1}{\sqrt{3} Z_n} \quad (7-14)$$

So sánh (7-13) và (7-14) ta thấy lúc mở máy kiểu đổi nối  $Y/\Delta$  dòng điện dây giảm đi 3 lần. Cũng như trên phương pháp này mômen giảm  $\sqrt{3}^2 = 3$  lần.

#### 4. Điều chỉnh tốc độ động cơ không đồng bộ ba pha

##### Mục tiêu

- Trình bày được các phương pháp điều chỉnh tốc độ động cơ không đồng bộ ba pha.
- Nêu được ưu nhược điểm của mỗi phương pháp điều chỉnh tốc độ đó.
- Tích cực với bài học.

Tốc độ của động cơ điện không đồng bộ:

$$n = n_1(1 - s) = \frac{60f}{p}(1 - s) \quad (\text{vg/ph})$$

Nhìn vào biểu thức trên ta thấy: với động cơ điện không đồng bộ rôto lồng sóc

có thể điều chỉnh tốc độ bằng cách thay đổi tần số dòng điện stato, bằng cách đổi nối dây quấn stato để thay đổi số đôi cực từ p của từ trường hoặc thay đổi điện áp đặt vào dây quấn stato để thay đổi hệ số trượt s. Tất cả các phương pháp điều chỉnh đó đều thực hiện ở phía stato. Đối với động cơ điện không đồng bộ rôto dây quấn thường điều chỉnh tốc độ bằng cách thay đổi điện trở mạch rôto để thay đổi hệ số trượt s, việc điều chỉnh được thực hiện ở phía rôto.

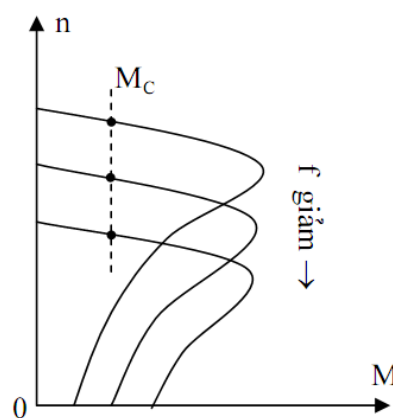
#### 4.1. Điều chỉnh tốc độ bằng thay đổi tần số

Việc thay đổi tần số f của dòng điện stato thực hiện bằng bộ biến đổi tần số.

Từ công thức s.đ.đ pha stato do từ thông của từ trường quay sinh ra có trị số là :

$$E_1 = 4,44fw_1k_{dq1}\phi_{\max}$$

Từ thông  $\phi_{\max}$  tỷ lệ thuận với tỷ số  $U_1/f$ , khi thay đổi tần số người ta mong muốn giữ cho từ thông  $\phi_{\max}$  không thay đổi, để mạch từ máy ở tình trạng định mức. Muốn vậy phải điều chỉnh đồng thời tần số và điện áp, giữ cho tỷ số giữa điện áp và tần số f không đổi.



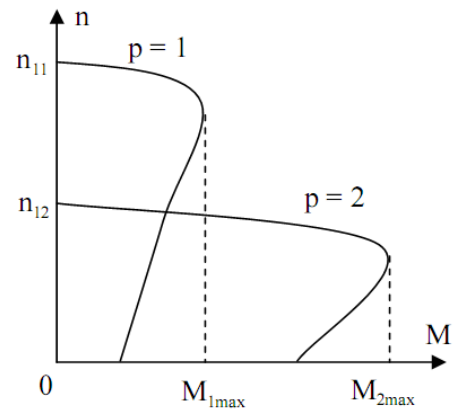
Hình 7.15. Điều chỉnh tốc độ bằng thay đổi tần số

Trên hình 7.15 vẽ họ đặc tính cơ bản động cơ không đồng bộ khi điều chỉnh tốc độ bằng thay đổi tần số  $U_1/f$  không đổi.

Việc điều chỉnh tốc độ quay bằng thay đổi tần số thích hợp khi điều chỉnh cả nhóm động cơ lồng sóc. Điều chỉnh tốc độ bằng thay đổi tần số cho phép điều chỉnh tốc độ một cách bằng phẳng trong phạm vi rộng, song giá thành còn khá lớn.

#### 4.2. Điều chỉnh tốc độ bằng thay đổi số đôi cực

Số đôi cực của từ trường quay phụ thuộc vào cấu tạo dây quấn. Hình 7.5, 7.7 vẽ cấu tạo dây quấn của một pha stato, ứng với từ trường có  $p = 1$  và  $p = 2$ . Bằng cách đấu lại dây quấn, một động cơ hai cực ( $p = 1$ ) có thể thành bốn cực ( $p = 2$ ). Động cơ không đồng bộ có cấu tạo dây quấn để thay đổi số đôi cực từ được gọi là động cơ nhiều cấp tốc độ. Phương pháp này chỉ dùng cho loại động cơ rôto lồng sóc.

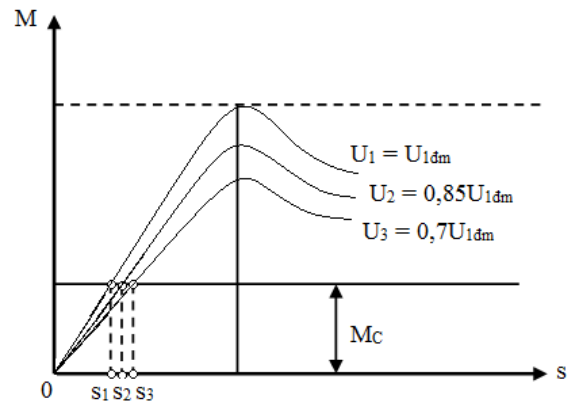


Hình 7.16. Điều chỉnh tốc độ bằng cách thay đổi số đôi cực

Mặc dù điều chỉnh tốc độ nhảy cấp, nhưng có ưu điểm là giữ nguyên độ cứng của đặc tính cơ (hình 7.16), động cơ nhiều cấp tốc độ được sử dụng rộng rãi trong các máy luyện kim, máy tàu thủy v.v...

#### 4.3. Điều chỉnh tốc độ bằng thay đổi điện áp cung cấp cho stator

Phương pháp này chỉ được thực hiện việc giảm điện áp. Khi giảm điện áp đường đặc tính  $M = f(s)$  sẽ thay đổi (hình 7.18) do đó hệ số trượt thay đổi, tốc độ động cơ thay đổi. Hệ số trượt  $s_1, s_2, s_3$  ứng với điện áp  $U_{1đm}, 0,85 U_{1đm}, 0,7 U_{1đm}$ .



Hình 7.18

Nhược điểm của phương pháp này là giảm khả năng quá tải của động cơ, giải điều chỉnh

tốc độ hẹp, tăng tổn hao ở dây quấn roto  $\Delta P_{đt} = sP_{đt} = sM\omega_1$ . Việc điều chỉnh tốc độ bằng thay đổi điện áp được dùng chủ yếu với các động cơ công suất nhỏ có hệ số trượt tới hạn  $s_{th}$  lớn.

#### 4.4. Điều chỉnh tốc độ bằng thay đổi điện trở mạch roto của động cơ roto dây quấn

Thay đổi điện trở dây quấn roto, bằng cách mắc biến trở ba pha vào mạch roto như hình 7.10a.

Biến trở điều chỉnh tốc độ phải làm việc lâu dài nên có kích thước lớn hơn biến trở khởi động. Họ đặc tính cơ của động cơ không đồng bộ rôto dây quấn khi dùng biến trở điều chỉnh tốc độ trình bày trên hình 7.10b. Ta thấy rằng khi tăng

điện trở, tốc độ quay của động cơ giảm.

Phương pháp này gây tổn hao trong biến trở nên làm hiệu suất động cơ giảm. Tuy vậy, đây là phương pháp khá đơn giản, tốc độ được điều chỉnh liên tục trong phạm vi tương đối rộng nên được dùng nhiều trong các động cơ công suất cỡ trung bình.

## 5. Động cơ không đồng bộ một pha

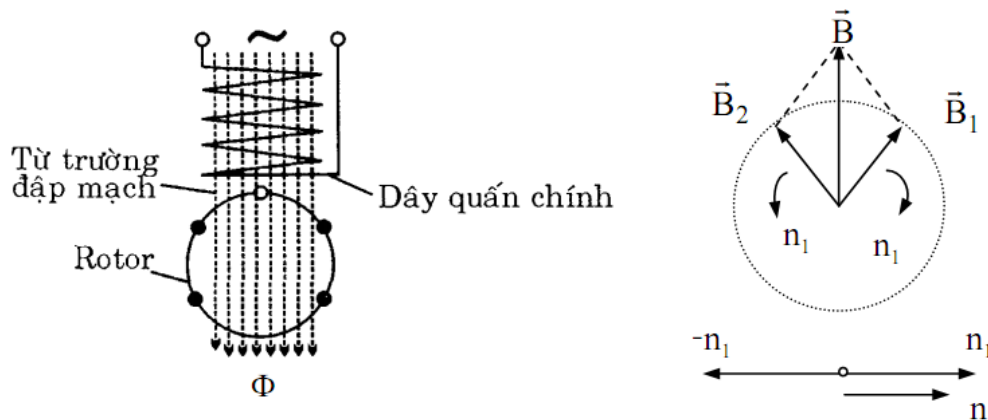
### Mục tiêu

- Trình bày được cấu tạo và nguyên lý làm việc của động cơ không đồng bộ một pha.
- Nêu được các phương pháp khởi động động cơ không đồng bộ một pha.
- Hứng thú với bài học.

Về cấu tạo, stato động cơ một pha chỉ có dây quấn một pha, rôto thường là lồng sóc (hình 7.19a). Dây quấn stato không tạo ra từ trường quay. Do sự biến thiên của dòng điện, chiều và trị số từ trường thay đổi, nhưng phương của từ trường cố định trong không gian. Từ trường này gọi là từ trường đập mạch:

Vì không phải là từ trường quay, nên khi ta cho điện vào dây quấn stato, động cơ không tự quay được. Để cho động cơ làm việc được, trước hết ta phải quay rôto của động cơ điện theo chiều nào đó, rôto sẽ tiếp tục quay theo chiều ấy và động cơ làm việc.

Để giải thích rõ hiện tượng xảy ra trong động cơ điện một pha, ta phân tích từ trường đập mạch thành hai từ trường quay, quay ngược chiều nhau cùng tần số  $n_1$ , và biên độ bằng một nửa biên độ từ trường đập mạch.



Hình 7.19

Trong đó từ trường quay  $\vec{B}_1$  có chiều quay trùng với chiều quay roto, được gọi là từ trường quay thuận, còn từ trường  $\vec{B}_2$  có chiều quay ngược chiều quay roto gọi là từ trường quay ngược. Trên hình 7.19  $\vec{B}$  là từ trường đập mạch, còn  $\vec{B}_1$  và  $\vec{B}_2$  quay với tốc độ  $n_1$  và bao giờ ta cũng có:

$$B = B_1 + B_2 \quad (7-15)$$

Gọi  $n$  là tốc độ roto, hệ số trượt đối với từ trường quay thuận là :

$$s_1 = \frac{n_1 - n}{n_1} = s \quad (7-16)$$

Hệ số trượt  $s_2$  ứng với từ trường quay ngược :

$$s_2 = \frac{n_1 + n}{n_1} = \frac{n_1 + (1 - s_1)n_1}{n_1} = 2 - s_1 = 2 - s \quad (7-17)$$

Do đó ta có bảng sau về quan hệ giữa các hệ số trượt

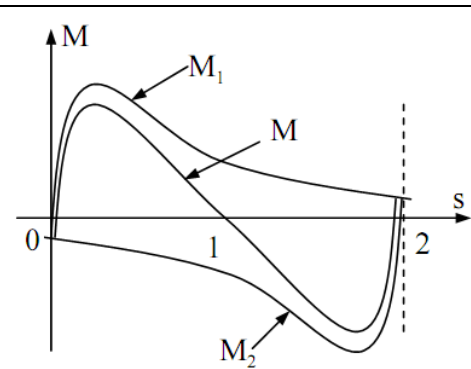
$s = s_1$	0	1	2
$s_2$	2	1	0

Trên hình 7.20 vẽ mômen quay  $M_1$  do từ trường thuận sinh ra có trị số dương và  $M_2$  do từ trường gây ra có trị số âm.

Mômen quay của động cơ là tổng đại số mômen  $M_1$  và  $M_2$  :

$$M = M_1 + M_2$$

Từ đường đặc tính mômen, chúng ta thấy rằng, lúc mở máy,  $s = s_1 = s_2 = 1$ ,  $M_1 = M_2$  và mômen mở máy  $M_{mở} = 0$ , động cơ điện không tự mở máy được. Nhưng nếu ta tác động làm cho động cơ quay, hệ số trượt  $s < 1$ , lúc đó động cơ có mômen  $M$ , sẽ tiếp tục quay.



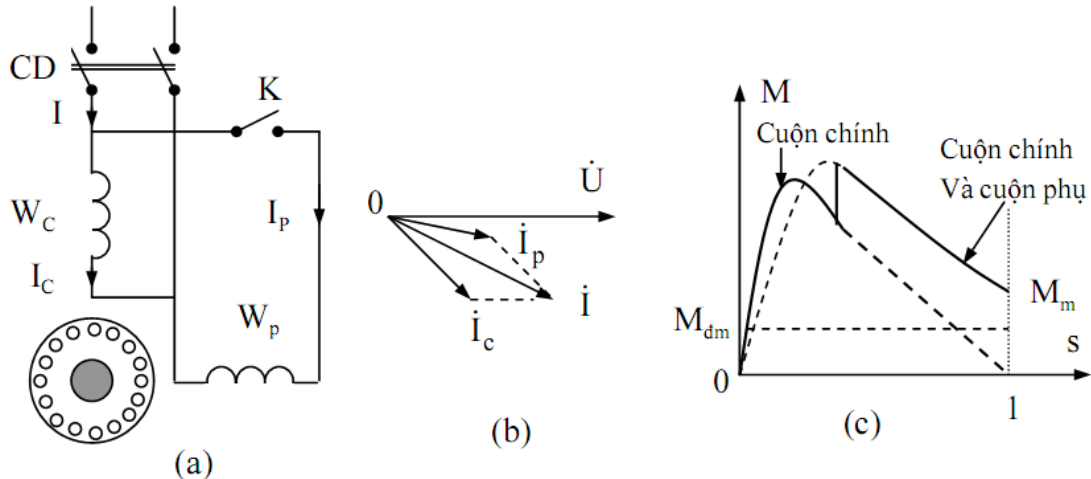
Hình 7.20

Vì thế ta phải có biện pháp mở máy, nghĩa là phải tạo cho động cơ một pha mômen mở máy. Ta thường dùng các biện pháp dây quấn phụ, vòng ngắn mạch ở cực từ.

### 5.1. Dùng dây quấn phụ mở máy

Loại động cơ này được dùng khá phổ biến như máy điều hòa, máy giặt, dụng cụ cầm tay, quạt điện, bơm ly tâm ...

Các phần chính của loại động cơ này cho trên hình 7.21a, gồm dây quấn chính  $W_c$  (dây quấn làm việc), dây quấn phụ (dây quấn khởi động  $W_m$ ). Hai cuộn dây này đặt lệch nhau một góc  $90^\circ$  điện trong không gian. Và rôto lồng sóc.



Hình 7.21. Động cơ dùng dây quấn phụ

*a. Sơ đồ kết cấu ; b. Đồ thị vectơ lúc khởi động ; c. Đặc tính  $M=f(s)$*

Để có được mômen khởi động, người ta tạo ra góc lệch pha giữa dòng điện qua cuộn chính  $I_c$  và dòng qua cuộn dây phụ  $I_p$  bằng cách mắc thêm một điện trở nối tiếp với cuộn phụ hoặc dùng dây quấn cỡ nhỏ hơn cho cuộn phụ, góc lệch này thường nhỏ hơn  $30^\circ$ . Dòng trong dây quấn chính và trong dây quấn phụ sinh ra từ trường quay để tạo ra mômen khởi động. Đồ thị vectơ lúc khởi động được trình bày trên hình 7.21b.

Khi tốc độ đạt được  $70 \div 75$  % tốc độ đồng bộ, cuộn dây phụ được cắt ra nhờ công tắc ly tâm K và động cơ tiếp tục làm việc với cuộn dây chính. Đặc tính mômen được trình bày trên hình 7.21c.

### 5.2. Động cơ không đồng bộ 1 pha có tụ khởi động

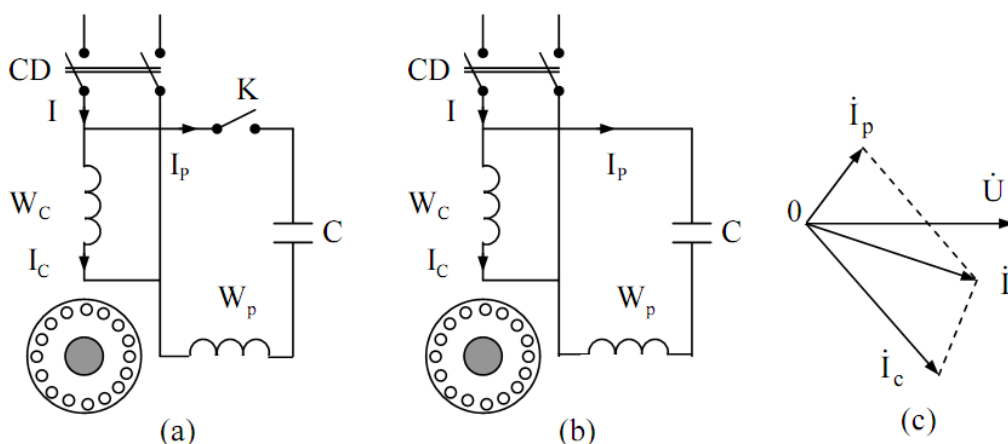
Các động cơ không đồng bộ một pha có cuộn dây phụ được mắc nối tiếp với một tụ điện được gọi là động cơ tụ điện. Loại động cơ này có cuộn dây phụ bố trí

lệch so với cuộn dây chính một góc  $90^\circ$  điện trong không gian, để tạo góc lệch về thời gian ta mắc nối tiếp với cuộn dây phụ một tụ điện. Nếu tụ điện mắc nối tiếp với cuộn phụ chọn giá trị thích hợp thì góc lệch pha giữa  $I_c$  và  $I_p$  là gần  $90^\circ$  (hình 7.22b). Tùy theo yêu cầu về mômen khởi động và mômen lúc làm việc, ta có các loại động cơ tụ điện như sau:

a. *Động cơ dùng tụ điện khởi động (hình 7.22a)*. Khi khởi động tốc độ động cơ đạt đến  $75 \div 85\%$  tốc độ đồng bộ, công tắc K mở ra và động cơ sẽ đạt đến tốc độ ổn định.

b. *Động cơ dùng tụ điện thường trực (hình 7.22b)*. Cuộn dây phụ và tụ điện khởi động được mắc luôn khi động cơ làm việc bình thường. Loại này có công suất thường nhỏ hơn 500W và có đặc tính cơ tốt.

