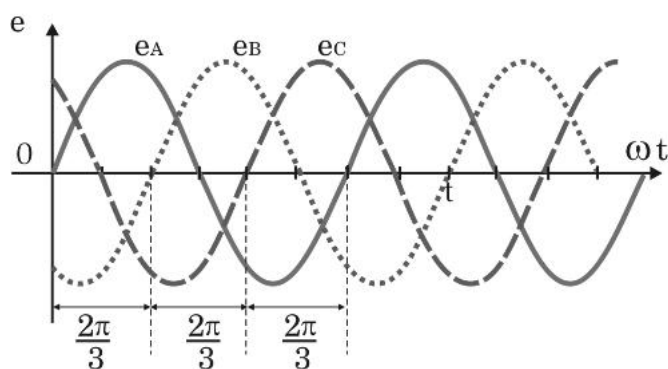
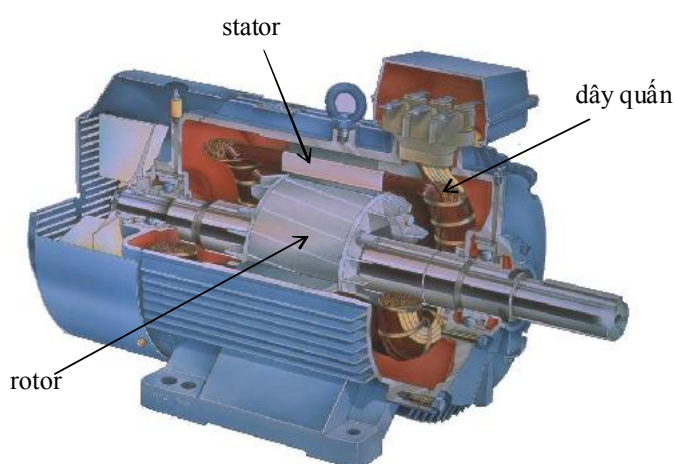


TRƯỜNG ĐẠI HỌC SƯ PHẠM KỸ THUẬT TP. HCM
KHOA ĐIỆN
BỘ MÔN. CƠ SỞ KỸ THUẬT ĐIỆN
-----0-----

BIÊN SOẠN: ThS. NGUYỄN TRỌNG THẮNG
ThS. LÊ THỊ THANH HOÀNG

GIÁO TRÌNH

KỸ THUẬT ĐIỆN



TP. HCM Tháng 01/ 2008

LỜI NÓI ĐẦU

KỸ THUẬT ĐIỆN là một môn học cơ sở quan trọng đối với sinh viên khối kỹ thuật nói chung và sinh viên ngành điện nói riêng. Để có thể tiếp tục nghiên cứu chuyên sâu về lĩnh vực điện thì sinh viên phải nắm vững những kiến thức của môn học này.

Kỹ thuật điện nghiên cứu những ứng dụng của các hiện tượng điện từ nhằm biến đổi năng lượng và tín hiệu, bao gồm việc phát, truyền tải, phân phối và sử dụng điện năng trong sản xuất và đời sống.

Ngoài ra môn học này còn giúp sinh viên không chuyên ngành điện bổ sung thêm các kiến thức cơ bản về mạch điện, các thiết bị điện, cấu tạo và các đặc tính làm việc của chúng để có thể vận hành được trong thực tế.

Giáo trình được biên soạn trên cơ sở người đọc đã học môn toán và vật lý ở bậc phổ thông, phần điện môn vật lý đại cương ở bậc đại học nên không đi sâu vào mặt lý luận các hiện tượng vật lý mà chủ yếu nghiên cứu các phương pháp tính toán và những ứng dụng kỹ thuật của các hiện tượng điện từ.

Giáo trình kỹ thuật điện gồm 2 phần:

Phần 1. Mạch điện bao gồm 4 chương

Phần 2. Máy điện bao gồm 4 chương

Quyển sách này trình bày các kiến thức cơ bản về mạch điện, phương pháp tính toán mạch điện, dòng điện xoay chiều hình sin một pha và ba pha, các kiến thức về nguyên lý, cấu tạo, đặc tính và ứng dụng các loại máy điện có kèm theo các ví dụ cụ thể và các bài tập được soạn theo từng chương lý thuyết, để giúp người học có thể giải và ứng dụng vào các môn học có liên quan.

Giáo trình kỹ thuật điện này được biên soạn với sự tham khảo các tài liệu trong và ngoài nước, sự đóng góp tận tình của các đồng nghiệp trong bộ môn. Tuy nhiên giáo trình được xuất bản lần đầu nên không thể tránh khỏi những thiếu sót. Rất mong sự đóng góp ý kiến của các đồng nghiệp, của các sinh viên và các bạn đọc quan tâm đến giáo trình này.

Các tác giả

MỤC LỤC

	Trang
CHƯƠNG 1: NHỮNG KHÁI NIỆM CƠ BẢN VỀ MẠCH ĐIỆN	1
1.1. KHÁI NIỆM CHUNG	1
1.1.1. Định Nghĩa Về Mạch Điện	1
1.1.2. Kết Cấu Hình Học Của Mạch Điện	1
1.2. CÁC ĐẠI LƯỢNG ĐẶC TRƯNG CHO QUÁ TRÌNH NĂNG LƯỢNG TRONG MẠCH ĐIỆN.....	2
1.2.1. Dòng Điện	2
1.2.2. Điện Áp	3
1.2.3. Công suất	3
1.3. CÁC PHẦN TỬ CƠ BẢN CỦA MẠCH ĐIỆN	4
1.3.1. Điện trở.....	4
1.3.2. Điện dẫn.....	4
1.3.3. Cuộn dây.....	4
1.3.4. Điện dung	4
1.3.5. Nguồn độc lập.....	5
1.3.6. Nguồn phụ thuộc	5
1.4. CÁC ĐỊNH LUẬT CƠ BẢN CỦA MẠCH ĐIỆN	7
1.4.1. Định luật ohm.....	7
1.4.2. Định Luật Kirchhoff 1	7
1.4.3. 1.4.2. Định Luật Kirchhoff 2	8
1.5. BÀI TẬP VÍ DỤ CHƯƠNG 1	9
1.6. BÀI TẬP CHƯƠNG I.....	12
CHƯƠNG 2. MẠCH ĐIỆN XOAY CHIỀU HÌNH SIN MỘT PHA.....	14
2.1. CÁC ĐỊNH NGHĨA VỀ DÒNG ĐIỆN XOAY CHIỀU HÌNH SIN	14
2.1.1. Chu kỳ, tần số, tần số góc.....	14