Ngoài ra, để cải thiện đặc tính làm việc và mômen khởi động ta dùng động cơ hai tụ điện. Một tụ điện khởi động khá lớn (khoảng  $10 \div 15$  lần tụ điện thường trực) được ghép song song với tụ điện thường trực. Khi khởi động tốc độ động cơ đạt đến  $75 \div 85\%$  tốc độ đồng bộ, tụ điện khởi động được cắt ra khỏi cuộn phụ, chỉ còn tụ điện thường trực nối với cuộn dây phụ khi làm việc bình thường.



Hình 7.22. Động cơ một pha dùng tụ điện

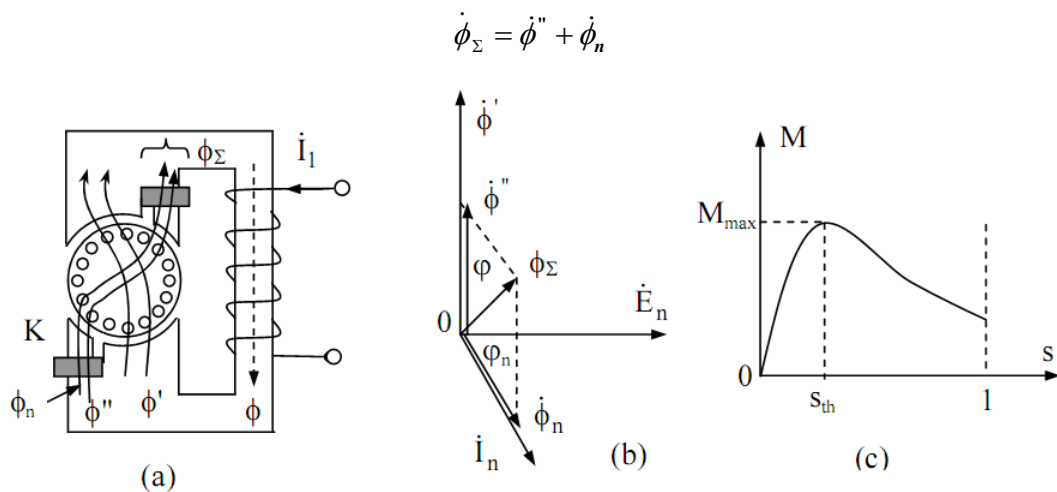
a. Tụ điện khởi động; b. Tụ điện thường trực; c. Đồ thị vectơ

### 5.3. Động cơ có vòng ngắn mạch ở cực từ.

Hình 7.23a cho thấy cấu tạo loại động cơ này. Trên stato ta đặt dây quấn một pha và cực từ được chia làm hai phần, phần có vòng ngắn mạch K ôm  $1/3$  cực từ và



rôto lồng sóc. Dòng điện chạy trong dây quấn stato  $\dot{I}_1$  tạo nên từ thông  $\dot{\phi}'$  qua phần cực từ không vòng ngắn mạch và từ thông  $\dot{\phi}''$  qua phần cực từ có vòng ngắn mạch. Từ thông  $\dot{\phi}''$  cảm ứng trong vòng ngắn mạch s.đ.đ  $\dot{E}_n$ , chậm pha so với  $\dot{\phi}''$  một góc  $90^\circ$  (hình 7.23b). Vòng ngắn mạch có điện trở và điện kháng nên tạo ra dòng điện  $\dot{I}_n$  chậm pha so với  $\dot{E}_n$  một góc  $\varphi_n < 90^\circ$ . Dòng điện  $\dot{I}_n$  tạo ra từ thông  $\dot{\phi}_n$  và ta có từ thông tổng qua phần cực từ có vòng ngắn mạch :



Hình 7.23. Động cơ KĐ một pha có vòng ngắn mạch ở cực từ  
 $\alpha$ . Cấu tạo; b. Đồ thị vectơ; c. Đặc tính mômen

Từ thông này lệch pha so với từ thông qua phần cực từ không có vòng ngắn mạch một góc là  $\varphi$ . Do từ thông  $\dot{\phi}'$  và  $\dot{\phi}_\Sigma$  lệch nhau trong không gian nên chúng tạo ra từ trường quay và làm quay rôto. Loại động cơ này có mômen khởi động khá nhỏ  $M_k = (0,2-0,5)M_{dm}$ , hiệu suất thấp (từ 25 – 40%), thường chế tạo với công suất 20 – 30W, đôi khi cũng có chế tạo công suất đến 300W và hay sử dụng làm quạt bàn, quạt trần, máy quay đĩa ...

**Kiến thức cần thiết để thực hiện công việc.**

- Cấu tạo và nguyên lý hoạt động của động cơ không đồng bộ ba pha
- Mở máy động cơ không đồng bộ ba pha

- Điều chỉnh tốc độ động cơ không đồng bộ ba pha
- Động cơ không đồng bộ một pha

### **Các bước và cách thức thực hiện công việc**

*Trả lời các câu hỏi sau:*

1. Trình bày sự hình thành từ trường quay của máy điện ba pha? Nêu đặc điểm từ trường quay?
2. Trình bày cấu tạo của động cơ không đồng bộ ba pha?
3. Trình bày nguyên lý làm việc của động cơ không đồng bộ ba pha?
4. Trình bày các phương pháp khởi động động cơ không đồng bộ ba pha roto lồng sóc?
5. Nêu phương pháp khởi động động cơ roto dây quấn?
6. Nêu nguyên lý làm việc của động cơ không đồng bộ một pha?
7. Nêu các phương pháp mở máy động cơ không đồng bộ ba pha?

### **Yêu cầu về đánh giá kết quả học tập**

- Kiểm tra viết 45 phút

#### ***Câu hỏi***

1. Trình bày cấu tạo của động cơ không đồng bộ ba pha?

*Gợi ý:*- gồm 2 bộ phận chính là rôto và stator.

+ Roto: Lõi thép

Dây quấn

+ Stator: Lõi thép

Dây quấn

2. Trình bày các phương pháp khởi động động cơ không đồng bộ ba pha roto lồng sóc?

*Gợi ý:* Các phương pháp khởi động động cơ không đồng bộ ba pha roto lồng sóc gồm:

Khởi động trực tiếp và giảm điện áp stato khi mở máy

- Giảm điện áp stato khi mở máy gồm các phương pháp:

+ Dùng cuộn điện kháng nối nối tiếp vào mạch stato

+ Dùng máy tự biến áp

+ Phương pháp đổi nối Y/ $\Delta$

# CHƯƠNG 8

## MÁY ĐIỆN 1 CHIỀU

### Mã chương: 14.8

#### **Giới thiệu**

Ngày nay mặc dù dòng điện xoay chiều được sử dụng rất rộng rãi, song máy điện một chiều vẫn tồn tại đặc biệt là động cơ một chiều. Động cơ một chiều thường được sử dụng ở những nơi yêu cầu mômen mở máy lớn hoặc yêu cầu điều chỉnh tốc độ bằng phẳng, phạm vi rộng.

Trong các thiết bị tự động, ta thấy các máy điện khuếch đại, các động cơ chấp hành cũng là máy điện một chiều. Ngoài ra, các máy điện một chiều còn thấy trong các thiết bị điện ô tô, tàu thủy, máy bay... Các máy phát điện một chiều điện áp thấp dùng trong các thiết bị điện hóa, thiết bị hàn điện có chất lượng cao

Thiếu sót chủ yếu của máy điện một chiều là có cở góp làm cho cấu tạo phức tạp, đắt tiền và kém tin cậy, nguy hiểm trong môi trường dễ nổ. Khi sử dụng động cơ một chiều, cần có nguồn điện một chiều kèm theo (máy phát điện một chiều hay bộ chỉnh lưu).

#### **Mục tiêu**

- + Mô tả được cấu tạo, nguyên lý hoạt động của máy điện một chiều.
- + Phân biệt được các loại động cơ điện một chiều.
- + Rèn luyện tính kỷ luật, kiên trì, cẩn thận, nghiêm túc, chủ động và tích cực sáng tạo trong học tập.

#### **Nội dung chính**

Nội dung của bài	Thời gian (giờ)				Hình thức giảng dạy
	T.Số	LT	TH/BT	KT*	
1. Cấu tạo – nguyên lý làm việc của máy điện một chiều	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>0</b>		
1.1. Cấu tạo	0,25	0,25			

1.1.1. Stator		0,125			LT
1.1.2. Rotor		0,125			LT
1.2. Nguyên lý máy phát một chiều	0,5	0,5			LT
1.3. Nguyên lý động cơ một chiều	0,25	0,25			LT
2. Phân loại máy điện một chiều	1	1	0		
2.1. Phân loại máy phát điện một chiều	0,75	0,75			LT
2.1.1. Máy phát điện một chiều kích từ độc lập		0,25			LT
2.1.2. Máy phát điện một chiều kích từ song song		0,25			LT
2.1.3. Máy phát điện một chiều kích từ nối tiếp		0,1			LT
2.1.4. Máy phát điện một chiều kích từ hỗn hợp		0,15			LT
2.2. Phân loại động cơ điện một chiều		0,25			LT

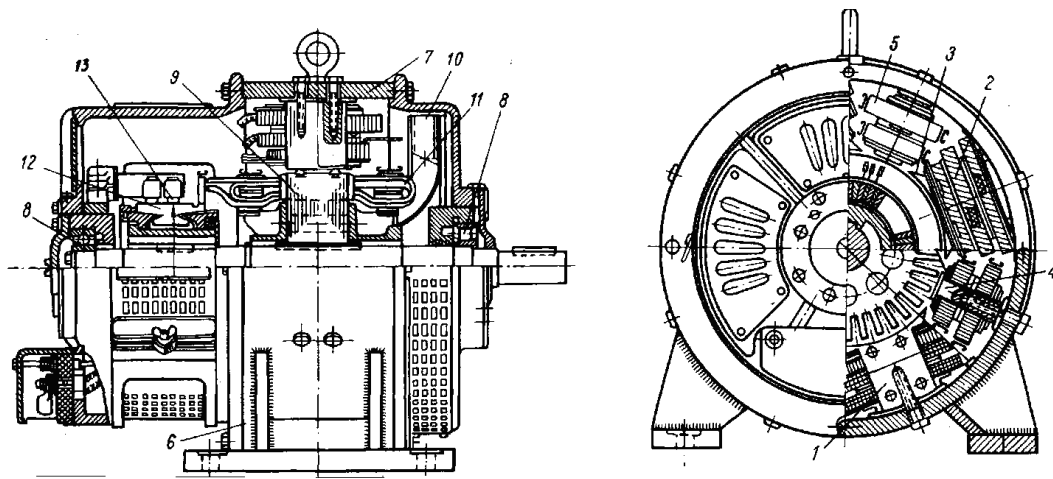
## **1. Cấu tạo – nguyên lý làm việc của máy điện một chiều.**

### **Mục tiêu**

- Trình bày được cấu tạo và nguyên lý làm việc của máy điện một chiều.
- Nhận biết được cấu tạo của máy điện một chiều trong thực tế.
- Tích cực với bài học.

### **1.1. Cấu tạo**

Máy điện một chiều gồm stator với cực từ, rotor với dây quấn và cổ góp với chổi điện.

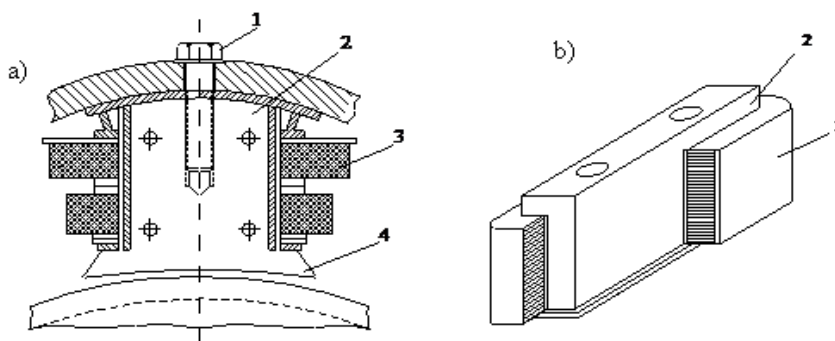


Hình 8.1. Cấu tạo của máy điện một chiều.

1. Lõi thép cực từ chính; 2. Dây quấn cực từ chính; 3. Mỡm cực từ; 4. Lõi thép cực từ phụ; 9. Dây quấn cực từ phụ; 6. Thân máy; 7. Gông từ; 8. Ổ bi; 9. Lõi thép phân ứng; 10. Quạt gió; 11. Dây quấn phân ứng; 12. Cổ góp; 13. Chổi than

### 1.1.1. Cấu tạo của stato

Giống như những máy điện quay khác nó cũng gồm phần đứng im (stato) và phần quay (rôto). Về chức năng máy điện một chiều cũng được chia thành phần cảm (kích từ) và phần ứng (phần biến đổi năng lượng). Khác với máy điện đồng bộ ở máy điện một chiều phần cảm bao giờ cũng ở phần tĩnh còn phần ứng là ở rôto.



Hình 8.2 Cấu tạo các cực của máy điện một chiều

a) Cực chính, b) Cực phụ

Stato máy điện một chiều là phần cảm, nơi tạo ra từ thông chính của máy. Stato gồm các chi tiết sau:

### a. Cực chính

Trên hình 8.2a biểu diễn một cực chính gồm: Lõi cực 2 được làm bằng các lá thép điện kỹ thuật ghép lại, mặt cực 4 có nhiệm vụ làm cho từ thông dễ đi qua khe khí. Cuộn dây kích từ 3 đặt trên lõi cực cách điện với thân cực bằng một khuôn cuộn dây cách điện. Cuộn dây kích từ làm bằng dây đồng có tiết diện tròn, cuộn dây được tẩm sơn cách điện nhằm chống thấm nước và tăng độ dẫn nhiệt. Để tản nhiệt tốt cuộn dây được tách ra thành những lớp, đặt cách nhau một rãnh làm mát.

### b. Cực phụ (hình 8.2.b)

Cực phụ nằm giữa các cực chính, thông thường số cực phụ bằng 1/2 số cực chính. Lõi thép cực phụ (2) thường là bột thép ghép lại, ở những máy có tải thay đổi thì lõi thép cực phụ cũng được ghép bằng các lá thép. Cuộn dây 3 đặt trên lõi thép 2. Khe khí ở cực phụ lớn hơn khe khí ở cực chính.

### c. Thân máy

Thân máy làm bằng gang hoặc thép, cực chính và cực phụ được gắn vào thân máy. Tùy thuộc vào công suất của máy mà thân máy có chứa hộp ổ bi hoặc không. Máy có công suất lớn thì hộp ổ bi làm rời khỏi thân máy. Thân máy được gắn với chân máy. Ở vỏ máy có gắn bảng định mức với các thông số sau đây:

- Công suất định mức  $P_{đm}$ .
- Tốc độ định mức  $n_{đm}$
- Điện áp định mức  $U_{đm}$
- Dòng điện định mức  $I_{đm}$
- Dòng kích từ định mức  $I_{ktđm}$

#### 1.1.2. Cấu tạo của roto

Còn gọi phần ứng gồm lõi thép, dây quấn phần ứng và cổ góp.

#### a. Lõi thép rotor

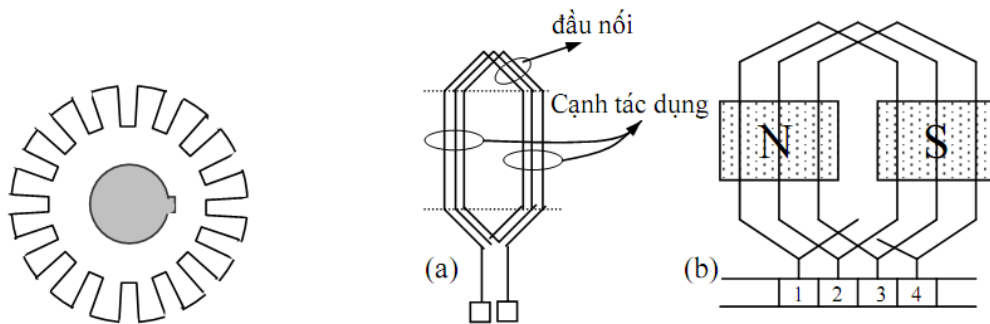
Hình trụ làm bằng các lá thép kỹ thuật dày 0,5 mm phủ sơn cách điện, ghép lại để giảm tổn hao do dòng điện xoáy gây ra. Các lá thép được rập có lỗ thông gió và rãnh để đặt dây quấn phần ứng. Trong những máy cỡ trung bình trở lên đôi khi

còn có lỗ để tạo sự thông gió dọc trục còn ở máy lớn hơn thì lõi sắt được chia thành từng đoạn nhỏ, giữa các đoạn ấy ta để một khe hở để thông gió ngang trục.

*b. Dây quấn phân ứng:*

Phản ứng của máy điện một chiều còn gọi là rôto, gồm lõi thép, dây quấn phân ứng, cổ góp và trục máy.

- *Lõi thép phân ứng* : hình trụ làm bằng các lá thép kỹ thuật điện dày 0,5 mm, phủ sơn cách điện ghép lại. Các lá thép được dập các lỗ thông gió và rãnh để đặt dây quấn phân ứng (hình 8.3).

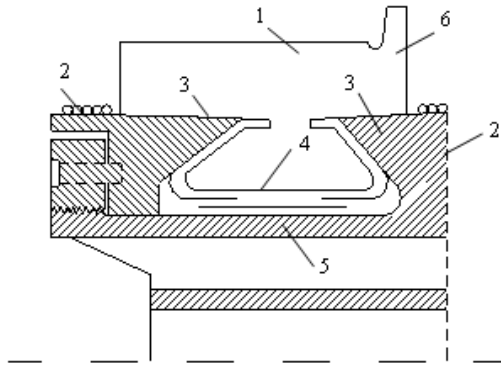


Hình 8.3. Lá thép roto

Hình 8.4. Dây quấn phân ứng máy điện một chiều  
a. Phân tử dây quấn, b. Bố trí phân tử dây quấn

- *Dây quấn phân ứng* : gồm nhiều phần tử mắc nối tiếp với nhau, đặt trong các rãnh của phần ứng tạo thành một hoặc nhiều vòng kín. Phần tử của dây quấn là một bó dây gồm một hoặc nhiều vòng dây, hai đầu nối với hai phiến góp của vành góp (hình 8.4a), hai cạnh tác dụng của phần tử đặt trong hai rãnh dưới hai cực từ khác tên (hình 8.4b).