2.1.2. Trị số tức thời của dòng điện	15
2.1.3. Góc lệch pha φ giữa điện áp và dòng điện	15
2.1.4. Trị số hiệu dụng của dòng điện	16
2.2. BIỂU DIỄN DÒNG ĐIỆN XOAY CHIỀU HÌNH SIN BẰNG VECTO	17
2.3. DÒNG ĐIỆN XOAY CHIỀU QUA ĐIỆN TRỞ THUẦN R	19
2.4. DÒNG ĐIỆN XOAY CHIỀU QUA CUỘN DÂY THUẦN CẢM	20
2.5. MẠCH ĐIỆN XOAY CHIỀU THUẦN ĐIỆN DUNG.....	21
2.6. MẠCH ĐIỆN XOAY CHIỀU GỒM R - L - C MẮC NỐI TIẾP	22
2.7. BIỂU DIỄN DÒNG ĐIỆN HÌNH SIN BẰNG SỐ PHỨC	24
2.7.1. Định nghĩa và cách biểu diễn số phức.....	24
2.7.2. Một số phép tính đối với số phức	26
2.7.3. Biểu diễn các định luật dưới dạng dưới dạng số phức	27
2.8. PHƯƠNG PHÁP GIẢI MẠCH ĐIỆN XOAY CHIỀU HÌNH SIN.....	28
2.8.1. Phương pháp đồ thị vector.....	28
2.8.2. Phương pháp số phức	28
2.9. CÔNG SUẤT	32
2.9.1. Công suất tức thời.....	32
2.9.2. Công suất tác dụng	32
2.9.3. Công suất phản kháng	33
2.9.4. Công suất tiêu thụ và công suất phản kháng trên điện trở R.....	33
2.9.5. Công suất tác dụng và công suất phản kháng trên cuộn dây	34
2.9.6. Công suất tác dụng và công suất phản kháng trên tụ điện.....	34
2.9.7. Công suất biểu kiến	34
2.9.8. Hệ số công suất.....	38
2.9.8.1. Định nghĩa và ý nghĩa của hệ số công suất	38
2.9.8.2. Nâng cao hệ số công suất	39
2.10. BÀI TẬP CHƯƠNG 2	41
CHƯƠNG 3. CÁC PHƯƠNG PHÁP GIẢI MẠCH ĐIỆN.....	47

3.1. PHƯƠNG PHÁP BIẾN ĐỔI TƯƠNG ĐƯƠNG MẠCH.....	47
3.1.1. Mạch nguồn suất điện động nối tiếp.....	47
3.1.2. Mạch nguồn dòng mắc song song	47
3.1.3. Mạch điện trở mắc nối tiếp.....	47
3.1.4. Mạch điện trở mắc song song.....	48
3.1.5. Mạch chia dòng điện	48
3.1.6. Mạch chia áp.....	49
3.1.7. Biến đổi tương đương điện trở mắc hình sao sang tam giác	49
3.1.8. Biến đổi tương đương điện trở mắc hình tam giác sang sao	50
3.1.9. Sự tương đương giữa nguồn áp và nguồn dòng	50
3.2. BÀI TẬP CHƯƠNG 3 MỤC 3.1	51
3.3. BÀI TẬP CHO ĐÁP SỐ	61
3.4. PHƯƠNG PHÁP ĐIỆN THỂ NÚT	69
3.5. PHƯƠNG PHÁP DÒNG MÁT LƯỚI.....	81
CHƯƠNG 4. MẠCH ĐIỆN XOAY CHIỀU BA PHA	86
4.1. KHÁI NIỆM CHUNG VỀ MẠCH ĐIỆN XOAY CHIỀU BA PHA	86
4.1.1. Định nghĩa	86
4.1.2. Cách tạo ra dòng điện xoay chiều ba pha	86
4.2. CÁCH NỐI MẠCH BA PHA	87
4.2.1. Nối hình Sao	87
4.2.2. Nối hình tam giác	88
4.3. CÁCH GIẢI MẠCH BA PHA	90
4.3.1. Mạch ba pha đối xứng	90
4.3.2. Công suất mạch ba pha đối xứng	92
4.3.3. Cách giải mạch ba pha không đối xứng	98
4.3.4. Công suất mạch ba pha không đối xứng	99
4.4. CÂU HỎI ÔN TẬP CHƯƠNG 4	100
4.5. BÀI TẬP CHƯƠNG 4	100

CHƯƠNG 5. MÁY BIẾN ÁP	104
5.1. KHÁI NIỆM CHUNG VỀ MÁY BIẾN ÁP.....	104
5.1.1. Định nghĩa	104
5.1.2. Các đại lượng định mức	104
5.1.3. Vai trò của máy biến áp.....	105
5.2. CẤU TẠO VÀ NGUYÊN LÝ LÀM VIỆC	106
5.2.1. Cấu tạo	106
5.2.2. Nguyên lý làm việc.....	108
5.3. QUAN HỆ ĐIỆN TỪ TRONG MÁY BIẾN ÁP.....	109
5.3.1. Quá trình điện từ trong máy biến áp.....	109
5.3.2. Phương trình cân bằng điện áp cuộn sơ cấp.....	110
5.3.3. Phương trình cân bằng điện áp cuộn thứ cấp	110
5.3.4. Phương trình cân bằng sức từ động.....	111
5.4. MẠCH ĐIỆN THAY THẾ MÁY BIẾN ÁP	111
5.4.1. Qui đổi các đại lượng thứ cấp về sơ cấp.....	111
5.4.2. Mạch điện thay thế máy biến áp.....	112
5.5. XÁC ĐỊNH CÁC THÔNG SỐ MÁY BIẾN ÁP.....	113
5.5.1. Thí nghiệm không tải.....	113
5.5.2. Thí nghiệm ngắn mạch	114
5.5.3. Hiệu suất máy biến áp	115
5.6. MÁY BIẾN ÁP BA PHA.....	116
5.6.1. Cấu tạo.....	116
5.6.2. Tổ nối dây máy biến áp ba pha.....	117
5.7. MÁY BIẾN ÁP LÀM VIỆC SONG SONG	118
5.8. CÂU HỎI ÔN TẬP CHƯƠNG 5	120
5.9. BÀI TẬP CHƯƠNG 5	120
CHƯƠNG 6. MÁY ĐIỆN KHÔNG ĐỒNG BỘ	124
6.1. KHÁI NIỆM CHUNG.....	124

6.2. CẤU TẠO	124
6.3. TỪ TRƯỜNG QUAY	127
6.3.1. Sự tạo thành từ trường quay	127
6.3.2. Tính chất của từ trường quay.....	128
6.4. NGUYÊN LÝ LÀM VIỆC.....	129
6.4.1. Động cơ điện không đồng bộ	129
6.4.2. Nguyên lý làm việc của máy phát điện không đồng bộ	130
6.4.3. Nguyên lý làm việc của động cơ không đồng bộ khi làm việc ở chế độ hãm điện từ.....	130
6.4.4. Các tình trạng làm việc.....	131
6.5. CÁC PHƯƠNG TRÌNH CÂN BẰNG ĐIỆN TỪ.....	132
6.5.1. Phương trình cân bằng điện áp stator	132
6.5.2. Phương trình cân bằng điện áp dây quấn rotor.....	133
6.5.3. Phương trình cân bằng sức từ động.....	133
6.6. MẠCH ĐIỆN THAY THẾ ĐỘNG CƠ KHÔNG ĐỒNG BỘ.....	134
6.6.1. Qui đổi các đại lượng rotor về stator	134
6.6.2. Mạch điện thay thế động cơ KĐB.....	135
6.7. GIẢN ĐỒ NĂNG LƯỢNG CỦA MÁY ĐIỆN KHÔNG ĐỒNG BỘ.....	136
6.8. MOMENT QUAY ĐỘNG CƠ KHÔNG ĐỒNG BỘ	137
6.9. MỞ MÁY ĐỘNG CƠ KHÔNG ĐỒNG BỘ.....	139
6.9.1. Mở máy động cơ KĐB rotor lồng sóc	139
6.9.2. Mở máy động cơ KĐB rotor dây quấn.....	141
6.10. ĐIỀU CHỈNH TỐC ĐỘ ĐỘNG CƠ KHÔNG ĐỒNG BỘ	141
6.10.1. Thay đổi tần số	142
6.10.2. Thay đổi số đôi cực	142
6.10.3. Thay đổi điện áp.....	142
6.10.4. Thay đổi điện trở phụ nối vào rotor.....	142
6.11. CÂU HỎI ÔN TẬP CHƯƠNG 6.....	143
6.12. BÀI TẬP CHƯƠNG 6	143

CHƯƠNG 7. MÁY ĐIỆN ĐỒNG BỘ	146
7.1. CẤU TẠO	146
7.1.1. Phần tĩnh(stato).....	146
7.1.2. Phần quay (Rotor).....	146
7.1.3. Các bộ phận phụ	147
7.2. NGUYÊN LÝ LÀM VIỆC.....	147
7.2.1. Máy phát điện đồng bộ	147
7.2.2. Phản ứng phản ứng của máy phát điện đồng bộ	148
7.3. MÔ HÌNH TOÁN HỌC CỦA MÁY PHÁT ĐIỆN ĐỒNG BỘ.....	149
7.3.1. Phương trình điện áp của máy phát điện đồng bộ cực lõi	149
7.3.2. Phương trình điện áp của máy phát điện đồng bộ cực ỏn.....	150
7.4. CÔNG SUẤT ĐIỆN TỪ CỦA MÁY PHÁT ĐIỆN ĐỒNG BỘ.....	150
7.4.1. Công suất tác dụng	150
7.4.2. Công suất phản kháng	150
7.4.3. Đặc tính của máy phát điện đồng bộ	151
7.5. SỰ LÀM VIỆC SONG SONG CỦA CÁC MÁY PHÁT ĐIỆN ĐỒNG BỘ.....	151
7.6. ĐỘNG CƠ ĐỒNG BỘ	152
7.6.1. Nguyên lý làm việc.....	152
7.6.2. Điều chỉnh hệ số công suất của động cơ điện đồng bộ.....	152
7.6.3. Mở máy động cơ điện đồng bộ	152
7.7. CÂU HỎI ÔN TẬP CHƯƠNG 7	153
7.8. BÀI TẬP CHƯƠNG 7	153
CHƯƠNG 8. MÁY ĐIỆN MỘT CHIỀU.....	156
8.1. CẤU TẠO	156
8.1.1. Phần tĩnh (Stator).....	156
8.1.2. Phần quay (Rotor).....	156
8.1.3. Cổ góp và chổi điện.....	157
8.2. NGUYÊN LÝ LÀM VIỆC.....	157

8.2.1. Nguyên lý làm việc và phương trình cân bằng điện áp của máy phát điện một chiều.....	157
8.2.2. Nguyên lý làm việc và phương trình cân bằng điện áp của động cơ điện một chiều.....	158
8.3. QUAN HỆ ĐIỆN TỪ TRONG MÁY ĐIỆN MỘT CHIỀU	159
8.3.1. Sức điện động phản ứng	159
8.3.2. Công suất điện từ, moment điện từ của máy điện một chiều	160
8.4. PHÂN LOẠI MÁY ĐIỆN MỘT CHIỀU.....	160
8.4.1. Máy phát điện một chiều kích từ độc lập	161
8.4.2. Máy phát điện kích từ song song.....	162
8.4.3. Máy phát điện kích từ nối tiếp.....	163
8.4.4. Máy phát điện kích từ hỗn hợp.....	163
8.5. ĐỘNG CƠ ĐIỆN MỘT CHIỀU	164
8.5.1. Mở máy động cơ điện một chiều.....	164
8.5.2. Điều chỉnh tốc độ động cơ điện một chiều.....	165
8.5.3. Động cơ điện kích từ song song.....	165
8.5.4. Động cơ kích từ nối tiếp	166
8.5.5. Động cơ kích từ hỗn hợp	167
8.6. CÂU HỎI ÔN TẬP CHƯƠNG 8	168
8.7. BÀI TẬP CHƯƠNG 8	168

TÀI LIỆU THAM KHẢO

CHƯƠNG 1

NHỮNG KHÁI NIỆM CƠ BẢN VỀ MẠCH ĐIỆN

§1.1.KHÁI NIỆM CHUNG

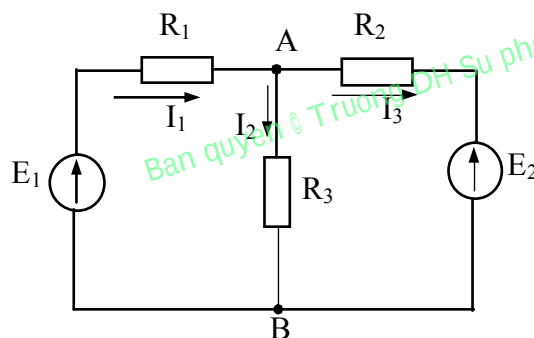
1.1.1. Định Nghĩa Về Mạch Điện

- Mạch điện: là một hệ thống gồm các thiết bị điện, điện tử ghép lại. Trong đó xảy ra các quá trình truyền đạt, biến đổi năng lượng hay tín hiệu điện từ do bởi các đại lượng dòng điện, điện áp.

1.1.2. Kết Cấu Hình Học Của Mạch Điện:

- Nhánh: là 1 đoạn mạch gồm những phần tử ghép nối tiếp nhau, trong đó có cùng 1 dòng điện chạy thông từ đầu nọ đến đầu kia.
- Nút: là giao điểm gặp nhau của 3 nhánh trở lên.
- Vòng (mạch vòng): là một lối đi khép kín qua các nhánh.

Ví dụ 1.1: Cho mạch điện như hình vẽ (1-1). Hãy cho biết mạch điện trên có bao nhiêu nhánh, bao nhiêu nút và bao nhiêu vòng?



Hình 1-1

Giải

Mạch điện trên gồm:

❖ 3 nhánh:

Nhánh 1: gồm phần tử R_1 mắc nối tiếp với nguồn E_1

Nhánh 2: gồm phần tử R_2 mắc nối tiếp nguồn E_2

Nhánh 3: gồm phần tử R_3 .

❖ 2 nút: A và B

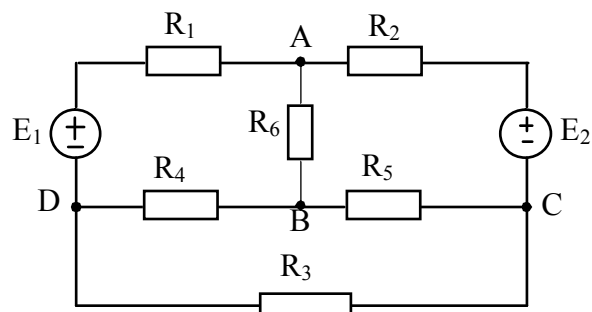
❖ 3 vòng:

Vòng 1: qua các nhánh (1, 3, 1)

Vòng 2: qua các nhánh (2, 3, 2)

Vòng 3: qua các nhánh (1, 2, 1)

Ví dụ 1.2: Cho mạch điện như hình (1-2). Hãy cho biết mạch điện trên có bao nhiêu nhánh, bao nhiêu nút và bao nhiêu vòng?



Hình 1-2

Chương 1. Những Khái niệm cơ bản về mạch điện

Giải

Mạch điện trên gồm:

❖ 6 nhánh:

Nhánh 1: gồm phần tử R_1 mắc nối tiếp với nguồn E_1

Nhánh 2: gồm phần tử R_2 mắc nối tiếp nguồn E_2

Nhánh 3: gồm phần tử R_3

Nhánh 4: gồm phần tử R_4

Nhánh 5: gồm phần tử R_5

Nhánh 6: gồm phần tử R_6

❖ 4 nút (4 đỉnh): A, B, C, D

❖ 7 vòng:

Vòng 1: qua các nhánh (1, 6, 4, 1)

Vòng 2: qua các nhánh (2, 5, 6, 2)

Vòng 3: qua các nhánh (1, 2, 3)

Vòng 4: qua các nhánh (1, 2, 4, 5)

Vòng 5: qua các nhánh (4, 5, 3)

Vòng 6: qua các nhánh (1, 6, 5, 3, 1)

Vòng 7: qua các nhánh (2, 6, 4, 3, 2)

Mạch điện có 2 phần tử chính đó là nguồn điện và phụ tải.