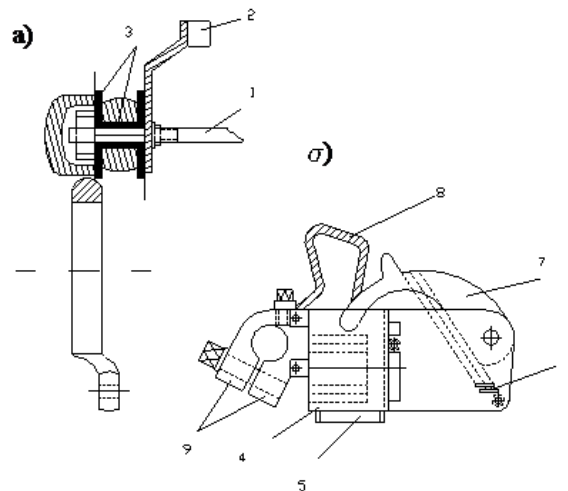
- *Cổ góp (vành góp)* hay còn gọi là vành đổi chiều gồm nhiều phiến đồng hình đuôi nhọn được ghép thành một khối hình trụ, cách điện với nhau và cách điện với trục máy.



Hình 8.5. Kích thước ngang của cổ góp

1-Phiến góp, 2-Ép vỏ, 3-Cách điện, 4-Phiến cách điện, 5-Ống cổ góp, 6-Chổi  
 Các bộ phận khác như trục máy, quạt làm mát máy...

- *Thiết bị chổi:* Để đưa dòng điện ra ngoài phải dùng thiết bị chổi gồm: chổi than được làm bằng than granit vừa đảm bảo độ dẫn điện tốt vừa có khả năng chống mài mòn, bộ giữ chổi được làm bằng kim loại gắn vào stator, có lò so tạo áp lực chổi và các thiết bị phụ khác.



Hình 8.6. Thiết bị chổi.

a. Thanh giữ chổi, b.Thiết bị giữ chổi.

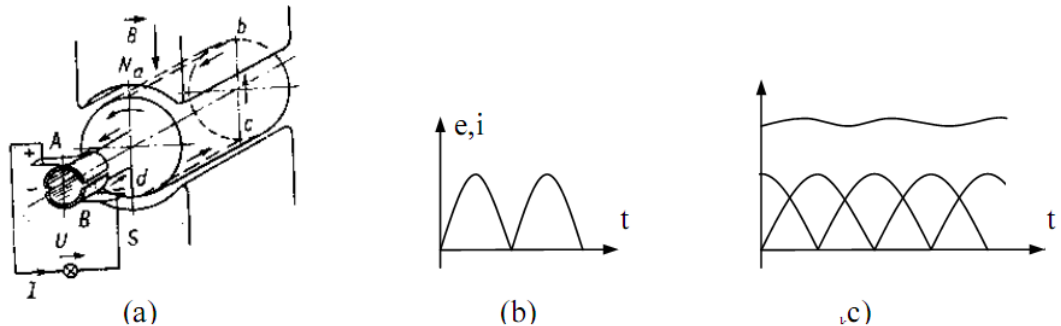
1.Ốc vít, 2.Dây dẫn, 3.Cách điện, 4.Giữ chổi, 5.Chổi, 6.Lò so,  
 7.Đòn gánh, 8.Dây dẫn điện ra, 9.Ốc giữ chổi.

## 1.2. Nguyên lý máy phát một chiều

Sơ đồ nguyên lý làm việc của máy phát điện một chiều như hình 9.7. Máy gồm



có một khung dây abcd có đầu nối với hai phiến góp. Khung dây và phiến góp quay quanh trục của nó với tốc độ không đổi trong từ trường của hai cực nam châm N-S. Các chổi điện A, B đặt cố định và luôn luôn tỳ sát vào phiến góp.



Hình 8.7. Sơ đồ nguyên lý làm việc của máy phát một chiều

a). Mô tả nguyên lý máy phát; b) S.đ.đ máy phát có một phần tử;

c) S.đ.đ máy phát có nhiều phần tử.

Khi động cơ sơ cấp quay phần ứng (khung dây abcd) máy phát trong từ trường đều của phần cảm (nam châm S-N), các thanh dẫn của dây quấn phần ứng cắt từ trường phần cảm, theo định luật cảm ứng điện từ, trong khung dây sẽ cảm ứng s.đ.đ xoay chiều mà trị số tức thời của nó được xác định theo biểu thức :

$$e = Blv \quad (8-1)$$

Trong đó:

B: (T) từ cảm nơi thanh dẫn quét qua.

l (m): chiều dài dây dẫn nằm trong từ trường.

v (m/s): tốc độ dài của thanh dẫn.

Chiều của s.đ.đ được xác định theo qui tắc bàn tay phải. Vậy theo hình 8.7a, s.đ.đ của thanh dẫn ab nằm dưới cực từ N có chiều đi từ b đến a, còn của thanh dẫn cd nằm dưới cực S có chiều đi từ d đến c. Nếu nối hai chổi than A và B với tải thì s.đ.đ trong khung dây sẽ sinh ra trong mạch ngoài một dòng điện chạy từ chổi than A đến chổi than B.

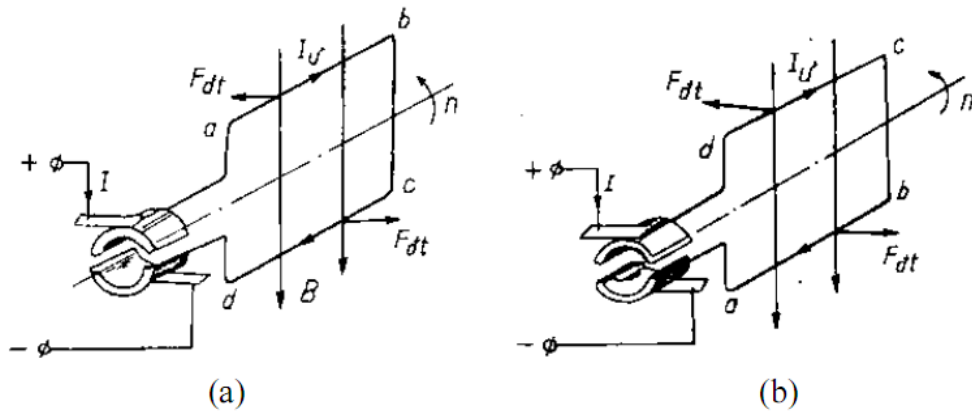
Khi phần ứng quay được nửa vòng, vị trí của phần tử thay đổi, thanh dẫn ab ở cực S, thanh dẫn cd ở cực N, s.đ.đ trong thanh dẫn đổi chiều. Nhờ chổi điện đứng

yên, chổi A vẫn tiếp xúc với phiến góp trên, chổi B tiếp xúc với phiến góp dưới, nên chiều dòng điện ở mạch ngoài không đổi chiều. Nhờ cổ góp và chổi than, điện áp trên chổi và dòng điện qua tải là điện áp và dòng điện một chiều.

Nếu máy chỉ có một phân tử, điện áp đầu cực máy phát như hình 8.7b. Để điện áp ra lớn và ít đập mạch (hình 8.7c), dây quấn phần ứng phải có nhiều phân tử và nhiều phiến đổi chiều.

### 1.3. Nguyên lý động cơ một chiều

Trên hình 8.8 khi cho điện áp một chiều  $U$  vào hai chổi điện A và B, trong dây quấn phần ứng có dòng điện. Các thanh dẫn  $ab$  và  $cd$  mang dòng điện nằm trong từ trường sẽ chịu lực tác dụng tương hỗ lên nhau tạo nên mômen tác dụng lên roto, làm roto quay. Chiều lực tác dụng được xác định theo qui tắc bàn tay trái (hình 8.9a).



Hình 8.8. Mô tả nguyên lý làm việc của động cơ điện một chiều

Khi phần ứng quay được nửa vòng, vị trí thanh dẫn  $ab$ ,  $cd$  đổi chỗ nhau (hình 8.8b), nhờ có phiến góp đổi chiều dòng điện, nên dòng điện một chiều biến đổi thành dòng điện xoay chiều đưa vào dây quấn phần ứng, giữ cho chiều lực tác dụng không đổi, do đó lực tác dụng lên rôto cũng theo một chiều nhất định, đảm bảo động cơ có chiều quay không đổi.

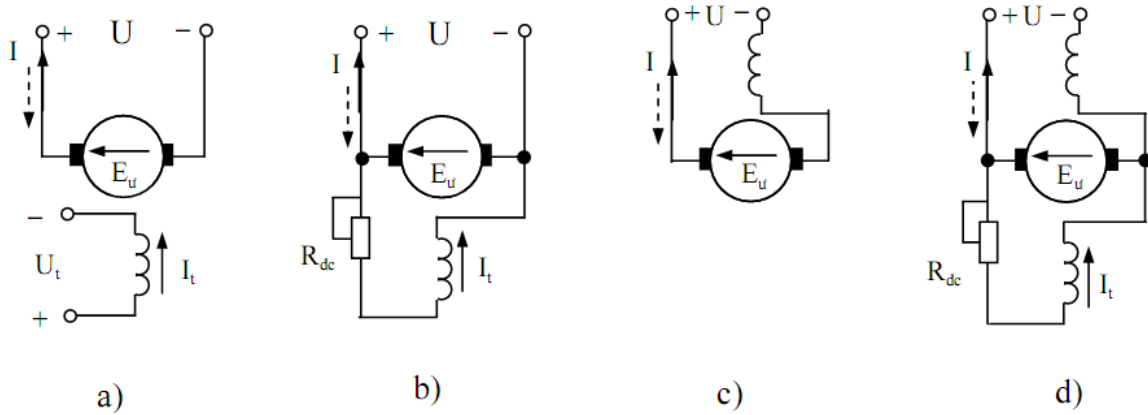
## 2. Phân loại máy điện một chiều

### Mục tiêu

- Trình bày được đặc điểm của các máy phát và động cơ điện một chiều.
- Nhận biết được ứng dụng của chúng trong thực tế.

- Hứng thú với bài học.

Ta đã phân máy điện một chiều thành máy phát điện một chiều và động cơ điện một chiều. Song tùy theo cách kích thích của cực từ chính, ta còn phân máy điện một chiều thành các loại như sau:



Hình 8.9. Sơ đồ nguyên lý máy điện một chiều

a. Kích thích độc lập; b. Kích thích song song; c. Kích thích nối tiếp;

d. Kích thích hỗn hợp. (mũi tên nét đứt chỉ dòng điện ở chế độ động cơ)

1. Máy điện một chiều kích thích độc lập (hình 8.9a): Mạch phần ứng không liên hệ trực tiếp về điện với mạch kích thích. Nếu máy có công suất nhỏ thì cực từ chính thường dùng nam châm vĩnh cửu, còn máy có công suất lớn cần có nguồn kích thích riêng để có thể điều chỉnh điện áp hoặc tốc độ trong phạm vi rộng.

2. Máy điện một chiều kích thích song song (hình 8.9b): Mạch kích thích nối song song với mạch phần ứng.

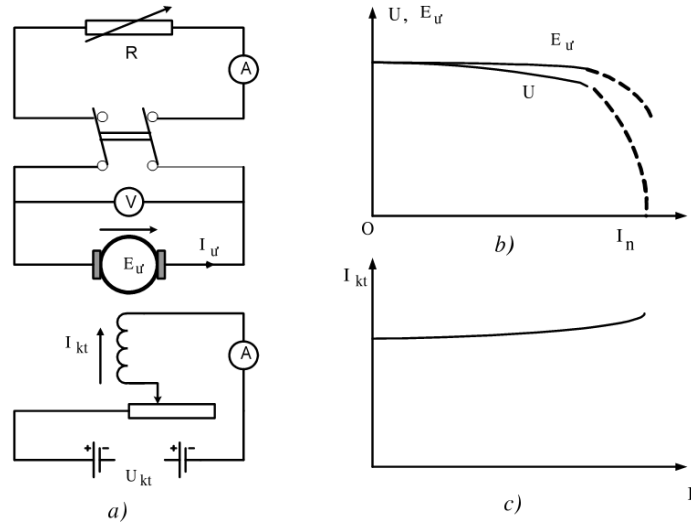
3. Máy điện một chiều kích thích nối tiếp (hình 8.9c): Mạch kích thích mắc nối tiếp với mạch phần ứng.

4. Máy điện một chiều kích thích hỗn hợp (hình 8.9d): Vừa kích thích song song vừa kích thích nối tiếp.

## 2.1. Phân loại máy phát điện một chiều

### 2.1.1. Máy phát điện một chiều kích từ độc lập

Dòng điện kích từ  $I_t$  do nguồn một chiều ngoài máy tạo ra, không phụ thuộc dòng điện phần ứng  $I_r$  (hình 8.10).



Hình 8.10. Mạch tương đương của máy phát kích từ độc lập

Các phương trình của máy phát một chiều kích từ độc lập:

$$\text{Phương trình dòng điện : } I_{\text{ư}} = I \quad (8-2a)$$

Phương trình điện áp :

$$+ \text{ Mạch kích từ : } U_{\text{kt}} = I_{\text{kt}}(R_{\text{kt}} + R_{\text{đc}}) \quad (8-2b)$$

$$+ \text{ Mạch phần ứng : } E_{\text{ư}} = U + R_{\text{ư}}I_{\text{ư}} \quad (8-2c)$$

Trong đó :  $U_{\text{kt}}$ : điện áp nguồn kích thích để tạo ra dòng kích từ  $I_{\text{kt}}$ .

$R_{\text{kt}}$  : điện trở của cuộn dây kích thích.

$R_{\text{đc}}$  : biến trở để điều chỉnh dòng điện kích thích  $I_{\text{kt}}$ .

$R_{\text{ư}}$  : điện trở dây quấn kích thích.

$R_{\text{đc}}$  : điện trở điều chỉnh.

$R_{\text{ư}}$  : điện trở mạch phần ứng.

Khi dòng điện tải  $I$  tăng, dòng điện phần ứng tăng, điện áp  $U$  giảm xuống do hai nguyên nhân sau:

- Tác dụng của từ trường phần ứng làm cho từ thông  $\phi$  giảm, kéo theo s.đ.đ  $E_{\text{ư}}$  giảm.
- Điện áp rơi trong mạch phần ứng  $R_{\text{ư}}I_{\text{ư}}$  tăng.

Đường đặc tính ngoài  $U = f(I)$  khi tốc độ và dòng điện kích từ không đổi, vẽ trên hình 8.10a. Khi tải tăng điện áp giảm, độ giảm điện áp khoảng 8 ÷ 10% điện áp khi không tải.

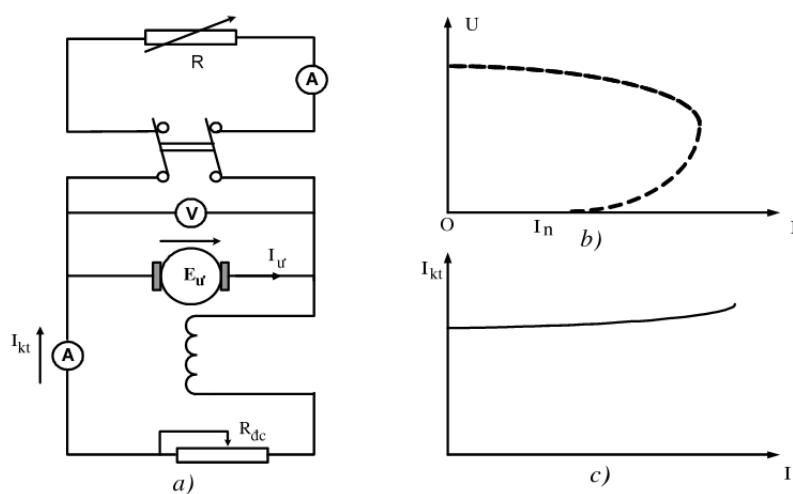
Để giữ cho điện áp không đổi phải tăng dòng điện kích từ. Đường đặc tính điều chỉnh  $I_{kt} = f(I)$ , khi giữ điện áp và tốc độ không đổi vẽ trên hình 8.10b.

Máy phát kích từ độc lập có ưu điểm về điều chỉnh điện áp, thường gặp trong các hệ thống máy phát- động cơ truyền động máy cán, máy cắt kim loại, thiết bị tự động trên tàu thủy, máy bay v.v... song có nhược điểm là cần có nguồn kích từ riêng.

### 2.1.2. Máy phát điện một chiều kích từ song song

Hình 8.11 trình bày mạch điện tương đương của máy phát điện một chiều kích từ song song. Để thành lập điện áp cần thực hiện một quá trình tự kích.

Lúc đầu máy không có dòng điện tự kích từ, từ thông trong máy do từ dư của cực từ tạo ra, bằng khoảng  $2 \div 3\%$  từ thông định mức. Khi quay phần ứng, trong dây quấn phần ứng sẽ có s.đ.đ cảm ứng do từ thông dư sinh ra. S.đ.đ này khép mạch qua dây quấn kích từ (điện trở mạch kích từ ở vị trí nhỏ nhất), sinh ra dòng điện kích từ, làm tăng từ trường cho máy. Quá trình tiếp tục cho đến khi đạt điện áp ổn định. Để máy có thể thành lập điện áp, cần thiết phải có từ dư và chiều từ trường dây quấn kích từ phải cùng chiều từ trường dư. Nếu không còn từ dư, ta phải môi để tạo từ dư, nếu chiều hai từ trường ngược nhau, ta phải đổi cực tính dây quấn kích từ hoặc đổi chiều quay phần ứng.



Hình 8.11. Sơ đồ máy phát điện kích từ song song

a. Đặc tính ngoài, b. Đặc tính điều chỉnh

Các phương trình cân bằng của máy phát kích thích song song :

$$\text{Phương trình dòng điện : } I_r = I + I_{kt} \quad (8-3)$$

$$\text{Mạch phản ứng : } U = E_r - R_r I_r \quad (8-4a)$$

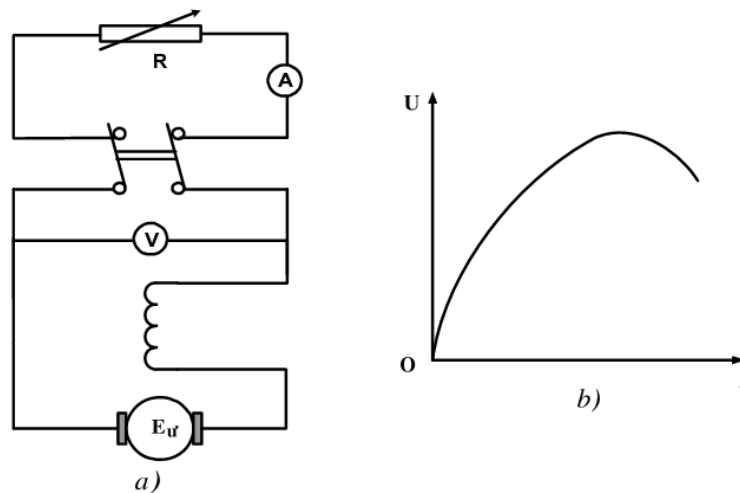
$$\text{Mạch kích thích : } U = I_{kt}(R_{kt} + R_{dc}) \quad (8-4b)$$

Khi dòng điện tăng, dòng điện phản ứng tăng, ngoài hai nguyên nhân làm điện áp  $U$  đầu cực giảm, làm cho dòng điện kích từ giảm, từ thông và s.đ.đ càng giảm, chính vì thế đường đặc tính ngoài dốc hơn so với máy kích từ độc lập và có dạng như hình 8.11b. Từ đường đặc tính ta thấy, khi ngắn mạch, điện áp  $U = 0$ , dòng kích từ bằng không, s.đ.đ trong máy chỉ do từ dư sinh ra vì thế dòng điện ngắn mạch  $I_n$  nhỏ so với dòng điện định mức.

Để điều chỉnh điện áp, ta phải điều chỉnh dòng điện kích từ, đường đặc tính điều chỉnh  $I_{kt} = f(I)$ , khi  $U, n$  không đổi vẽ trên hình 8.11c.

### 2.1.3. Máy phát điện một chiều kích từ nối tiếp

Sơ đồ nối dây như trên hình 8-12a. Cuộn dây kích từ có cùng cỡ với điện trở phản ứng. Tiết diện dây quấn cuộn kích từ lớn vì dòng điện kích từ chính là dòng điện tải, do đó khi tải thay đổi, điện áp thay đổi rất nhiều, trong thực tế không sử dụng máy phát kích từ nối tiếp.



Hình 8.12. Máy phát điện kích từ nối tiếp

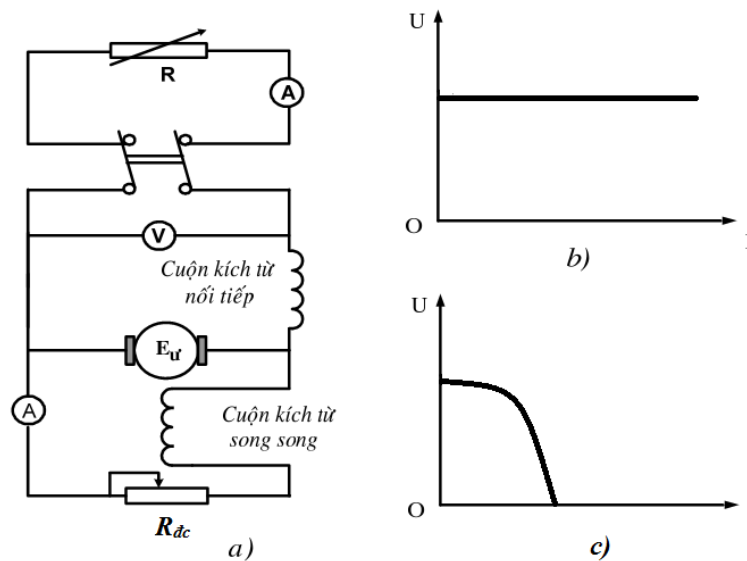
Đường đặc tính ngoài  $U = f(I)$  vẽ trên hình 8-12b. Dạng đường đặc tính ngoài được giải thích như sau: Khi tải tăng, dòng điện  $I_r$  tăng, từ thông và  $E_r$  tăng,

do đó  $U$  tăng, khi  $I = (2 \div 2,5)I_{dm}$ , máy bão hòa, thì  $I$  tăng  $U$  sẽ giảm.

#### 2.1.4. Máy phát điện một chiều kích từ hỗn hợp

Sơ đồ nối dây trình bày trên hình 8.13a. Khi nối thuận, từ thông của dây quấn kích từ nối tiếp cùng chiều với từ thông của dây quấn kích từ song song, khi tải tăng, từ thông cuộn nối tiếp tăng làm cho từ thông của máy tăng lên, s.đ.đ của máy tăng, điện áp đầu cực của máy được giữ hầu như không đổi. Đây là ưu điểm lớn nhất của máy phát điện kích từ hỗn hợp. Đường đặc tính ngoài  $U = f(I)$  vẽ trên hình 8.13b).

Khi nối ngược, chiều từ trường của dây quấn kích từ nối tiếp ngược với chiều từ trường của dây quấn kích từ song song, khi tải tăng điện áp giảm rất nhiều. Đường đặc tính ngoài  $U = f(I)$  vẽ trên hình 8.13c. Đường đặc tính ngoài dốc, nên được sử dụng làm máy hàn điện một chiều.



Hình 8.13. Máy phát điện kích từ hỗn hợp

#### 2.2. Phân loại động cơ điện một chiều

Dựa vào phương pháp kích từ, việc phân loại động cơ điện một chiều, giống như đã xét với máy phát điện một chiều.

$$\text{Từ công thức s.đ.đ phản ứng: } E_u = \frac{pN}{60a} n\phi \quad (8-5)$$

Đối với động cơ, dòng điện  $I_r$  ngược chiều với s.đ.đ, nên  $E_u$  còn gọi là sức phản điện.

Mômen điện từ của động cơ:

$$M_{dt} = \frac{nP}{2\pi} I_u \phi \quad (8-6)$$

### 2.2.1. Động cơ điện một chiều kích từ song song

Sơ đồ nối dây động cơ điện một chiều kích từ song song như hình (8.14a). Để mở máy ta dùng biến trở mở máy  $R_{mở}$ . Để điều chỉnh tốc độ động cơ ta dùng biến trở điều chỉnh  $R_{đc}$  điều chỉnh dòng kích từ  $I_{kt}$

a. Đường đặc tính cơ  $n = f(M)$ .

Biểu diễn quan hệ giữa tốc độ quay  $n$  và mômen quay  $M$  khi điện áp  $U = const$ , điện trở mạch phần ứng  $R_u = const$ , điện trở mạch kích từ  $R_{kt} = const$ .

Từ phương trình tốc độ:

$$n = \frac{U - I_u R_u}{k_E \phi} \quad (8-7)$$

Ta có:

$$n = \frac{U}{k_E \phi} - \frac{R_u}{k_E \phi} I_u \quad (8-8)$$

Từ biểu thức mômen điện từ :  $M = k_M \cdot \Phi \cdot I_u$

Ta có:

$$I_u = \frac{M}{k_M \phi} \quad (8-9)$$

Do đó:

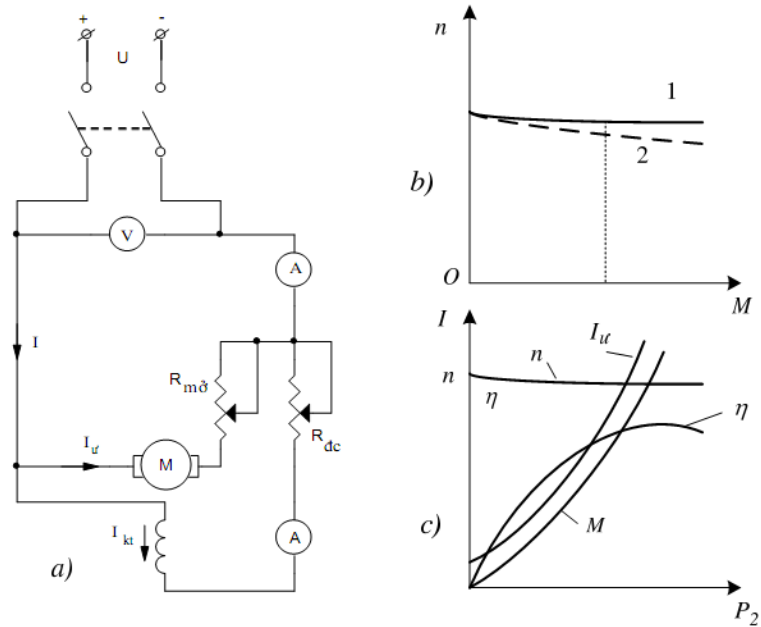
$$n = \frac{U}{k_E \phi} - \frac{R_u}{k_E k_M \phi^2} M \quad (8-9a)$$

Nếu có mắc điện trở  $R_p$  vào mạch phần ứng ta có:

$$n = \frac{U}{k_E \phi} - \frac{R_u + R_p}{k_E k_M \phi^2} M \quad (8-9b)$$

Quan hệ  $n = f(M)$  vẽ trên hình 8.14b trong đó đường 1 là đường đặc tính cơ tự nhiên ( $R_p=0$ ) ứng với (8-9a) còn đường 2 với  $R_p \neq 0$  ứng với (8-9b).





Hình 8-14. a) Sơ đồ động cơ kích từ song song

b) Đặc tính cơ

c) Đặc tính làm việc

### b. Đặc tính làm việc

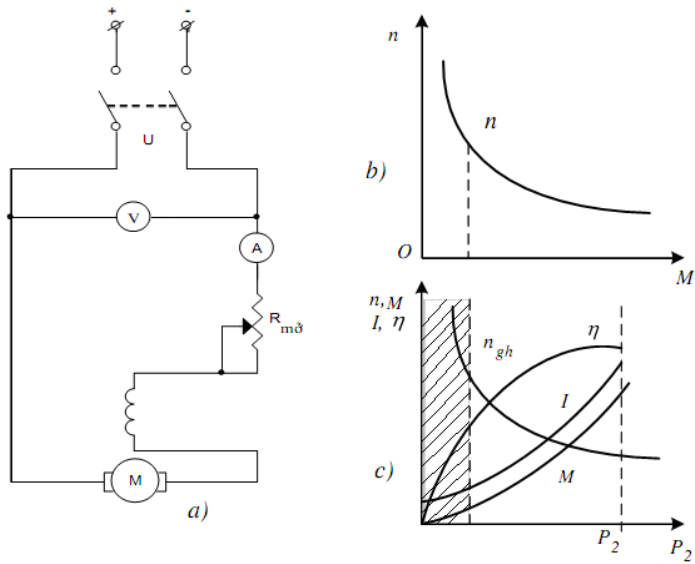
Đường đặc tính làm việc được xác định khi điện áp và dòng điện kích từ không đổi. Đó là các đường biểu diễn quan hệ giữa tốc độ  $n$ , mômen  $M$ , dòng điện phần ứng  $I_{\text{ư}}$ , và hiệu suất  $\eta$  theo công suất cơ trên trục  $P_2$  (hình 8.14c).

Ta nhận thấy rằng động cơ điện kích từ song song có đặc tính cơ cứng, và tốc độ hầu như không thay đổi khi công suất trên trục  $P_2$  thay đổi. Chúng được sử dụng nhiều trong các máy cắt kim loại, các máy công cụ, v.v... Khi có yêu cầu cao về điều chỉnh tốc độ người ta sử dụng máy điện kích từ nối tiếp.

#### 2.2.2. Động cơ điện một chiều kích từ nối tiếp.

Sơ đồ nối dây động cơ điện kích từ nối tiếp trên hình 8.15a.

Để mở máy ta dùng biến trở  $R_{\text{mở}}$ . Để điều chỉnh tốc độ ta dùng các phương pháp như: mắc điện trở điều chỉnh vào mạch phần ứng, thay đổi điện áp  $U$ , thay đổi từ thông. Song chú ý rằng để điều chỉnh từ thông, ta mắc biến trở điều chỉnh song song với dây quấn kích từ.



Hình 8.15. a) Sơ đồ động cơ kích từ nối tiếp  
 b) Đặc tính cơ  
 c) Đặc tính làm việc

a. Đường đặc tính cơ

Khi máy không bão hòa, dòng điện phản ứng  $I_r$  và từ thông  $\Phi$  tỷ lệ với nhau, nghĩa là:

$$I_r = k_I \Phi \quad (8-10)$$

Do đó:  $M = k_M I_r \Phi = k_M k_I \Phi^2 = k^2 \Phi^2$

$$\phi = \frac{\sqrt{M}}{k} \quad (8-11)$$

Hoặc là:

Trong đó:  $k = \sqrt{k_M K_I}$

Thay biểu thức (8-10) và (8-11) vào phương trình tốc độ  $n = \frac{U - R_u I_u}{k_E \phi}$  ta có:

$$n = \frac{kU}{k_E \sqrt{M}} - \frac{k_I R_u}{k_E}$$

Đặt  $\frac{k}{k_E} = a$ ,  $\frac{k_I}{k_E} = b$ , cuối cùng ta có:

$$n = \frac{aU}{\sqrt{M}} - bR_u \quad (8-12)$$

Từ biểu thức (8-12) thấy rằng, phương trình đặc tính cơ có dạng hypecbôn (hình 8.15b). Đường đặc tính cơ mềm, mômen tăng thì tốc độ động cơ giảm. Khi không tải hoặc tải nhỏ, dòng điện và từ thông nhỏ, tốc độ động cơ tăng có thể gây hỏng động cơ về mặt cơ khí, vì thế không cho phép động cơ kích từ nối tiếp chạy không tải hoặc tải nhỏ.

*b. Đường đặc tính làm việc.*

Trên hình (8.15c) vẽ các đường đặc tính làm việc. Động cơ cho phép làm việc với tốc độ nhỏ hơn tốc độ giới hạn  $n_{gh}$  (miền gạch chéo).

Vì khi chưa bão hòa mômen quay của động cơ tỷ lệ với bình phương dòng điện, tốc độ giảm theo tải, động cơ kích từ nối tiếp thích hợp cho các trường hợp tải nặng được dùng nhiều trong giao thông vận tải hoặc trong các thiết bị cần trục v.v...

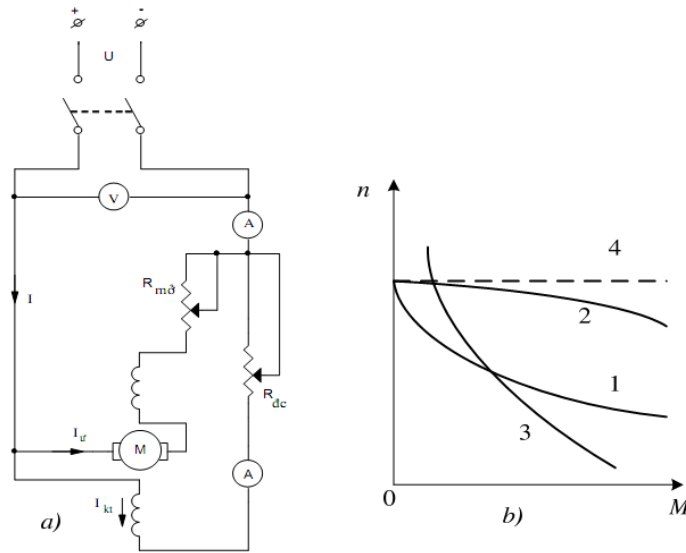
2.2.3. Động cơ điện một chiều kích từ hỗn hợp.

Sơ đồ nối dây trên hình (8.16a). Các dây quấn kích từ có thể nối thuận (từ trường hai dây quấn cùng chiều) làm tăng từ thông, hoặc nối ngược (từ trường 2 dây quấn ngược nhau) làm giảm từ thông.

Đặc tính cơ động cơ kích từ hỗn hợp khi nối thuận (đường 1) sẽ là trung bình giữa đặc tính cơ động cơ kích từ song song (đường 2) và nối tiếp (đường 3) (hình 8.16b).

Các động cơ thường xuyên làm việc trong chế độ tải nặng nề có dây quấn kích từ nối tiếp là dây quấn kích từ chính, còn dây song song là dây quấn kích từ phụ và 2 cuộn nối thuận. Dây quấn kích từ song song đảm bảo cho tốc độ động cơ không tăng quá lớn khi mômen nhỏ.

Động cơ kích từ hỗn hợp có dây quấn kích từ nối tiếp là kích từ phụ và nối ngược có đặc tính cơ rất cứng (đường 4 trên hình 8.16b), nghĩa là tốc độ quay hầu như không đổi khi mômen thay đổi. Thật vậy, khi mômen quay tăng, dòng phản ứng tăng, dây kích từ song song làm tốc độ giảm đi một chút, nhưng vì dây quấn kích từ nối tiếp mắc ngược làm giảm từ thông trong máy nên làm tăng tốc độ động cơ lên như cũ. Ngược lại khi nối thuận, sẽ làm cho đặc tính cơ của động cơ mềm hơn, mômen mở máy lớn hơn, thích hợp trong các máy công cụ dùng để ép, bơm, nghiền, cán, v.v.



Hình 8.16. a) Sơ đồ động cơ kích từ hỗn hợp, b) Đặc tính cơ

### Kiến thức cần thiết để thực hiện công việc

- Cấu tạo – nguyên lý làm việc của máy điện một chiều.
- Phân loại máy phát điện một chiều
- Phân loại động cơ điện một chiều

### Các bước và cách thức thực hiện công việc

*Nghiên cứu trả lời các câu hỏi sau:*

1. Trình bày nguyên lý làm việc của máy phát điện một chiều?
2. Trình bày nguyên lý làm việc của động cơ điện một chiều?
3. Trình bày cấu tạo của máy điện một chiều?
4. Trình bày cách phân loại máy điện một chiều dựa vào phương pháp kích từ?
5. Nêu đặc điểm và phạm vi sử dụng của máy phát điện một chiều?
6. Nêu đặc điểm và phạm vi sử dụng của động cơ điện một chiều?

### Yêu cầu về đánh giá kết quả học tập

- Kiểm tra vấn đáp đầu giờ.

### Câu hỏi

1. Trình bày cấu tạo và nguyên lý làm việc của động cơ điện một chiều?

*Gợi ý:*

- Cấu tạo của động cơ điện một chiều gồm:

+ Stator : Cực chính

Cực phụ

Thân máy

+ Rotor : Lõi thép rotor

Dây quấn phân ứng:

+ Cổ góp với chổi điện.

- Nguyên lý làm việc:

## CHƯƠNG 9

### KHÍ CỤ ĐIỆN – MẠCH MÁY

**Mã chương: 14.9**

#### **Giới thiệu**

Chương 9 giới thiệu về một số khí cụ điện điều khiển và bảo vệ. Các mạch máy cơ bản như các mạch mở máy động cơ không đồng bộ ba pha rotor lồng sóc; Mạch đảo chiều quay động cơ không đồng bộ ba pha rotor lồng sóc dùng nút nhấn đơn; Mạch đảo chiều quay động cơ không đồng bộ ba pha rotor lồng sóc dùng nút nhấn kép; Mạch đảo chiều quay động cơ không đồng bộ ba pha rotor lồng sóc dùng công tắc hành trình đơn, công tắc hành trình kép; Mạch khởi động động cơ không đồng bộ ba pha rotor lồng sóc theo phương pháp đổi nối sao – tam giác; Mạch khởi động tuần tự 2 động cơ; Mạch khởi động động cơ hai cấp tốc độ.