- Nguồn điện: là các thiết bị điện dùng để biến đổi các dạng năng lượng khác sang điện năng, ví dụ như pin, ắc quy (năng lượng hóa học), máy phát điện (năng lượng cơ học)...
- Phụ tải: là thiết bị điện biến điện năng thành các dạng năng lượng khác. Trên sơ đồ chúng thường được biểu thị bằng một điện trở R .
- Dây dẫn: là dây kim loại dùng để nối từ nguồn đến phụ tải.

§1.2. CÁC ĐẠI LƯỢNG ĐẶC TRƯNG CHO QUÁ TRÌNH NĂNG LƯỢNG TRONG MẠCH ĐIỆN

1.2.1. Dòng Điện

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

Qui ước: Chiều dòng điện hướng từ cực dương về cực âm của nguồn hoặc từ nơi có điện thế cao đến nơi có điện thế thấp.

Cường độ dòng điện I là đại lượng đặc trưng cho độ lớn của dòng điện. Cường độ dòng điện được tính bằng lượng điện tích chạy qua tiết diện thẳng của vật dẫn trong một đơn vị thời gian.

$$I = \frac{dq}{dt} \quad (1-1)$$

Đơn vị của dòng điện là ampe (A).

Bản chất dòng điện trong các môi trường :

- Trong kim loại: lớp ngoài cùng của nguyên tử kim loại có rất ít electron, chúng liên kết rất yếu với các hạt nhân và dễ bật ra thành các electron tự do. Dưới tác dụng của điện trường các electron tự do này sẽ chuyển động có hướng tạo thành dòng điện.
- Trong dung dịch: các chất hoà tan trong nước sẽ phân ly thành các ion dương tự do và các ion âm tự do. Dưới tác dụng của điện trường các ion tự do này sẽ chuyển động có hướng tạo nên dòng điện.

Chương 1. Những Khái niệm cơ bản về mạch điện

- Trong chất khí: khi có tác nhân bên ngoài (bức xạ lửa, nhiệt...) tác động, các phân tử chất khí bị ion hoá tạo thành các ion tự do. Dưới tác dụng của điện trường chúng sẽ chuyển động tạo thành dòng điện.

1.2.2. Điện Áp

Điện áp là đại lượng đặc trưng cho khả năng tích lũy năng lượng của dòng điện. Trong mạch điện, tại các điểm đều có một điện thế φ nhất định. Hiệu điện thế giữa hai điểm gọi là điện áp U .

Ta có: $U_{AB} = \varphi_A - \varphi_B$ (1-2)

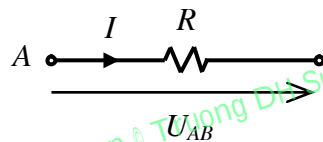
Trong đó: φ_A : điện thế tại điểm A

φ_B : điện thế tại điểm B

U_{AB} : hiệu điện thế giữa A và B

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

Đơn vị điện áp là vôn (V). Ký hiệu: $U, u(t)$.



Hình 1-3. Điện áp và dòng điện trên điện trở

1.2.3. Công suất

Công suất P là đại lượng đặc trưng cho khả năng thu và phát năng lượng điện trường của dòng điện. Công suất được định nghĩa là tích số của dòng điện và điện áp:

- Nếu dòng điện và điện áp cùng chiều thì dòng điện sinh công dương $P > 0$ (phần tử đó hấp thụ năng lượng)
- Nếu dòng điện và điện áp ngược chiều thì dòng điện sinh công âm $P < 0$ (phần tử đó phát năng lượng)

Đơn vị công suất là watt (W). Đối với mạch điện xoay chiều, công thức tính công suất tác dụng như sau

$$P = U.I.\cos\varphi \quad (1-3)$$

Trong đó: U : là điện áp hiệu dụng .

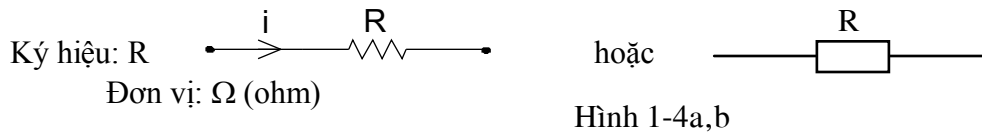
I : là dòng điện hiệu dụng.

$\cos\varphi$ là hệ số công suất, với $\varphi = \Psi_u - \Psi_i$ (với Ψ_u là góc pha đầu của điện áp và Ψ_i là góc pha đầu của dòng điện).

Chương 1. Những Khái niệm cơ bản về mạch điện

§1.3. CÁC PHẦN TỬ CƠ BẢN CỦA MẠCH ĐIỆN:

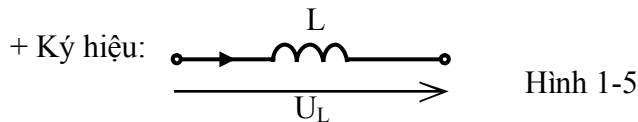
1.3.1. Điện trở R: đặc trưng cho hiện tượng tiêu tán năng lượng



1.3.2. Điện dẫn: Y hoặc G

$$G = Y = \frac{1}{R} \text{ mho (v)}$$

1.3.3. Cuộn Dây



L: Điện cảm của cuộn dây

Đơn vị: Henry (H) $1\text{mH}=10^{-3}\text{H}$

Điện cảm L: đặc trưng cho khả năng tạo nên từ trường của phần tử mạch điện

- Tính chất: gọi I là dòng điện đi qua cuộn dây

u: là điện áp đặt giữa 2 đầu cuộn dây

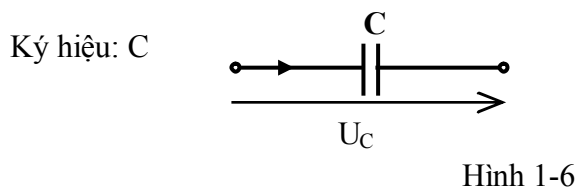
$$\text{ta có: } u = L \cdot \frac{di}{dt} \quad (1-4)$$

di/dt : chỉ sự biến thiên của dòng điện theo thời gian

- Tính chất: từ công thức (1-4) $\Rightarrow$ Điện áp giữa 2 đầu cuộn dây tỉ lệ với sự biến thiên của dòng điện theo thời gian.
- **Lưu ý:** Trong mạch điện 1 chiều thì điện áp giữa 2 đầu mạch điện bằng 0. Trong mạch điện 1 chiều nếu đặt cuộn dây thì coi như mạch bị nối tắt

1.3.4. Điện Dung:

+ Tụ điện: đặc trưng cho hiện tượng tích phóng năng lượng điện trường.



C: điện dung của tụ điện

Đơn vị: Farad (F)

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

$$1\text{nF} = 10^{-9}\text{F}$$

$$1\text{pF} = 10^{-12}\text{F}$$

Gọi u là điện áp đặt giữa 2 đầu của tụ điện

Ta có: $q = c \cdot u$ trong đó: q: điện tích trên tụ

$$\Rightarrow \frac{dq}{dt} = c \frac{du}{dt} \quad (1-5)$$

Chương 1. Những Khái niệm cơ bản về mạch điện

$$\begin{aligned} \text{mà } \frac{dq}{dt} &= i \\ \Rightarrow i &= c. \frac{du}{dt} \end{aligned} \quad (1-6)$$

Tính chất dòng điện đi qua tụ tỉ lệ với sự biến thiên của điện áp trên tụ.