#### **Mục tiêu**

- + Mô tả được cấu tạo - nguyên lý hoạt động của các khí cụ hạ điện thông dụng
- + Trình bày được các phương pháp tính chọn các khí cụ điện hạ áp.
- + Phân tích được các sơ đồ mạch điều khiển động cơ
- + Thiết kế được các mạch điện điều khiển động cơ.
- + Rèn luyện tính kỷ luật, kiên trì, cẩn thận, nghiêm túc, chủ động và tích cực sáng tạo trong học tập

#### **Nội dung chính**

Nội dung của bài	Thời gian (giờ)				Hình thức giảng dạy
	T.Số	LT	TH/BT	KT*	
1. Cấu tạo - công dụng khí cụ điện hạ áp.	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>0</b>		
1.1. Cầu chì		<b>0,25</b>			
1.1.1. Công dụng					LT
1.1.2. Cấu tạo					LT

1.1.3. Phân loại					LT
1.1.4. Các tham số cơ bản					LT
1.2. Cầu dao		<b>0,25</b>			
1.2.1. Công dụng					LT
1.2.2. Cấu tạo					LT
1.2.3. Phân loại					LT
1.3. Công tắc, nút nhấn		<b>0,25</b>			
1.3.1. Công tắc					LT
1.3.1.1. Công tắc kiểu đòn bẩy					LT
1.3.1.2. Công tắc kiểu hộp					LT
1.3.1.2.1. Cấu tạo					LT
1.3.1.2.2. Đặc điểm					LT
1.3.1.3. Công tác vận hành					LT
1.4. Áptômát		<b>0,5</b>			
1.5. Contactor		<b>0,5</b>			
1.6. Role nhiệt		<b>0,5</b>			
1.7. Timer		<b>0,25</b>			
2. Mạch máy công nghiệp	6	6	0		
2.1. Mạch mở máy động cơ không đồng bộ ba pha rotor lồng sóc	2	2			
2.1.1. Sơ đồ mạch điện		0,5			LT
2.1.2. Hoạt động của mạch		1,5			LT
2.2. Mạch đảo chiều quay động cơ không đồng bộ ba pha rotor lồng sóc dùng nút nhấn.	2	2			

2.2.1. Sơ đồ mạch điện		0,5			LT
2.2.2. Hoạt động của mạch		1,5			LT
2.3. Mạch khởi động động cơ không đồng bộ ba pha roto lồng sóc theo phương pháp đổi nối sao –tam giác	2	2			
2.3.1. Sơ đồ mạch điện		0,5			LT
2.3.2. Hoạt động của mạch		1,5			LT
* Kiểm tra				1	

## 1. Cấu tạo - công dụng khí cụ điện hạ áp.

### Mục tiêu

- Nêu được cấu tạo - công dụng khí cụ điện hạ áp.
- Lựa chọn được các khí cụ điện hạ áp trong điều kiện thực tiễn.
- Hứng thú với bài học.

### 1.1. Cầu chì

#### 1.1.1 Khái quát chung

Cầu chì là thiết bị dùng để bảo vệ thiết bị điện, lưới điện khỏi dòng điện ngắn mạch. Nó thường dùng để bảo vệ đường dây, máy phát điện, mạch điện, động cơ, các thiết bị điện....

Cầu chì có cấu tạo đơn giản, kích thước bé, khả năng cắt lớn, giá thành hạ nên được sử dụng rộng rãi.

Cầu chì có các tính chất và các yêu cầu sau:

- Đặc tính A- S của cầu chì phải thấp hơn đặc A – S của đối tượng cần bảo vệ.
- Khi ngắn mạch cầu chì phải làm việc lựa chọn theo thứ tự.
- Cầu chì phải có đặc tính làm việc ổn định.
- Công suất của các thiết bị càng tăng thì khả năng cắt của cầu chì phải cao hơn.
- Việc thay thế cầu chì phải dễ dàng và ít tốn thời gian.

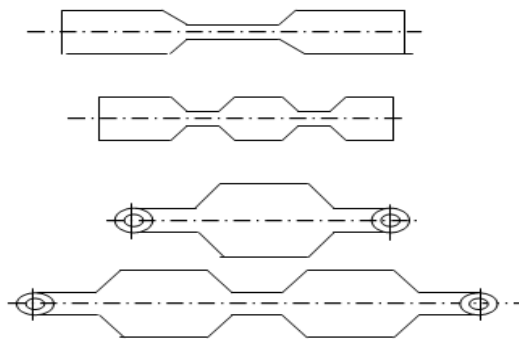


### 1.1.2 Phân loại và cấu tạo

Dựa vào kết cấu người ta phân cầu chì làm các loại sau:

#### a. Loại hở

Loại này không có vỏ bọc kín, thường chỉ gồm dây chảy. Đó chỉ là những phiến làm bằng chì lá, kẽm, hợp kim của chì và thiếc, nhôm hay đồng lá mỏng được dập cắt thành những hình dạng như hình vẽ 9.1 sau đó dùng vít bắt chặt vào các đầu cực dẫn điện đặt trên các bản cách điện bằng đá hay bằng sứ... Dây chảy cũng còn có dạng hình tròn làm bằng chì.

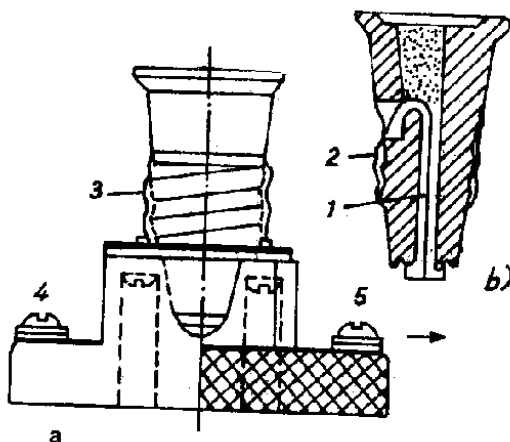


Hình 9.1 : Các hình dạng của dây chảy

#### b. Loại vắn

Cầu chì loại này thường có hình dạng như hình 9.2

Dây chảy 1 nối với nắp 2 phía trong. Nắp 2 có dạng răng vít để vắn chặt vào đế 3. Dây chảy bằng đồng, có khi dùng bạc. Có các cỡ dòng điện định mức 6A,15A,20A,25A,30A,60A ở điện áp 500V.



1. Dây chảy

2. Nắp

3. Đế

4, 5 Vít

*Hình 9.2: a. Hình dạng chung*

*b. Lõi và dây chảy*

*c. Loại hộp*

Hộp và nắp đều làm bằng sứ cách điện được bắt chặt trên các tiếp điểm bằng đồng. Dây chảy được bắt bằng vít vào các tiếp điểm, thường dùng dây chảy là dây chì tròn hoặc chì lá có kích thước thích hợp.

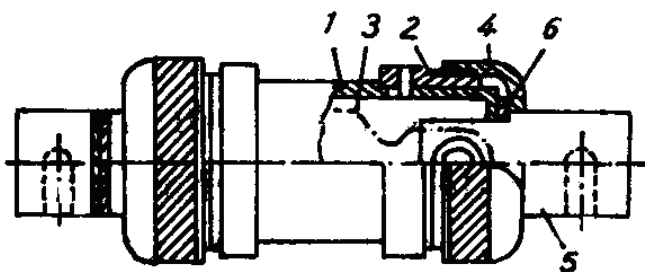
Cầu chì được chế tạo theo các cỡ dòng điện định mức : 5, 10, 15, 20, 30, 80, 100A ở điện áp 500V.

*d. Loại kín không có chất nôi*

Hình 9.3 là kết cấu của cầu chì loại này. Dây chảy được đặt trong ống kín bằng phíp, hai đầu có nắp bằng đồng 4 có răng vít để vặn chặt kín. Dây chảy 3 được nối chặt với các điện cực tiếp xúc 5 bằng các vít và vòng đệm 6.

Dây chảy của cầu chì này được làm bằng kẽm là vật liệu có nhiệt độ nóng chảy thấp, lại có khả năng chống rỉ. Nó được dập theo các hình dạng đã được trình bày trên hình 9.1.

Khi nóng chảy dây chảy sẽ cháy đứt ở chỗ có tiết diện hẹp và phát sinh hồ quang điện. Dưới tác dụng của nhiệt độ cao do hồ quang điện sinh ra, vỏ xenlulô của ống bị đốt nóng sẽ bốc hơi, làm áp lực khí trong ống tăng lên rất lớn, sẽ dập tắt hồ quang điện.



1 .Ống kín làm bằng phíp

2,6 Vòng đệm

3. Dây chảy

4 . Nắp bằng đồng

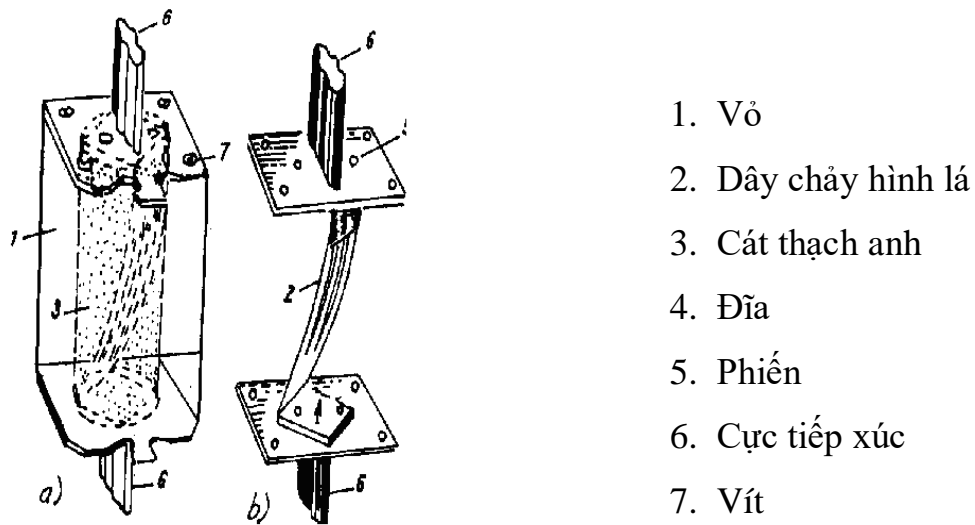
5. Cực tiếp xúc

*Hình 9.3. Cầu chì ống phíp*

*e. Loại kín có chất nôi*

Loại này có đặc tính bảo vệ tốt hơn loại trên, hình dạng cấu tạo của một cầu chì loại này cho trên hình 9.4. Loại này thường gọi là cầu chì ống sứ.

Vỏ của cầu chì 1 làm bằng sứ hoặc stealít, có dạng là hình hộp chữ nhật. Trong vỏ có trụ tròn và rỗng để đặt dây chảy hình lá 2, sau đó đổ đầy cát thạch anh 3. Dây chảy được hàn dính vào đĩa 4 và được bắt chặt vào phiến 5 có điện cực tiếp xúc 6, các phiến 5 được bắt vào ống sứ bằng phíp 7. Dây chảy được chế tạo bằng đồng lá dày 0,1 đến 0,2 mm, có dập các lỗ dài để tạo tiết diện hẹp. Để giảm nhiệt độ chảy của đồng người ta hàn các giọt thiếc vào các đoạn có tiết diện hẹp.



Hình 9.4: Cầu chì ống sứ

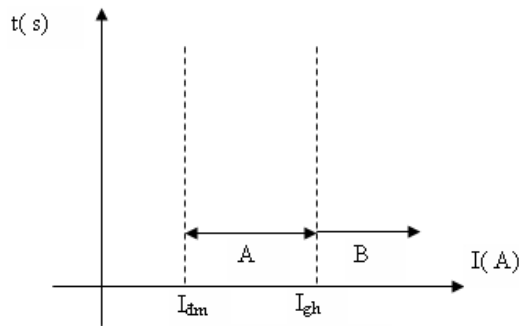
a. Hình dạng chung

b. Cấu tạo dây chảy bên trong

### 1.1.3 Nguyên lý làm việc

Đặc tính cơ bản của cầu chì là sự phụ thuộc thời gian chảy đứt với dòng điện đi qua ( đặc tính ampe giây cầu chì )

Để có tác dụng bảo vệ thì đặc tính A – S của cầu chì phải thấp hơn đặc tính A – s của đối tượng cần bảo vệ tại mọi thời điểm. (hình 9.5)



Hình 9.5

1. Đặc tính A – S của cầu chì theo lý thuyết
2. Đặc tính A – S của đối tượng cần bảo vệ
3. Đặc tính A – S thực tế của cầu chì

Từ hình 9.5 ta rút ra một số nhận xét :

- Vùng A: vùng quá tải nhỏ, cầu chì không bảo vệ được đối tượng ( $(1,5 - 2) I_{dm}$ ), ở vùng này nhiệt lượng do dòng điện quá tải sinh ra được tỏa ra môi trường không dùng để đốt nóng dây chảy.

- Vùng B : Vùng quá tải lớn hay vùng ngắn mạch

Toàn bộ nhiệt lượng sinh ra chủ yếu để đốt nóng dây chảy ( đoạn nhiệt ), dây chảy chuyển từ trạng thái rắn sang trạng thái lỏng và bị chảy đứt sẽ sinh ra hơi kim loại.

+ Dòng điện giới hạn để đảm bảo sự làm việc của cầu chì thường được chọn theo kinh nghiệm:

- Đồng  $I_{gh} / I_{dm} = ( 1,6 \div 2,0 )$  lần

- Chì  $I_{gh} / I_{dm} = ( 1,25 \div 1,45 )$  lần

- Chì - thiếc  $I_{gh} / I_{dm} = 1,25$  lần

- Khi tiến hành lựa chọn sao cho dòng điện liên tục đi qua dây chảy mà chỗ phát nóng lớn nhất không làm dây chảy bị ôxy hóa qua mức và biến đổi đặc tính.

- Để giảm thấp nhiệt độ nóng chảy người ta sử dụng một số kim loại có nhiệt độ nóng chảy thấp như hợp kim với chì , thiếc, kẽm.

- Nếu khi dây chảy bị cháy đứt , hơi kim loại sinh ra nhiều dẫn đến khó dập tắt hồ quang điện.

#### 1.1.4. Thông số kỹ thuật, lựa chọn cầu chì.

##### 1.1.4.1. Thông số kỹ thuật

##### 1.1.4.2. Lựa chọn cầu chì

Khi lựa chọn cầu chì hạ áp ta phải lựa chọn theo hai điều kiện sau:

Điều kiện 1 : Chọn theo điện áp định mức  $U_{đmcc} \geq U_{lưới}$

Điều kiện 2 : Chọn theo dòng điện định mức  $I_{đmcc} \geq I_{lvmax}$

## 1.2. Cầu dao

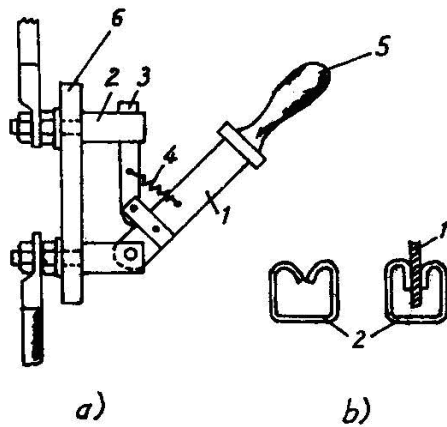
### 1.2.1 Khái niệm chung

Cầu dao là khí cụ điện đóng cắt bằng tay, không thường xuyên các mạch điện có nguồn điện cung cấp đến 440V điện một chiều và 660 điện xoay chiều.

Đa số cầu dao dùng để đóng cắt mạch điện có công suất nhỏ. Đối với các mạch điện có công suất trung bình và lớn, chúng chỉ được dùng để đóng cắt không tải.

Riêng với cầu dao phụ tải có thể đóng cắt dòng điện định mức, kể cả khi quá tải nhỏ. Loại này có thể chịu được dòng điện ngắn mạch nhưng không có khả năng cắt dòng điện ngắn mạch.

Một cầu dao có cấu tạo đơn giản như hình 9.6.



1. Tiếp điểm động ( thân dao )
2. Tiếp điểm tĩnh ( má dao )
3. Lưỡi dao phụ
4. Lò xo
5. Tay cầm bằng vật liệu cách điện
6. Đế cách điện

Hình 9.6

Các tiếp điểm của cầu dao thường làm bằng đồng đỏ. Khi đóng, thân dao chém vào má dao, nhờ lực đàn hồi của má dao ép vào thân dao nên điện trở tiếp xúc bé. Các tiếp điểm tĩnh của cầu dao có dạng như hình 9.6b. Với dòng điện định mức lớn, để giảm điện trở tiếp xúc tiếp điểm tĩnh còn có thêm các lò xo tiếp điểm.

Trong quá trình ngắt, hồ quang điện xuất hiện giữa tiếp điểm động và tiếp điểm tĩnh, nó được dập tắt nhờ sự kéo dài hồ quang điện bằng cơ khí và lực điện động hướng kính tác động lên hồ quang điện.

Để tăng khả năng ngắt của cầu dao, ở một vài loại người ta lắp thêm dao phụ và buồng dập tắt hồ quang điện. Khi đóng dao phụ tiếp xúc với tiếp điểm tĩnh trước, khi ngắt dao phụ ngắt sau. Nhờ cách này hồ quang điện không cháy trên tiếp điểm chính, bảo vệ được lưỡi dao chính. Buồng dập tắt hồ quang điện có tác dụng dập tắt nhanh chóng hồ quang điện.

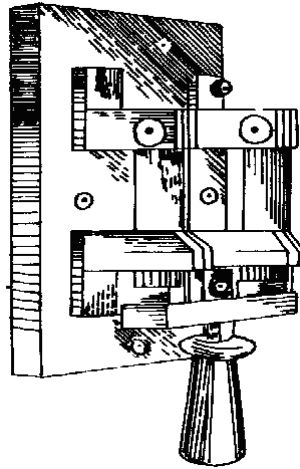
### 1.2.2 Phân loại và cấu tạo

Có thể phân loại cầu dao theo các yếu tố khác nhau:

- Theo số thân dao trên mỗi cầu dao có các loại sau: 1 cực, 2 cực, 3 cực và nhiều cực.
- Theo cách đóng cắt, cầu dao được chia làm hai loại: đóng cắt trực tiếp và đóng cắt từ xa.
- Theo điều kiện bảo vệ có loại không có hộp và có loại có hộp bảo vệ.
- Theo khả năng cắt có loại cắt không tải và có loại cắt có tải.
- Theo yêu cầu sử dụng có loại có cầu bảo vệ có loại không có cầu chì bảo vệ.