1.3.5. Nguồn Độc Lập:

Ý nghĩa của “độc lập”: là giá trị của nguồn không phụ thuộc bất kỳ vào phần tử nào trong mạch.

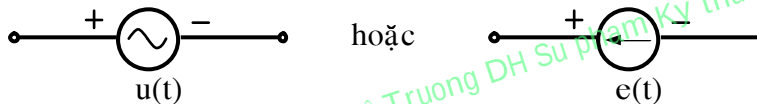
a) Nguồn áp một chiều:
Ký hiệu:



Hình 1-7a, b.

E: là giá trị của nguồn áp
Đơn vị: Volt (V)

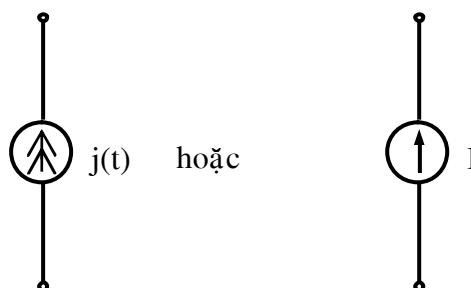
b) Nguồn áp xoay chiều:
Ký hiệu:



Hình 1-8a, b

Mang dấu “+” và “-” là vì tại thời điểm gốc thì $t = 0$ chiều điện áp có dạng như hình vẽ. Chiều sức điện động $e(t)$ đi từ điểm có điện thế thấp đến điểm có điện thế cao (ngược chiều với điện áp).

c) Nguồn dòng:
Ký hiệu:



Hình 1-9a, b

I: là giá trị của nguồn dòng, đơn vị Ampe (A)

↑ : Chỉ chiều của dòng điện

1.3.6. Nguồn phụ thuộc

❖ Nguồn áp phụ thuộc:

Ký hiệu:

Chương 1. Những Khái niệm cơ bản về mạch điện

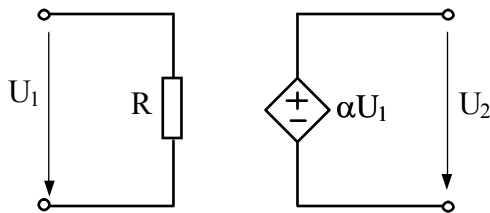
❖ Nguồn dòng phụ thuộc:

Ký hiệu:



+ Nguồn áp điều khiển nguồn áp: (Nguồn áp phụ thuộc áp)

Ký hiệu: VCVS (Voltage control voltage source)



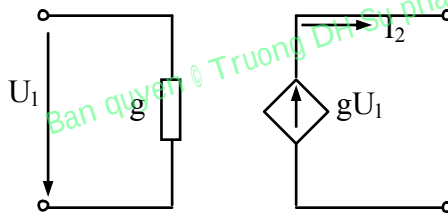
Hình 1-10

Phần tử này phát ra điện áp U_2 phụ thuộc vào điện áp U_1 (Khi U_1 thay đổi thì điện áp U_2 thay đổi theo) theo biểu thức:

$$U_2 = \alpha U_1 \quad \alpha: \text{không có thứ nguyên}$$

+ Nguồn áp điều khiển nguồn dòng: (Nguồn dòng phụ thuộc áp)

Ký hiệu: VCCS (Voltage controlled current source)



Hình 1-11

Phần tử này phát ra dòng I_2 phụ thuộc vào điện áp U_1 (Khi U_1 thay đổi thì dòng điện I_2 thay đổi theo) theo hệ thức:

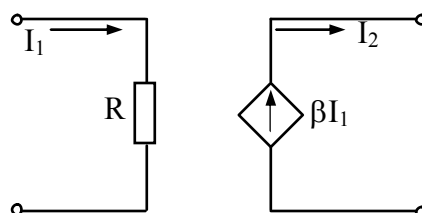
$$I_2 = g U_1. \text{ Đơn vị đo của } g \text{ là Siemen (S) hoặc mho (}\mu\text{)}$$

+ Nguồn dòng điều khiển nguồn dòng: (Nguồn dòng phụ thuộc dòng)

Ký hiệu: CCCS (Current - controlled current source)

Phần tử này phát ra dòng I_2 phụ thuộc vào dòng I_1 (Khi I_1 thay đổi thì dòng điện I_2 thay đổi theo) theo biểu thức:

$$I_2 = \beta I_1 \quad \beta: \text{không có thứ nguyên}$$

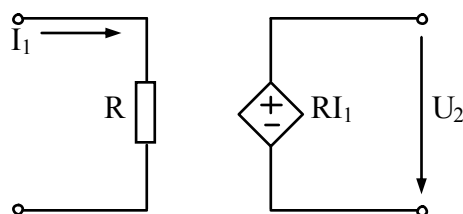


Hình 1-12

+ Nguồn dòng điều khiển nguồn áp: (Nguồn áp phụ thuộc dòng)

Chương 1. Những Khái niệm cơ bản về mạch điện

Ký hiệu: CCVS (Current - controlled voltage source)



Hình 1-13

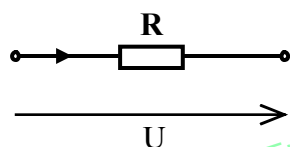
Phần tử này phát ra điện áp U_2 phụ thuộc vào dòng điện I_1 (Khi I_1 thay đổi thì điện áp U_2 thay đổi theo) theo biểu thức:

$$U_2 = R I_1 \text{ .Đơn vị đo } R \text{ là ohm } (\Omega)$$

§1.4.CÁC ĐỊNH LUẬT CƠ BẢN CỦA MẠCH ĐIỆN

1.4.1. Định luật ohm:

Khi cho dòng điện đi qua điện trở R , U là điện áp đặt giữa 2 đầu R theo định luật ohm ta có:



Hình 1-14

$$U = I \cdot R$$

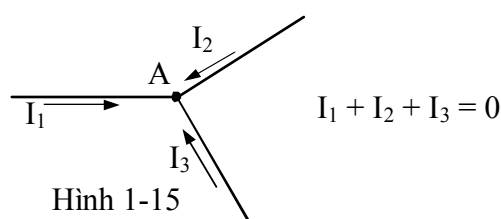
(1-7)

1.4.2. Định Luật Kirchhoff 1: (Định Luật Nút)

Tổng đại số dòng điện tại 1 nút bằng 0: $\sum \pm i = 0$

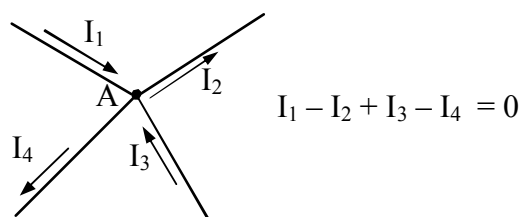
(1-8)

Ví dụ 1-3: Cho mạch điện hình (1-15) xét tại nút A: theo định luật Kirchhoff 1 ta có:



Hình 1-15

Ví dụ 1-4: Cho mạch điện hình (1-16) xét tại nút A: theo định luật Kirchhoff 1 ta có:



Hình 1-16

Chương 1. Những Khái niệm cơ bản về mạch điện

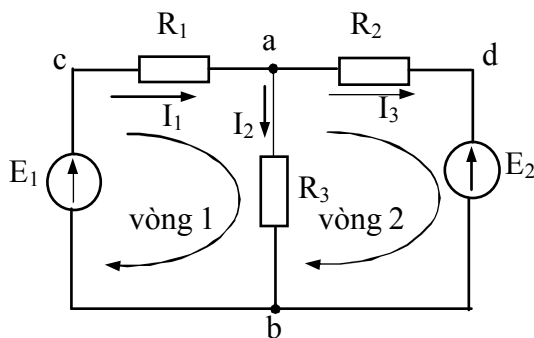
+ Nếu ta qui ước dòng điện đi vào nút A mang dấu cộng (+), thì dòng điện đi ra nút A mang dấu trừ (-) hoặc ngược lại.

1.4.3. Định luật Kirchhoff 2:

Tổng đại số điện áp của các phần tử trong 1 vòng kín bất kỳ thì bằng 0

$$\sum \pm u = 0 \quad (1-9)$$

Ví Dụ 1-5: Cho mạch điện như hình (H.1-17)



Hình 1-17

Xét vòng 1 (a,b,c,a) theo định luật Kirchhoff 2 ta có:

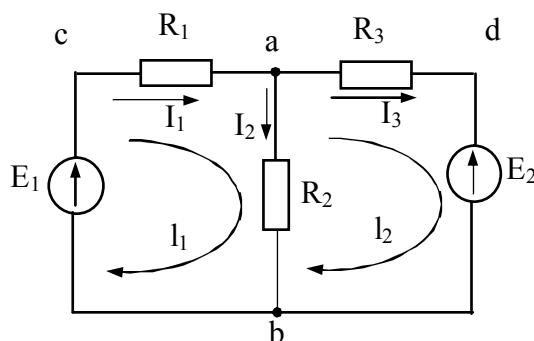
$$U_{ab} + U_{bc} + U_{ca} = 0$$

Xét vòng 2 (a,d,b,a) theo định luật Kirchhoff 2 ta có:

$$U_{ad} + U_{db} + U_{ba} = 0$$

Ban quyền © Trường Đại học Kỹ thuật TP. HCM

Ví Dụ 1-6: Cho mạch điện như hình vẽ (H.1-18)



Hình 1-18

Dùng các định luật cơ bản tìm dòng điện qua các nhánh I_1 , I_2 và I_3

Giải

Tại nút a: theo định luật Kirchhoff 1 ta có:

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

Giả sử ta xét vòng kín l_1 (a, b, c, a) theo định luật Kirchhoff 2 ta có:

$$U_{ca} + U_{ab} + U_{bc} = 0 \quad (2)$$

$$I_1 R_1 + I_2 R_2 + (-E_1) = 0 \quad (2)$$

Khảo sát vòng kín l_2 (a, d, b, a) theo định luật Kirchhoff 2 ta có:

$$U_{ad} + U_{db} + U_{ba} = 0 \quad (3)$$

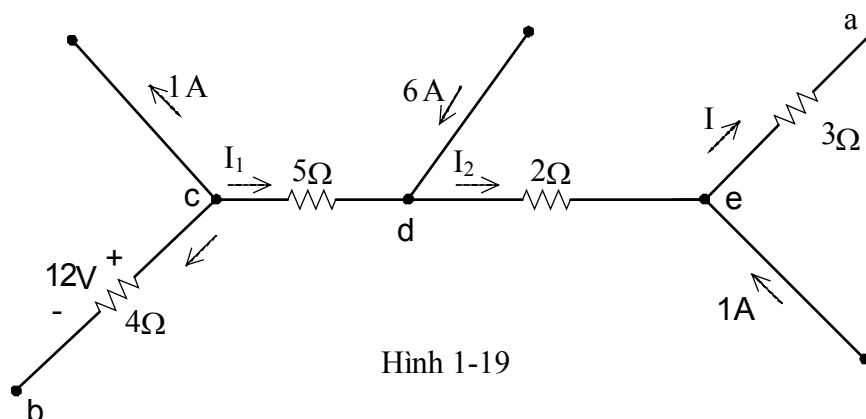
$$I_3 R_3 + E_2 + (-I_2 R_2) = 0 \quad (3)$$

Giải hệ 3 phương trình (1), (2), (3) ta tìm được dòng điện qua các nhánh I_1 , I_2 và I_3 .

Chương 1. Những Khái niệm cơ bản về mạch điện

§1.5. BÀI TẬP VÍ DỤ CHƯƠNG 1

Bài 1.1: Cho mạch điện như hình (H1-19)



Hình 1-19

Dùng định luật Kirchhoff 1 và 2 tìm i và U_{ab} .

Giải

Tại nút c: theo định luật Kirchhoff 1 ta có:

$$I_1 + 1 + \frac{12}{4} = 0 \rightarrow I_1 = -1 - 3 = -4 \text{ (A)}$$

Tại nút d: $I_2 = I_1 + 6 = -4 + 6 = 2 \text{ (A)}$

Tại nút e: $I_2 + 1 = I \Rightarrow I = 2 + 1 = 3 \text{ (A)}$

Vậy $I = 3 \text{ (A)}$

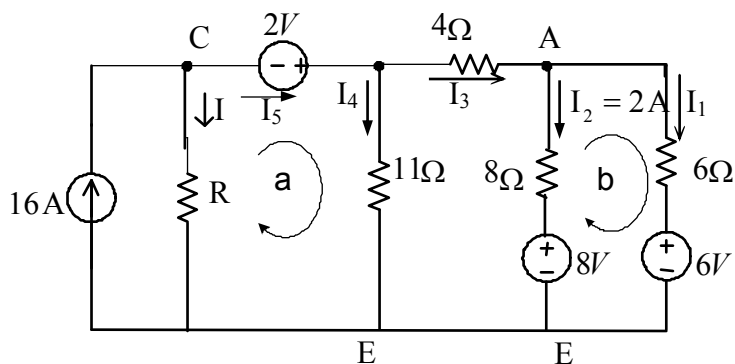
Theo định luật Kirchhoff 2 ta có:

$$\begin{aligned} U_{ab} &= U_{ae} + U_{ed} + U_{dc} + U_{cb} \\ &= (-I) \cdot 3 + (-I_2) \cdot 2 + (-I_1) \cdot 5 + 12 \\ &= -9 - 4 - 20 + 12 = 19 \text{ (V)} \end{aligned}$$

Vậy $U_{ab} = 19 \text{ (V)}$

Bài 1.2: Cho mạch điện như hình (H1-20)

Dùng định luật Kirchhoff 1 và Kirchhoff 2 tìm I và R .



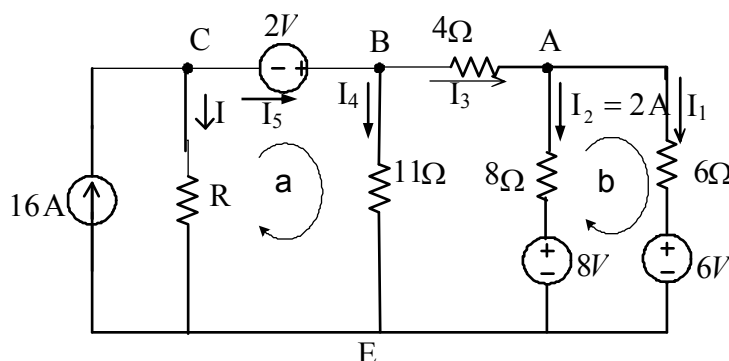
Hình 1-20

Giải

Áp dụng định luật K2 vòng (A,E,A) ta có:

$$2.8 + 8 - 6 - I_1 \cdot 6 = 0$$

$$I_1 = \frac{18}{6} = 3A$$



Chương 1. Những Khái niệm cơ bản về mạch điện

Áp dụng định luật K₁ tại A ta có: $I_3 = I_1 + I_2 = 3 + 2 = 5A$

Áp dụng định luật K₂ tại vòng (B,E,A,B)

ta có: $I_4 \cdot 11 - I_2 \cdot 8 - I_3 \cdot 4 = 8V$

$$I_4 \cdot 11 - 2 \cdot 8 - 5 \cdot 4 = 8V$$

$$I_4 = \frac{44}{11} = 4A$$

Áp dụng định luật K₁ tại B: $I_5 = I_4 + I_3 = 4 + 5 = 9A$

Áp dụng định luật K₁ tại C: $I = 16 - I_5 = 16 - 9 = 7A$

Áp dụng định luật K₂ theo vòng (C,B,E,C):