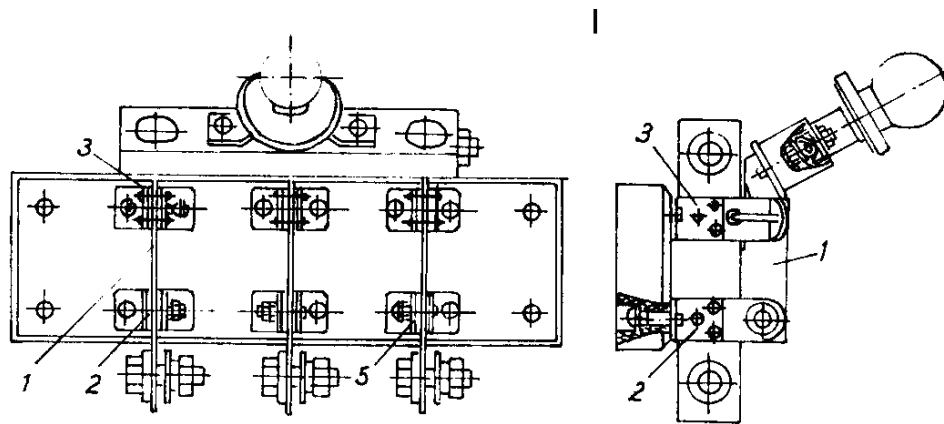
Hình dạng của một số loại cầu dao:

Hình 9.7 là loại cầu dao đá hai cực tay nắm ở giữa.

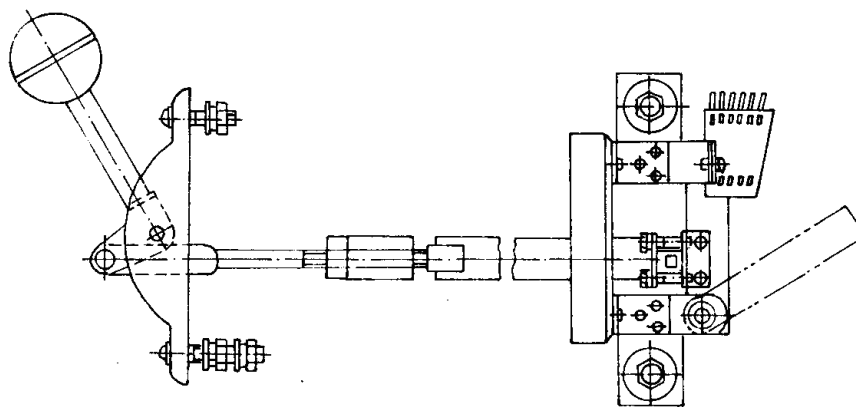


Hình 9.7

Hình 9.8 là loại cầu dao 3 cực có tay nắm ở giữa



Hình 9.8



Hình 9.9

Hình 9.9 là loại cầu dao 3 cực có tay nắm điều khiển được nối dài ra phía trước. Loại này có thể đóng cắt từ xa, có kết cấu lợi hơn về lực và an toàn hơn đối với người sử dụng. Tuy nhiên nó cồng kềnh và chiếm nhiều không gian.

### 1.2.3 Thông số kỹ thuật, cách lựa chọn

\* Thông số kỹ thuật

Cầu dao thường được chế tạo theo cách gam công suất: 14, 25, 30, 40, 60, 75, 100, 150, 200, 300, 350, 600, 1000.

Tuổi thọ của cầu dao khoảng vài nghìn lần đóng ngắt.

\* Lựa chọn cầu dao theo hai điều kiện:

- Chọn theo điện áp định mức :  $U_{đmcd} \geq U_{mạng}$
- Chọn theo dòng điện định mức :  $I_{đmcd} \geq I_{lvmax}$

Chú ý đối với các thiết bị hạ áp khi chọn khí cụ điện không phải kiểm tra điều kiện ổn định lực điện động, ổn định nhiệt.

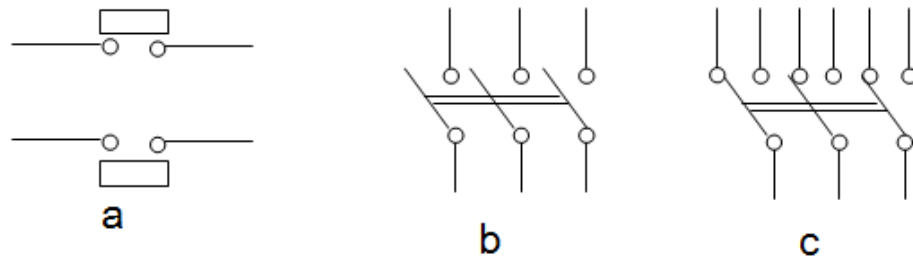
### 1.3. Công tắc, nút nhấn

#### 1.3.1. Công tắc

##### 1.3.1.1. Khái niệm chung

Công tắc là khí cụ điện dùng để đóng cắt mạch điện bằng tay mạch điện có điện áp một chiều đến 440V, điện áp xoay chiều đến 500V.

Ký hiệu trên sơ đồ điện của một số loại công tắc.



Hình 9.10: Ký hiệu của công tắc

a. Công tắc hành trình, b. Công tắc 3 pha

c. Công tắc 3 pha hai ngã

##### 1.3.1.2. Phân loại, cấu tạo

###### a. Phân loại

\* Theo hình dáng bên ngoài người ta chia ra làm 3 loại

- Loại hở
- Loại kín
- Loại bảo vệ

\* Theo công dụng người ta chia ra làm các loại

- Công tắc đóng cắt trực tiếp
- Công tắc chuyển mạch
- Công tắc hành trình và hành trình cuối

###### b. Cấu tạo

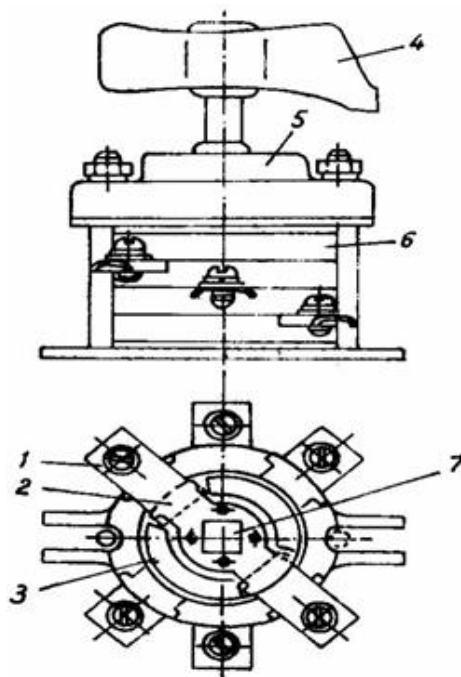


\* Công tắc đổi nối kiểu hộp

Công tắc đổi nối kiểu hộp ( công tắc hộp) là khí cụ điện đóng cắt dòng điện bằng tay kiểu hộp, dùng để đóng ngắt, đổi nối không thường xuyên mạch điện có công suất không lớn ( dòng điện đến 400A, điện áp một chiều 220V và điện áp xoay chiều đến 380V)

Công tắc đổi nối kiểu hộp thường làm cầu dao tổng cho các máy công cụ, dùng làm đổi nối không chế trong các máy công cụ, dùng làm đổi nối không chế trong các mạch điện tự động. Nó cũng được dùng để mở máy, đảo chiều quay, hoặc đổi nối dây quấn stato động cơ từ nối sao sang nối tam giác.

Cấu tạo của công tắc kiểu hộp cho trên hình 9.11



1. Cấu tạo
2. Tiếp điểm tĩnh
3. Tiếp điểm động
4. Các tấm cách điện
5. Núm xoay
6. Hệ thống lò xo
7. Tấm cách điện
8. Trục

Hình 9.11

Hình 9.11 mô tả một kiểu công tắc đổi nối kiểu hộp của Liên Xô loại ПІВМ có dòng điện định mức đến vài chục ampe. Khi xoay núm 4, nhờ hệ thống lò xo trong 5 xoắn lại ( lò xo không biểu thị trên hình vẽ), lực lò xo sẽ làm quay trục 7, các tiếp điểm động 2 gắn trên trục 7 sẽ chém vào các tiếp điểm tĩnh 1. Lực ép tiếp điểm ở đây nhờ lực đàn hồi của má tiếp điểm động. Mỗi pha được ngăn cách với

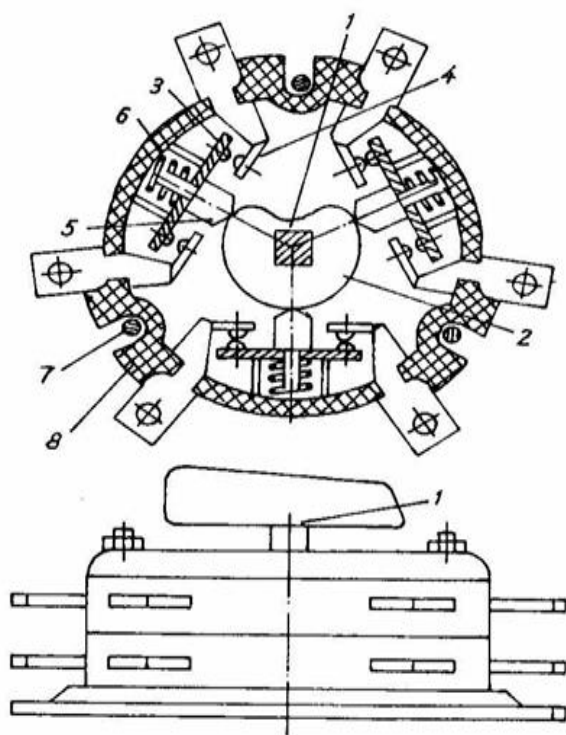
nhau bằng tấm cách điện 6. Các tấm cách điện 3 được làm bằng vật liệu cách điện, mục đích làm cho các tiếp điểm động chuyển động dễ dàng.

Loại công tắc này mỗi pha có hai chỗ ngắt. Tốc độ đóng ngắt nhanh, kích thước nhỏ gọn. Hồ quang cháy trong môi trường kín. Nhược điểm chính của nó là hệ thống tiếp điểm và cơ cấu truyền động chóng bị mài mòn, tuổi thọ đến  $2.10^4$  lần đóng ngắt.

*Chú ý:* đối với dòng điện định mức lớn hơn, dùng cơ cấu truyền động kiểu cam, có lò xo tiếp điểm. Hình 9.12 là cấu tạo của công tắc kiểu này.

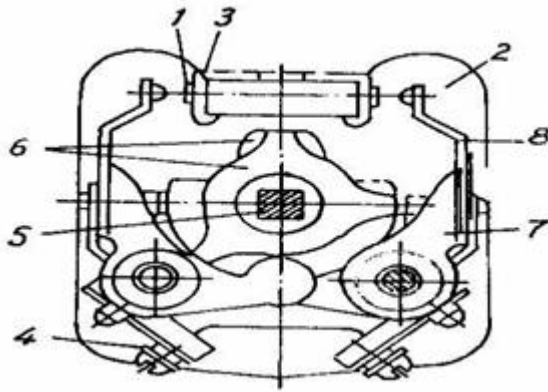
Trên vỏ 8 được gắn các tiếp điểm tĩnh 4. Khi quay trục 1 cam 3 theo làm cho các tiếp điểm được đóng vào hay mở ra.

Loại này có ưu điểm hơn loại ở hình 9.11 vì có lò xo ép tiếp điểm, độ tin cậy cao hơn, tuổi thọ lớn đến  $2.10^5$  lần đóng ngắt.



1. Trục
2. Cam
3. Tiếp điểm động
4. Tiếp điểm tĩnh
5. Thanh tì
6. Lò xo tiếp điểm
7. Vít định vị
8. Vỏ nhựa

Hình 9.12



Hình 9.13

*\* Công tắc chuyển mạch ( công tắc vạn năng)*

Công tắc vạn năng dùng để đóng ngắt, chuyển đổi mạch điện các cuộn dây hút của công tắc tơ, khởi động từ các mạch điện đo lường, điều khiển có điện áp 440V một chiều và đến 500V xoay chiều, tần số 50Hz.

Hình 9.13 là cấu tạo của công tắc tơ vạn năng có một phân tử. Khi có nhiều phân tử chúng được cách điện với nhau bởi các vách ngăn bằng nhựa và cùng được lắp trên một trục có tiết diện hình vuông. Các tiếp điểm 1 và 2 sẽ đóng và mở nhờ xoay vành cách điện 3 được lồng trên trục 4 khi ta vặn công tắc. Tay gạt của công tắc vạn năng có thể có một số vị trí chuyển đổi, trong đó các tiếp điểm của các phân tử sẽ đóng hoặc ngắt theo yêu cầu.

Công tắc vạn năng có thể chế tạo theo kiểu tay gạt có các vị trí cố định hoặc có lò xo phản hồi về vị trí ban đầu.

*1.3.2. Nút ấn*

*1.3.2.1. Khái niệm chung*

Nút ấn hay còn gọi là nút điều khiển, là loại khí cụ điện dùng để đóng ngắt từ xa các thiết bị điện từ khác nhau, các dụng cụ báo hiệu và cũng dùng để chuyển đổi các mạch điện điều khiển, tín hiệu, liên động, bảo vệ... ở mạch điện một chiều điện áp đến 440V và mạch điện xoay chiều điện áp đến 500V, tần số 50, 60Hz.

Nút ấn thường được dùng để khởi động, dừng, và đảo chiều quay động cơ điện bằng cách đóng cắt các cuộn hút của các công tắc tơ, khởi động từ mắc ở mạch động lực của động cơ.

### 1.3.2.2 Phân loại, cấu tạo

#### a. Phân loại

\* Theo hình dáng bên ngoài người ta chia ra làm 4 loại:

- Loại hở
- Loại bảo vệ
- Loại bảo vệ chống nước và chống bụi
- Loại bảo vệ chống nổ.

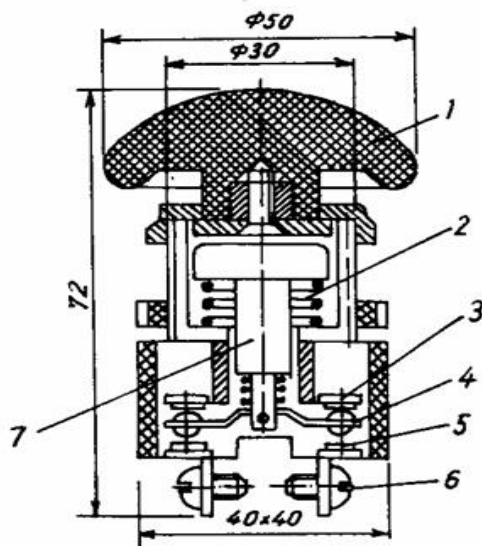
\* Theo yêu cầu điều khiển người ta chia nút ấn ra loại 1 nút, 2 nút, 3 nút.

\* Theo kết cấu bên trong, có nút ấn có đèn báo và loại không có đèn báo.

Nút ấn thường được chế tạo với một hay nhiều nhóm tiếp điểm thường đóng và thường mở. Màu của nút ấn có thể là: đỏ, xanh, đen hay không màu. Các nút ấn dùng để dừng ( ngừng sự làm việc của mạch điện tương ứng) cần phải có màu đỏ.

#### b. Cấu tạo

Hình 9.14 mô tả cấu tạo của một nút ấn



Hình 9.14

1. Nút
2. Lò xo nhả
3. Tiếp điểm thường đóng
4. Tiếp điểm động kiểu cầu
5. Tiếp điểm thường mở
6. Bảng đấu dây
7. Trụ

Nguyên lý hoạt động : khi ta ấn lên nút 1, thông qua trục 7 sẽ mở tiếp điểm đóng và đóng tiếp điểm thường mở. Khi thôi không ấn nữa thì phân động (gồm nút điều khiển, trụ và tiếp điểm động) sẽ trở lại trạng thái ban đầu dưới tác động của lò xo nhỏ 2, tất cả các chi tiết đều lắp trên bảng đầu dây 6.

Khả năng ngắt của nút ấn từ 80W đến 100W một chiều và 1500V xoay chiều. Tuổi thọ về điện không dưới 200000 lần ngắt và tuổi thọ về cơ không dưới  $10^6$  lần.

## **1.4. Aptômát**

### *1.4.1. Khái niệm chung*

CB (CB được viết tắt từ danh từ Circuit Breaker- tiếng Anh), tên khác như : Disjoncteur (tiếng Pháp) hay Aptômát (theo Liên Xô). CB là khí cụ điện dùng đóng ngắt mạch điện (một pha, ba pha); có công dụng bảo vệ quá tải, ngắn mạch, sụt áp ... mạch điện.

### *1.4.2. Cấu tạo và nguyên lý làm việc*

#### *1.4.2.1. Cấu tạo*

##### *a. Tiếp điểm*

CB thường được chế tạo có hai cặp tiếp điểm (tiếp điểm chính và hồ quang), hoặc ba cặp tiếp điểm (chính, phụ, hồ quang).

Khi đóng mạch, tiếp điểm hồ quang đóng trước, tiếp theo là tiếp điểm phụ, sau cùng là tiếp điểm chính. Khi cắt mạch thì ngược lại, tiếp điểm chính mở trước, sau đến tiếp điểm phụ, cuối cùng là tiếp điểm hồ quang. Như vậy hồ quang chỉ cháy trên tiếp điểm hồ quang, do đó bảo vệ được tiếp điểm chính để dẫn điện. Dùng thêm tiếp điểm phụ để tránh hồ quang cháy lan vào làm hư hại tiếp điểm chính.

##### *b. Hộp dập hồ quang*

Để CB dập được hồ quang trong tất cả các chế độ làm việc của lưới điện, người ta thường dùng hai kiểu thiết bị dập hồ quang là: kiểu nửa kín và kiểu hở.

Kiểu nửa kín được đặt trong vỏ kín của CB và có lỗ thoát khí. Kiểu này có dòng điện giới hạn cắt không quá 50KA. Kiểu hở được dùng khi giới hạn dòng điện cắt lớn hơn 50KA hoặc điện áp lớn 1000V(cao áp).

Trong buồng dập hồ quang thông dụng, người ta dùng những tấm thép xếp

thành lưới ngăn, để phân chia hồ quang thành nhiều đoạn ngắn thuận lợi cho việc dập tắt hồ quang.

### *c. Cơ cấu truyền động cắt CB*

Truyền động cắt CB thường có hai cách : bằng tay và bằng cơ điện (điện từ, động cơ điện).