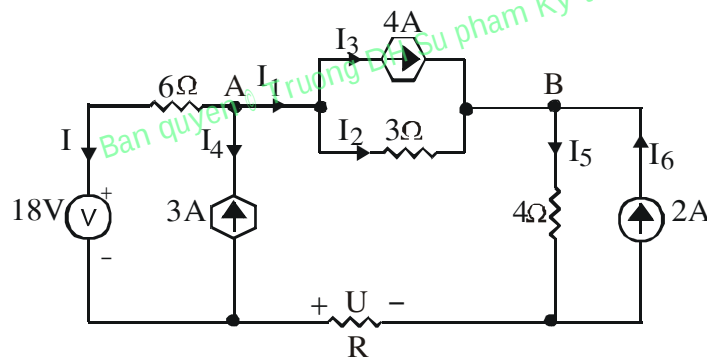
$$I_4 \cdot 11 - I \cdot R = 2$$

$$4 \cdot 11 - 7 \cdot R = 2$$

$$R = \frac{44 - 2}{7} = 6\Omega$$

Đáp số: $I = 7A$
 $R = 6\Omega$

Bài 1.3: Cho mạch điện như hình (H1-21)



Hình 1-21

Tìm cường độ dòng điện chạy trong các nhánh và điện áp U đặt trên điện trở R. Biết rằng $I = 1A$.

Giải

Tại nút A theo định luật Kirchhoff 1:

$$I_1 + I + I_4 = 0 \quad (1)$$

Biết rằng:

$$I = 1A$$

$$I_4 = -3A$$

Thay vào (1) ta được:

$$I_1 + 1 - 3 = 0$$

$$\Rightarrow I_1 = 3 - 1 = 2A$$

Ta có:

$$I_1 = I_3 + I_2 = I_2 + 4$$

$$\Rightarrow I_2 = I_1 - 4 = 2 - 4 = -2A$$

Tại nút B theo định luật Kirchhoff 1 ta có:

$$I_1 - I_5 + I_6 = 0$$

Chương 1. Những Khái niệm cơ bản về mạch điện

Mà:

$$I_6 = 2A$$

$$I_5 = I_1 + I_6 = 2 + 2 = 4A$$

Áp dụng định luật Kirchhoff 2 tại vòng kín ta có:

$$6I + 18 + U - U_B - U_{AB} = 0 \quad (2)$$

Trong đó:

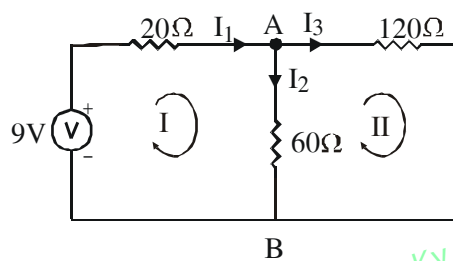
$$U_{AB} = 3 \times 4 = 12V$$

Và: $U_B = 2 \times 4 = 8V$

Thay vào phương trình (2) tìm được điện áp đặt trên điện trở R.

$$\Rightarrow U = 12 + 8 - 6 \cdot 1 - 18 = -4V$$

Bài 1.4: Cho mạch điện như hình (H1-22)



Hình 1-22

Tìm dòng điện chạy trong các nhánh I_1 , I_2 , I_3 .

Giải

Tại nút A theo định luật Kirchhoff 1 ta có:

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

Viết phương trình theo định luật Kirchhoff 2 cho vòng I

$$20I_1 + 60I_2 = 9 \quad (2)$$

Viết phương trình theo định luật Kirchhoff 2 cho vòng II

$$120I_3 - 60I_2 = 0 \quad (3)$$

Giải hệ phương trình (1), (2), (3):

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

$$20I_1 + 60I_2 = 9 \quad (2)$$

$$120I_3 - 60I_2 = 0 \quad (3)$$

Từ phương trình (2) ta suy ra:

$$I_2 = \frac{9 - 20I_1}{60} \quad (4)$$

Lấy phương trình (2) + phương trình (3) ta được:

$$20I_1 + 120I_3 = 9 \quad (5)$$

Thay phương trình (4) vào phương trình (1) ta được:

$$I_1 - \frac{9 - 20I_1}{60} - I_3 = 0$$

$$\Rightarrow 80I_1 - 60I_3 = 9 \quad (6)$$

Giải hệ phương trình (5), (6) ta được:

Chương 1. Những Khái niệm cơ bản về mạch điện

Nhân phương trình (6) với hệ số 2 rồi cộng với phương trình (5) ta được:

$$I_1 = \frac{18 + 9}{160 + 20} = 0.15A$$

Thay giá trị $I_1 = 0.15A$ vào phương trình (5) ta được:

$$I_3 = \frac{9 - 20I_1}{120} = \frac{9 - 20 \times 0.15}{120} = 0.05A$$

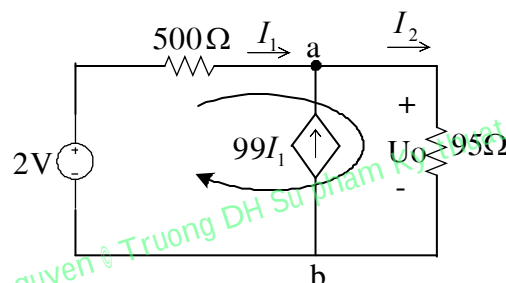
Thay giá trị $I_1 = 0.15A$ và $I_3 = 0.05A$ vào phương trình (4) ta được:

$$I_2 = \frac{9 - 20I_1}{60} = \frac{9 - 20 \times 0.15}{60} = 0.10A$$

$$I_2 = 0.10A$$

§1.6.BÀI TẬP CHƯƠNG 1

Bài 1-5: Cho mạch điện như hình (H1-23)

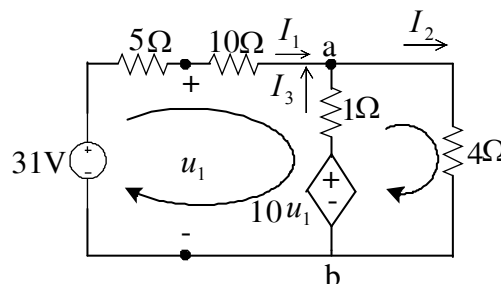


Hình 1-23

Dùng định luật K₁, K₂ tính U₀ và I₂

Đáp số: U₀ = 95 và I₂ = 1,9V

Bài 1-6: Cho mạch điện như hình (H1-24)



Hình 1-24

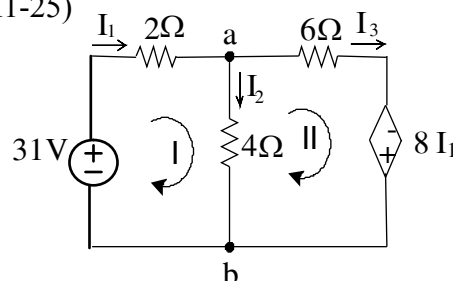
Dùng định luật K₁, K₂ tính I₁, I₂ và I₃

Đáp số: I₁ = 5A

$$I_2 = -11A$$

$$I_3 = I_2 - I_1 = -16A$$

Bài 1-7: Cho mạch điện như hình (H1-25)