Điều khiển bằng tay được thực hiện với các CB có dòng điện định mức không lớn hơn 600A. Điều khiển bằng điện từ (nam châm điện) được ứng dụng ở các CB có dòng điện lớn hơn (đến 1000A).

Để tăng lực điều khiển bằng tay người ta dùng một tay dài phụ theo nguyên lý đòn bẩy. Ngoài ra còn có cách điều khiển bằng động cơ điện hoặc khí nén.

### *d. Móc bảo vệ*

CB tự động cắt nhờ các phần tử bảo vệ - gọi là móc bảo vệ, sẽ tác động khi mạch điện có sự cố quá dòng điện (quá tải hay ngắn mạch) và sụt áp.

+ Móc bảo vệ quá dòng điện (còn gọi là bảo vệ dòng điện cực đại) để bảo vệ thiết bị điện không bị quá tải và ngắn mạch, đường thời gian - dòng điện của móc bảo vệ phải nằm dưới đường đặc tính của đối tượng cần bảo vệ. Người ta thường dùng hệ thống điện từ và role nhiệt làm móc bảo vệ, đặt bên trong CB.

Móc kiểu điện từ có cuộn dây mắc nối tiếp với mạch chính, cuộn dây này được quấn tiết diện lớn chịu dòng tải và ít vòng. Khi dòng điện vượt quá trị số cho phép thì phần ứng bị hút và móc sẽ đập vào khớp rơi tự do, làm tiếp điểm của CB mở ra. Điều chỉnh vít để thay đổi lực kháng của lò xo, ta có thể điều chỉnh được trị số dòng điện tác động. Để giữ thời gian trong bảo vệ quá tải kiểu điện từ, người ta thêm một cơ cấu giữ thời gian (ví dụ bánh xe răng như trong cơ cấu đồng hồ).

Móc kiểu role nhiệt đơn giản hơn cả, có kết cấu tương tự như role nhiệt có phần tử phát nóng đầu nối tiếp với mạch điện chính, tấm kim loại kép đón nở làm nhả khớp rơi tự do để mở tiếp điểm của CB khi có quá tải. Kiểu này có thiếu sót là quán tính nhiệt lớn nên không ngắt nhanh được dòng điện tăng vọt khi có ngắn mạch, do đó chỉ bảo vệ được dòng điện quá tải.

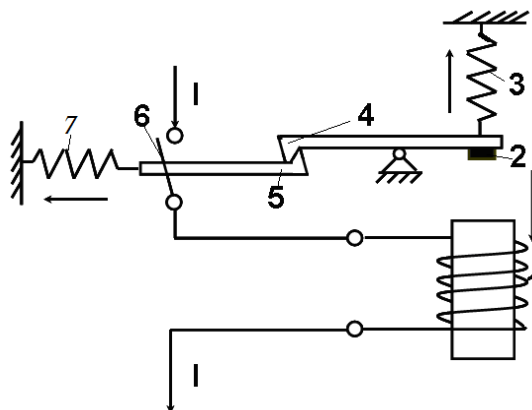
Vì vậy người ta thường sử dụng tổng hợp cả móc kiểu điện từ và móc kiểu role nhiệt trong một CB. Loại này được dùng ở CB có dòng điện định mức đến 600A.

+ Móc bảo vệ sụt áp (cũng gọi là bảo vệ điện áp thấp) cũng thường dùng kiểu điện từ. Cuộn dây mắc song song với mạch điện chính, cuộn dây này được quấn ít cùng với dây tiết diện nhỏ chịu điện áp nguồn.

#### 1.4.2.2. Nguyên lý hoạt động

Sơ đồ nguyên lý của CB dòng điện cực đại và CB điện áp thấp được trình bày trên hình 9.15 và 9.16.

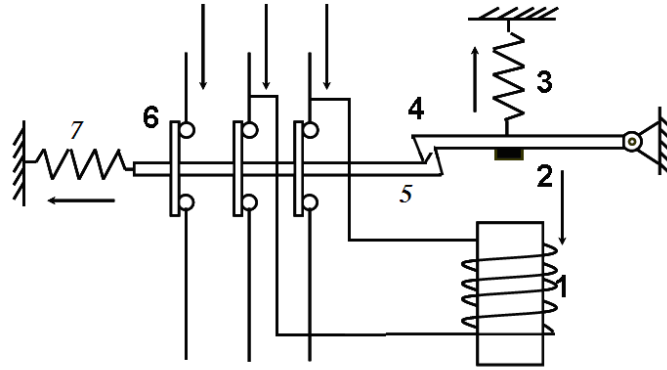
Ở trạng thái bình thường sau khi đóng điện, CB được giữ ở trạng thái đóng tiếp điểm nhờ móc 2 khớp với móc 3 cùng một cụm với tiếp điểm động.



Hình 9.15

Bật CB ở trạng thái ON, với dòng điện định mức nam châm điện 1 và phần ứng 2 không hút.

Khi mạch điện quá tải hay ngắn mạch, lực hút điện từ ở nam châm điện 1 lớn hơn lực lò xo 3 làm cho nam châm điện 1 sẽ hút phần ứng 2 xuống làm bật nhả móc 4, móc 5 được thả tự do, lò xo 7 được thả lỏng, kết quả các tiếp điểm 6 của CB được mở ra, mạch điện bị ngắt.



Hình 9.16

Bật CB ở trạng thái ON, với điện áp định mức nam châm điện 1 và phần ứng 2 hút lại với nhau.

Khi sụt áp quá mức, nam châm điện 1 sẽ nhả phần ứng 2, lò xo 3 kéo móc 4 bật lên, móc 5 thả tự do, thả lỏng, lò xo 1 được thả lỏng, kết quả các tiếp điểm của CB được mở ra, mạch điện bị ngắt.

#### 1.4.2.3. Phân loại và cách lựa chọn CB

Theo kết cấu, người ta chia CB ra ba loại: một cực, hai cực và ba cực.

Theo thời gian thao tác, người ta chia CB ra loại tác động không tức thời và loại tác động tức thời (nhạy).

Tùy theo công dụng bảo vệ, người ta chia CB ra các loại: CB cực đại theo dòng điện, CB cực tiểu theo điện áp, CB dòng điện ngược v.v... Việc lựa chọn CB, chủ yếu dựa vào :

- Dòng điện tính toán đi trong mạch.
- Dòng điện quá tải.
- Khi CB thao tác phải có tính chọn lọc.

Ngoài ra lựa chọn CB còn phải căn cứ vào đặc tính làm việc của phụ tải là CB không được phép cắt khi có quá tải ngắn hạn thường xảy ra trong điều kiện làm việc bình thường như dòng điện khởi động, dòng điện đỉnh trong phụ tải công nghệ.

Yêu cầu chung là dòng điện định mức của móc bảo vệ không được bé hơn dòng điện tính toán  $I_{tt}$  của mạch.



Tùy theo đặc tính và điều kiện làm việc cụ thể của phụ tải, người ta hướng dẫn lựa chọn dòng điện định mức của móc bảo vệ bằng 125%, 150% hay lớn hơn nửa so với dòng điện tính toán mạch.

## **1.5. Contactor**

### *1.5.1. Khái niệm chung*

Contactor là một loại khí cụ điện dùng để đóng ngắt các tiếp điểm, tạo liên lạc trong mạch điện bằng nút nhấn. Như vậy khi sử dụng contactor ta có thể điều khiển mạch điện từ xa có phụ tải với điện áp đến 500V và dòng là 600A (vị trí điều khiển, trạng thái hoạt động của contactor rất xa vị trí các tiếp điểm đóng ngắt mạch điện).

Phân loại contactor tùy theo các đặc điểm sau:

+ Theo nguyên lý truyền động: ta có contactor kiểu điện từ (truyền điện bằng lực hút điện từ), kiểu hơi ép, kiểu thủy lực. Thông thường sử dụng contactor kiểu điện từ.

+ Theo dạng dòng điện: contactor một chiều và contactor xoay chiều (contactor 1 pha và 3 pha).

### *1.5.2. Cấu tạo và nguyên lý làm việc*

#### *1.5.2.1. Cấu tạo*

Contactor được cấu tạo gồm các thành phần: cơ cấu điện từ (nam châm điện), hệ thống dập hồ quang, hệ thống tiếp điểm (tiếp điểm chính và phụ).

#### *a. Nam châm điện*

Nam châm điện gồm có 4 thành phần:

+ Cuộn dây dùng tạo ra lực hút nam châm.

+ Lõi sắt (hay mạch từ) của nam châm gồm hai phần: phần cố định, và phần nắp di động. Lõi thép nam châm có thể có dạng EE, EI hay dạng CI.

+ Lò xo phản lực có tác dụng đẩy phần nắp di động trở về vị trí ban đầu khi ngừng cung cấp điện vào cuộn dây.

#### *b. Hệ thống dập hồ quang điện*

Khi contactor chuyển mạch, hồ quang điện sẽ xuất hiện làm các tiếp điểm

bị cháy, mòn dần. Vì vậy cần có hệ thống dập hồ quang gồm nhiều vách ngăn làm bằng kim loại đặt cạnh bên hai tiếp điểm tiếp xúc nhau, nhất là ở các tiếp điểm chính của contactor.

### *c. Hệ thống tiếp điểm của contactor*

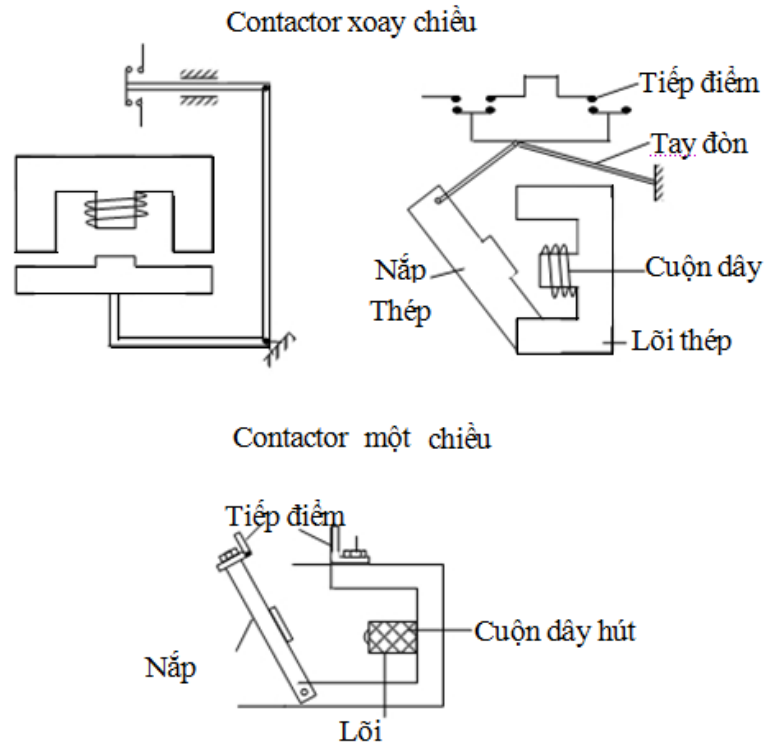
Hệ thống tiếp điểm liên hệ với phân lõi từ di động qua bộ phận liên động về cơ. Tùy theo khả năng tải dẫn qua các tiếp điểm, ta có thể chia các tiếp điểm của contactor thành hai loại:

- Tiếp điểm chính: có khả năng cho dòng điện lớn đi qua (từ 10A đến vài nghìn A, thí dụ khoảng 1600A hay 2250A). Tiếp điểm chính là tiếp điểm thường hở đóng lại khi cấp nguồn vào mạch từ của contactor làm mạch từ contactor hút lại.

- Tiếp điểm phụ: có khả năng cho dòng điện đi qua các tiếp điểm nhỏ hơn 5A. Tiếp điểm phụ có hai trạng thái: thường đóng và thường hở. Tiếp điểm thường đóng là loại tiếp điểm ở trạng thái đóng (có liên lạc với nhau giữa hai tiếp điểm) khi cuộn dây nam châm trong contactor ở trạng thái nghỉ (không được cung cấp điện). Tiếp điểm này hở ra khi contactor ở trạng thái hoạt động. Ngược lại là tiếp điểm thường hở. Như vậy, hệ thống tiếp điểm chính thường được lắp trong mạch điện động lực, còn các tiếp điểm phụ sẽ lắp trong hệ thống mạch điều khiển (dùng điều khiển việc cung cấp điện đến các cuộn dây nam châm của các contactor theo quy trình định trước).

Theo một số kết cấu thông thường của contactor, các tiếp điểm phụ có thể được liên kết cố định về số lượng trong mỗi bộ contactor; tuy nhiên cũng có một vài nhà sản xuất chỉ bố trí cố định số tiếp điểm chính trên mỗi contactor; còn các tiếp điểm phụ được chế tạo thành những khối rời riêng lẻ. Khi cần sử dụng ta chỉ ghép thêm vào trên contactor, số lượng tiếp điểm phụ trong trường hợp này có thể bố trí tùy ý.

#### *1.5.2.2. Nguyên lý hoạt động của contactor*



Hình 9.17

Khi cấp nguồn điện bằng giá trị điện áp định mức của contactor vào hai đầu của cuộn dây quấn trên phần lõi từ cố định thì lực từ tạo ra hút phần lõi từ di động hình thành mạch từ kín (lực từ lớn hơn phản lực của lò xo), contactor ở trạng thái hoạt động. Lúc này nhờ vào bộ phận liên động về cơ giữa lõi từ di động và hệ thống tiếp điểm làm cho tiếp điểm chính đóng lại, tiếp điểm phụ chuyển đổi trạng thái (thường đóng sẽ mở ra, thường hở sẽ đóng lại) và duy trì trạng thái này. Khi ngưng cấp nguồn cho cuộn dây thì contactor ở trạng thái nghỉ, các tiếp điểm trở về trạng thái ban đầu.

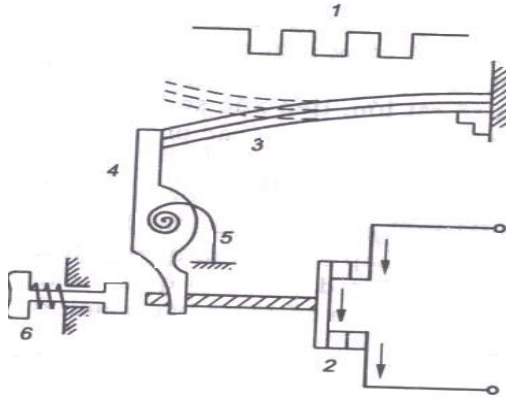
## 1.6. Role nhiệt

### 1.6.1. Khái quát chung

Rơ-le nhiệt là một loại khí cụ để bảo vệ động cơ và mạch điện khi có sự cố quá tải. Rơ-le nhiệt không tác động tức thời theo trị số dòng điện vì nó có quán tính nhiệt lớn, phải có thời gian phát nóng, do đó nó làm việc có thời gian từ vài giây đến vài phút.

### 1.6.2. Cấu tạo và nguyên lý làm việc

a. Cấu tạo



Hình 9.18

1. Bộ phận đốt nóng.
2. Tiếp điểm thường đóng.
3. Thanh kim loại kép.  
(có hệ số giãn nở nhiệt khác nhau)
4. Đòn bẩy.
5. Lò xo.
6. Nút ấn phục hồi

b. Nguyên lý.

Role nhiệt dùng để bảo vệ động cơ điện, mạch điện khỏi quá tải.

Role nhiệt không tác động tức thời theo trị số dòng điện vì cần có thời gian để phát nóng.

Nguyên lý làm việc dựa vào tác dụng của dòng điện.

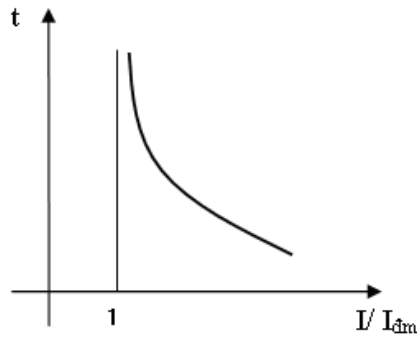
Bộ phận đốt nóng (1) đấu nối tiếp vào mạch điện chính của thiết bị cần bảo vệ. Khi dòng điện trong mạch tăng quá mức quy định (động cơ bị quá tải) thì nhiệt lượng tỏa ra làm cho thanh kim loại kép (3) cong lên phía trên (vỏ phía kim loại cũ hơn sẽ giãn nở nhiều). Nhờ lực kéo của lò xo (5), đòn bẩy (4) sẽ quay và tiếp điểm (2). Mạch điện từ động mất điện. Bộ phận đốt nóng nguội thì thanh kim loại kép hết cong → lên nút ấn phục hồi (6) → mạch điện trở lại, tiếp điểm (2) đóng.

1.6.3. Đặc tính bảo vệ của role nhiệt.

Đặc tính bảo vệ của role nhiệt là quan hệ giữa thời gian tác động  $t$  và dòng điện tác động  $I$ .

$$t = f(I)$$

Khi  $I < I_{dm}$  role không tác động, vì nhiệt độ thấp, độ chuyển dời của kim loại kép bé, chưa tạo ra lực cần thiết nên tiếp điểm chưa thay đổi trạng thái. Khi dòng điện càng tăng, thời gian tác động càng giảm.



Hình 9.19. Đặc tính bảo vệ của role nhiệt

## 1.7. Timer

### 1.7.1. Khái niệm chung

Rơ-le thời gian là một khí cụ điện dùng trong lĩnh vực điều khiển tự động, với vai trò điều khiển trung gian giữa các thiết bị điều khiển theo thời gian định trước.

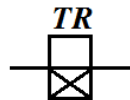
Rơ-le trung gian gồm: mạch từ của nam châm điện, bộ định thời gian làm bằng linh kiện điện tử, hệ thống tiếp điểm chịu dòng điện nhỏ (khoảng 5A), vỏ bảo vệ và các chân ra tiếp điểm.

Tùy theo yêu cầu sử dụng khi lắp ráp hệ thống mạch điều khiển truyền động, ta có hai loại rơ-le thời gian: rơ-le thời gian ON DELAY, rơ-le thời gian OFF DELAY.

### 1.7.2. Rơ-le thời gian ON DELAY

\* Ký hiệu:

Cuộn dây rơ-le thời gian:

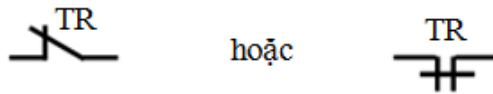


Điện áp đặt vào hai đầu cuộn dây rơ-le thời gian được ghi trên nhãn, thông thường : 110V, 220V...

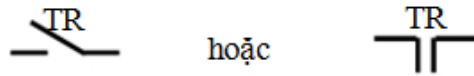
Hệ thống tiếp điểm:

Tiếp điểm tác động không tính thời gian: tiếp điểm này hoạt động tương tự các tiếp điểm của rơ-le trung gian.

Thường đóng:

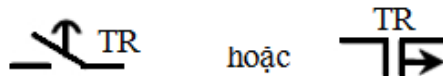


Thường mở:



Tiếp điểm tác động có tính thời gian:

Tiếp điểm thường mở, đóng chậm, mở nhanh:



Tiếp điểm thường đóng, mở chậm, đóng nhanh:

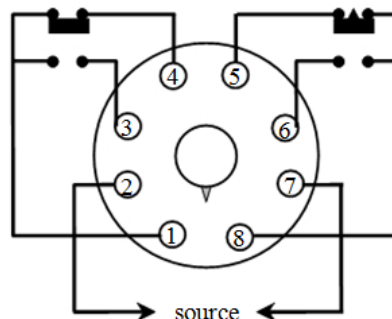


\* Nguyên lý hoạt động:

Khi cấp nguồn vào cuộn dây của rơ-le thời gian ON DELA, các tiếp điểm tác động không tính thời gian chuyển đổi trạng thái tức thời (thường đóng hở ra, thường hở đóng lại), các tiếp điểm tác động có tính thời gian không đổi. Sau khoảng thời gian đã định trước, các tiếp điểm tác động có tính thời gian sẽ chuyển trạng thái và duy trì trạng thái này.

Khi ngưng cấp nguồn vào cuộn dây, tất cả các tiếp điểm tức thời trở về trạng thái ban đầu.

Sau đây là sơ đồ chân của rơ-le thời gian ON DELAY:

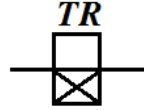


Hình 9.20

b) Rơ-le thời gian OFF DELAY:

\* Ký hiệu:

Cuộn dây rơ-le thời gian:

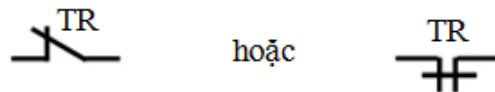


Điện áp đặt vào hai đầu cuộn dây rơ-le thời gian được ghi trên nhãn, thông thường : 110V, 220V...

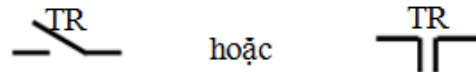
Hệ thống tiếp điểm:

Tiếp điểm tác động không tính thời gian: tiếp điểm này hoạt động tương tự các tiếp điểm của rơ-le trung gian.

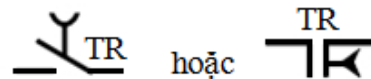
Thường đóng:



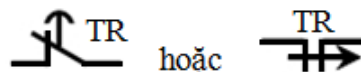
Thường mở:



Tiếp điểm tác động có tính thời gian:



Tiếp điểm thường mở, đóng chậm, mở nhanh:

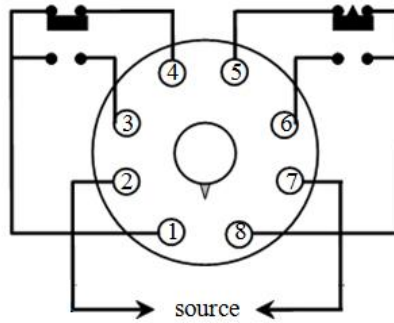


\* Nguyên lý hoạt động

Khi cấp nguồn vào cuộn dây của rơ-le thời gian OFF DELAY, các tiếp điểm tác động tức thời và duy trì trạng thái này.

Khi ngưng cấp nguồn vào cuộn dây, tất cả các tiếp điểm tác động không tính thời gian trở về trạng thái ban đầu. Tiếp sau đó một khoảng thời gian đã định trước, các tiếp điểm tác động có tính thời gian sẽ chuyển về trạng thái ban đầu.

Sau đây là sơ đồ chân của rơ-le thời gian OFF DELAY:



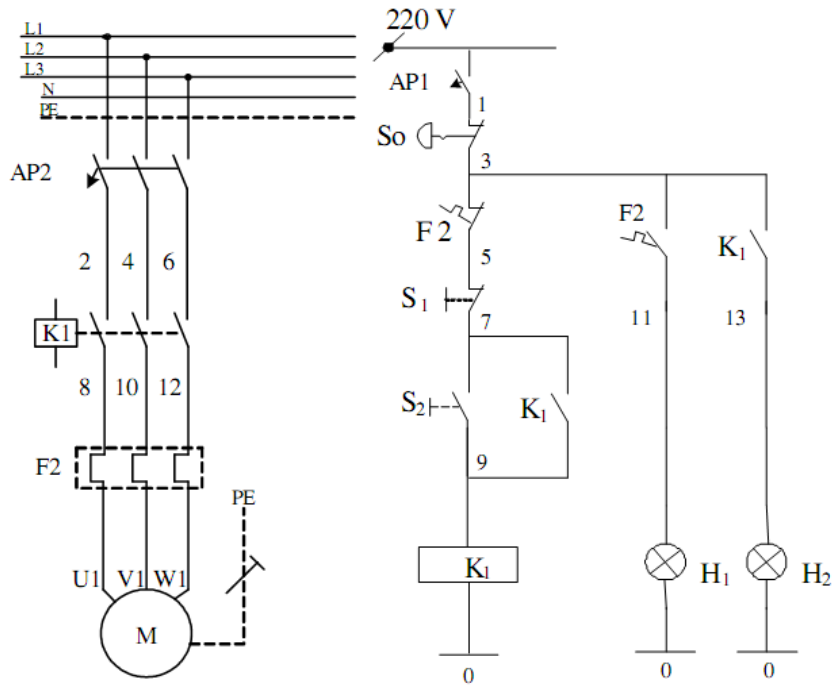
Hình 9.21

## 2. Mạch máy công nghiệp

### 2.1. Mạch mở máy động cơ không đồng bộ ba pha rotor lồng sóc

Hình 9.22 là sơ đồ điều khiển động cơ không đồng bộ roto lồng sóc mở máy (quay theo một chiều).

#### 2.1.1. Sơ đồ mạch



Hình 9.22

#### 2.1.2. Nguyên lý hoạt động.

##### a. Mở máy :

Cấp nguồn cho mạch điện : Đóng AP<sub>1</sub>, AP<sub>2</sub> ấn S<sub>2</sub> (7;9) → Công tắc tơ K<sub>1</sub> (9;0) có điện , tiếp điểm thường mở K<sub>1</sub> (7;9) đóng lại duy trì tiếp điểm K<sub>1</sub>(3;13) đóng



(Đèn H<sub>1</sub> sáng). Đồng thời các tiếp điểm mạch động lực K<sub>1</sub> (2;8), (4;10), (6;12) đóng cấp nguồn cho động cơ M khởi động trực tiếp. Kết thúc quá trình mở máy.

*b. Dừng máy:*

Muốn dừng máy ấn S<sub>1</sub> (5;7) ngắt điện toàn mạch điều khiển, động cơ dừng hoạt động. Kết thúc quá trình làm việc ta ngắt AP<sub>1</sub>, AP<sub>2</sub>

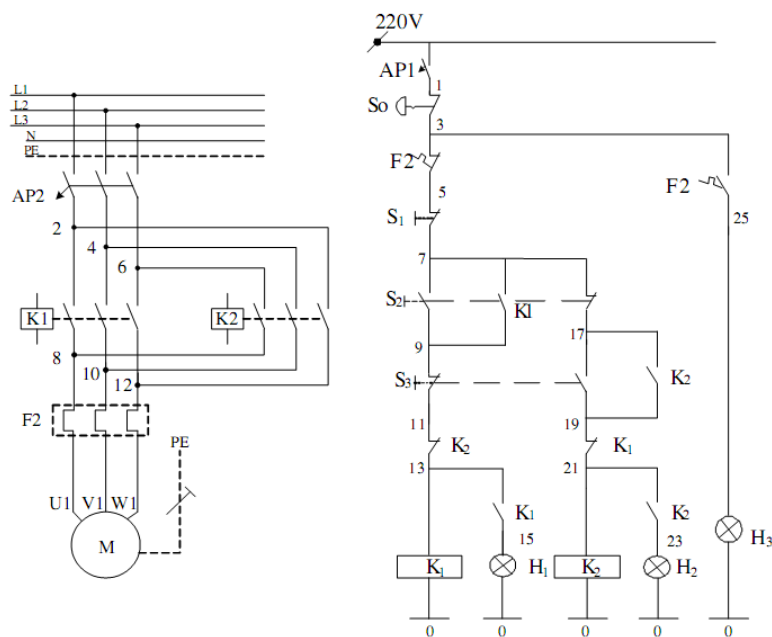
*c. Thiết bị bảo vệ*

Khi xảy ra quá tải, rolet nhiệt F<sub>2</sub> tác động, tiếp điểm thường đóng F<sub>2</sub>(3;5) mở ra ngắt mạch điều khiển, tiếp điểm thường mở F<sub>2</sub>(3;11) đóng lại, đèn H<sub>2</sub> sáng báo hiệu sự cố.

Động cơ được nối đất an toàn bằng dây tiếp địa PE.

## 2.2. Mạch đảo chiều quay động cơ không đồng bộ ba pha rotor lồng sóc dùng nút nhấn.

### 2.2.1. Sơ đồ mạch



Hình 9.23

### 2.2.2. Nguyên lý hoạt động.

#### a. Khởi động

Cấp nguồn cho mạch điện : Đóng AP<sub>1</sub>, AP.

+ Quay thuận: ấn  $S_2(7;9) \rightarrow$  Công tắc tơ  $K_1(13;0)$  có điện, tiếp điểm thường mở  $K_1(7;11)$  đóng lại duy trì, (Đèn  $H_1$  sáng), tiếp điểm thường đóng  $K_1(17;19)$  mở ra không chế khoá chéo chế độ quay ngược. Đồng thời các tiếp điểm mạch động lực  $K_1(2;8), (4;10), (6;12)$  đóng cấp nguồn cho động cơ M khởi động trực tiếp theo chiều thuận. Kết thúc quá trình mở máy theo chiều thuận.

+ Quay ngược: Muốn đảo chiều quay động cơ ta thực hiện khi động cơ ở chế độ dừng: ấn nút  $S_1(5;7)$  Công tắc tơ  $K_1$  mất điện, tiếp điểm thường đóng  $K_1(17;19)$  đóng lại. tiếp điểm mạch động lực  $K_1(2;8), (4;10), (6;12)$  mở ra ngắt động cơ ra khỏi lưới điện. Ấn nút  $S_3(9;11) \rightarrow$  Công tắc tơ  $K_2(19;0)$  có điện, tiếp điểm thường mở  $K_2(7;17)$  đóng lại duy trì, (đèn  $H_2$  sáng), tiếp điểm thường đóng  $K_2(11;13)$  mở ra không chế khoá chéo chế độ quay thuận. Đồng thời tiếp điểm mạch động lực  $K_2(2;12), (4;10), (6;8)$  đóng đảo chéo 2 trong 3 pha cấp nguồn cho động cơ M hoạt động ở chế độ ngược.

#### *b. Dừng máy*

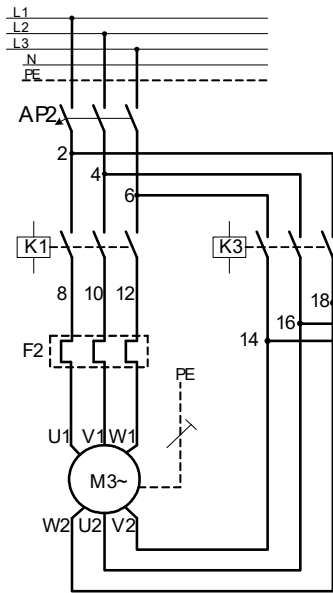
Muốn dừng máy ấn  $S_1(5;7)$  ngắt điện toàn mạch điều khiển, mở tiếp điểm  $K_1(K_2)$  động cơ dừng hoạt động. Kết thúc quá trình làm việc ta ngắt AP1, AP.

#### *c. Thiết bị bảo vệ*

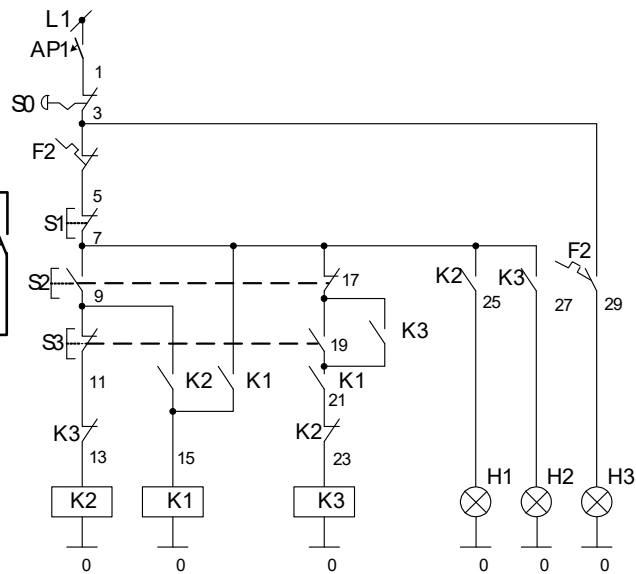
Khi động cơ xảy ra quá tải, rơle nhiệt  $F_2$  tác động, tiếp điểm thường đóng  $F_2(3;5)$  mở ra ngắt mạch điều khiển, tiếp điểm thường mở  $F_2(3;21)$  đóng lại, đèn  $H_3$  sáng báo hiệu sự cố.

### **2.3. Mạch khởi động động cơ không đồng bộ ba pha roto lồng sóc theo phương pháp đổi nối sao – tam giác**

#### **2.3.1. Sơ đồ mạch**



Mạch động lực



Mạch điều khiển

### 2.3.2. Nguyên lý hoạt động.

Động cơ M có chế độ làm việc lâu dài, ổn định với cách nối  $\Delta$  cuộn dây Stato. Để giảm dòng mở máy, người ta thực hiện đổi nối hình Y cho dây quấn Stato, tùy theo tình trạng nguồn cung cấp hoặc phụ tải của động cơ mà nó có thể được đổi nối trở lại nhanh hay chậm Kết thúc quá trình mở máy.

#### a/ Mở máy :

Cấp nguồn cho mạch điện : Đóng AP1, AP2.

ấn  $S_2$  (7;9) → Công tắc tơ  $K_2$  (13;0) có điện , tiếp điểm thường mở  $K_2$  (9;15), (7;25) đóng lại ( Đèn  $H_1$  sáng), tiếp điểm thường đóng  $K_2$  (21;23) mở ra khoá chéo sự làm việc của  $K_3$  khi đó các tiếp điểm mạch động lực  $K_2$  (14;20), (16;20), (18;20) đóng chụm Y cho bộ dây Stato động cơ M. Đồng thời CTT  $K_1$  (15;0) có điện, tiếp điểm thường mở  $K_1$  (7;15) đóng lại duy trì, tiếp điểm thường mở  $K_1$  (19;21) đóng chuẩn bị cấp nguồn cho CTT  $K_3$  (23;0), các tiếp điểm  $K_1$  (2;8), (4;10), (6;12) trên mạch động lực đóng lại cấp nguồn cho động cơ M khởi động ở chế độ nối Y bộ dây. Để kết thúc quá trình mở máy ấn  $S_3$  (9;11) CTT  $K_2$  (13;0) mất điện các tiếp điểm thường mở  $K_2$  (9;15), (7;25) mở ra, tiếp điểm thường đóng  $K_2$  (21;23) đóng lại → Công tắc tơ  $K_3$  (23;0) có điện, tiếp điểm thường mở  $K_3$  (17;19)

đóng lại duy trì, tiếp điểm  $K_3$  (7;27) đóng ( Đèn  $H_2$  sáng). Đồng thời các tiếp điểm mạch động lực  $K_3$  (2;18), (4;16), (6;14) đóng đôi nối bộ dây Stato động cơ M sang làm việc ở chế độ nối  $\Delta$ . Kết thúc quá trình mở máy.

b/ Dừng máy:

Muốn dừng máy ấn  $S_1$  (5;7) ngắt điện toàn mạch điều khiển, động cơ dừng hoạt động. Muốn kết thúc quá trình làm việc ta ngắt  $AP_1$ ,  $AP_2$

c/ Thiết bị bảo vệ

Khi xảy ra quá tải, role nhiệt  $F_2$  tác động , tiếp điểm thường đóng  $F_2(3;5)$  mở ra ngắt mạch điều khiển, tiếp điểm thường mở  $F_2(3;29)$  đóng lại, đèn  $H_3$  sáng báo hiệu sự cố.

**Kiến thức cần thiết để thực hiện công việc**

- Cấu tạo - công dụng khí cụ điện hạ áp.
- Mạch máy công nghiệp

**Các bước và cách thức thực hiện công việc**

*Nghiên cứu trả lời các câu hỏi sau:*

1. Nêu công dụng, cấu tạo, cách hoạt động của cầu chì; cầu dao?
2. Nêu cấu tạo và nguyên tắc tác động của nút ấn?
3. Nêu công dụng, nguyên lý cấu tạo và làm việc của công tắc tơ?
4. Trình bày cấu tạo và nguyên lý làm việc của áp tô mát dòng điện cực đại và áp tô mát điện áp thấp?
5. Trình bày nguyên lý cấu tạo và làm việc của role nhiệt?
6. Vẽ và giải thích nguyên lý hoạt động, tác dụng của các phần tử trên các sơ đồ mở máy, đảo chiều quay động cơ không đồng bộ?

**Yêu cầu về đánh giá kết quả học tập**

- Kiểm tra 45 viết phút.

**Câu hỏi**

1. Nêu cấu tạo, nguyên tắc hoạt động và cách lựa chọn cầu dao?

*Gợi ý:*

- Cấu tạo
- Ký hiệu
- Nguyên tắc làm việc
- Cách lựa chọn.

2. Trình bày nguyên lý hoạt động, tác dụng của các phần tử trên sơ đồ đảo chiều quay động cơ không đồng bộ?

*Gợi ý:*

- Sơ đồ mạch điện.
- Các phần tử trong mạch.
- Hoạt động của mạch.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Đặng Văn Đào, Lê Văn Doanh: Kỹ thuật điện (Lý thuyết và 100 bài giải). NXBKHKT, 1995.
2. Hoàng Hữu Thuận: Đo lường máy điện khí cụ điện. NXBCNKT, 1982.
3. Tô Đăng, Nguyễn Xuân Phái: Sử dụng và sửa chữa khí cụ điện hạ thế. NXBKHKT, 1978.
4. Giáo trình máy điện dùng cho các trường đào tạo hệ trung học chuyên nghiệp. NXBGD, 2006.
5. Trần Minh Sơn: Kỹ thuật điện. NXB Đại học sư phạm, 2003.