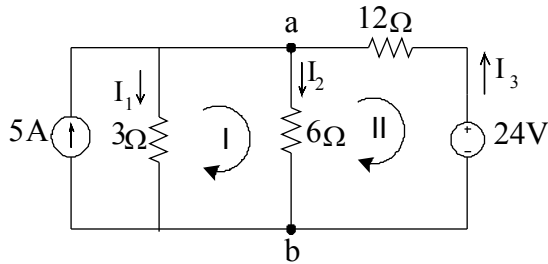
Hình 1-25

Chương 1. Những Khái niệm cơ bản về mạch điện

Dùng định luật K₁, K₂ Tìm I₁, I₂, I₃

Đáp số: $I_1 = \frac{10 \cdot 2}{2} = 10A$; $I_3 = I_1 - I_2 = 10 - (-2) = 12A$
 $I_2 = -2A$

Bài 1-8: Cho mạch điện như hình (H1-26)

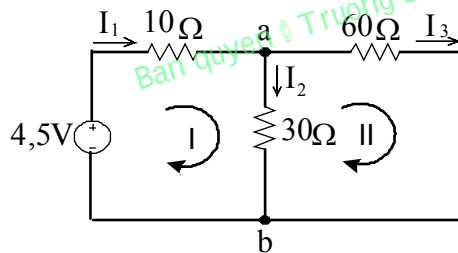


Hình 1-26

Dùng định luật K₁, K₂ Tìm dòng điện qua các nhánh I₁, I₂, I₃

Đáp số: $I_2 = 2A$
 $I_1 = 2I_2 = 4A$
 $I_3 = 4 + 2 - 5 = 1A$

Bài 1-9: Cho mạch điện như hình (H1-27)



Hình 1-27

Dùng định luật K₁, K₂ Tìm dòng điện trong các nhánh I₁, I₂ và I₃

Đáp số: $I_2 = 0,1A$
 $I_1 = \frac{15 \cdot 0,1}{10} = 0,15A$
 $I_3 = I_1 - I_2 = 0,15 - 0,1 = 0,05A$

CHƯƠNG 2

MẠCH ĐIỆN XOAY CHIỀU HÌNH SIN MỘT PHA

Dòng điện sin là dòng điện xoay chiều biến đổi theo quy luật hàm sin biến thiên theo thời gian. Trong kỹ thuật và đời sống dòng điện xoay chiều hình sin được dùng rất rộng rãi vì nó có nhiều ưu điểm so với dòng điện một chiều. Dòng điện xoay chiều dễ dàng chuyển tải đi xa, dễ dàng thay đổi cấp điện áp nhờ máy biến áp. Máy phát điện và động cơ điện xoay chiều làm việc tin cậy, vận hành đơn giản, chi số kinh tế - kỹ thuật cao. Ngoài ra trong trường hợp cần thiết, ta có thể dễ dàng biến đổi dòng điện xoay chiều thành một chiều nhờ các thiết bị chỉnh lưu.

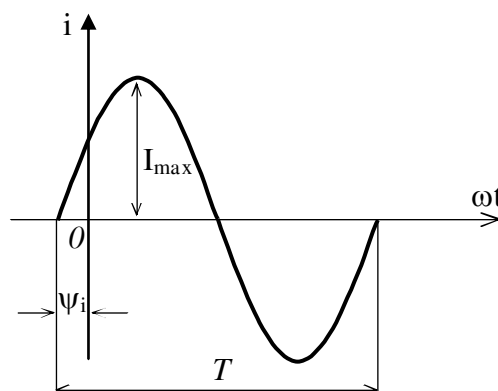
§2.1. CÁC ĐỊNH NGHĨA VỀ DÒNG ĐIỆN XOAY CHIỀU HÌNH SIN

- Dòng điện xoay chiều là dòng điện có chiều và trị số thay đổi theo thời gian.
- Dòng điện xoay chiều biến thiên theo quy luật hình sin theo thời gian được gọi là dòng điện xoay chiều hình sin, được biểu diễn bằng đồ thị hình sin trên hình (2-1).

$$i = I_{\max} \sin(\omega t + \Psi_i) \quad (2-1)$$

trong đó:

- i : là trị số tức thời của dòng điện.
- $I_{\max}$: là giá trị cực đại của dòng điện (hay là biên độ của dòng điện)
- ω : là tần số góc
- Ψ : là góc pha ban đầu của dòng điện



Hình 2-1. Dòng điện xoay chiều hình sin

2.1.1. Chu kỳ, tần số, tần số góc

- ❖ **Chu kỳ:** Là khoảng thời gian ngắn nhất để dòng điện lặp lại trị số và chiều biến thiên cũ. Chu kỳ có ký hiệu là T , đơn vị: giây (s).
- ❖ **Tần số:** Là số chu kỳ mà dòng điện thực hiện được trong một đơn vị thời gian (trong 1 giây). Tần số có ký hiệu là f .

$$\text{Ta có: } f = \frac{1}{T} \text{ (Hz)} \quad (2-2)$$

Đơn vị là hertz, ký hiệu Hz.

Chương 2. Mạch điện xoay chiều một pha

❖ **Tần số góc:** Là tốc độ biến thiên của dòng điện hình sin.

Tần số góc có ký hiệu là ω , đơn vị là rad/s .

Quan hệ giữa tần số góc và tần số:

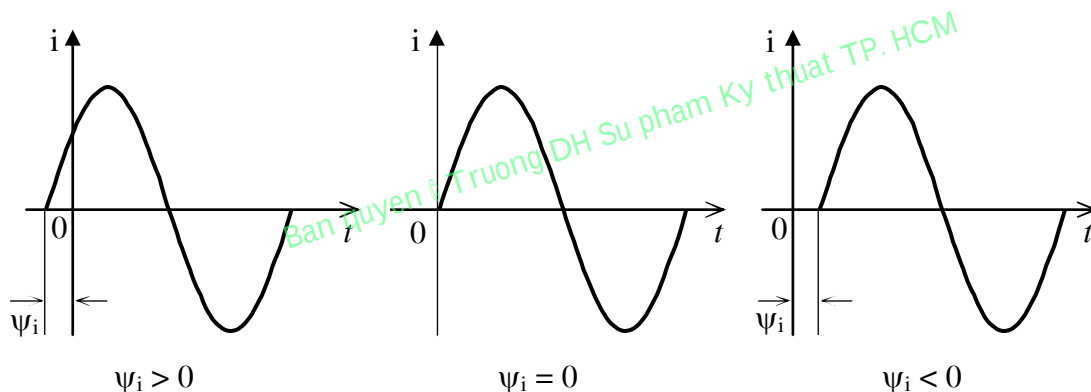
$$\omega = 2 \cdot \pi \cdot f \quad (2-3)$$

2.1.2. Trị số tức thời của dòng điện

Trị số tức thời là trị số ứng với thời điểm t , ký hiệu là i . Trong biểu thức (2-1) trị số tức thời phụ thuộc vào biên độ $I_{\max}$ và góc pha $(\omega t + \Psi_i)$.

- Biên độ $I_{\max}$ là trị số cực đại của dòng điện i , cho biết độ lớn của dòng điện.
- Góc pha $(\omega t + \Psi_i)$ nói lên trạng thái của dòng điện ngay tại thời điểm t . Ở thời điểm $t = 0$ thì góc pha của dòng điện là Ψ_i . Ψ_i gọi là góc pha ban đầu của dòng điện. Góc pha ban đầu Ψ phụ thuộc vào thời điểm chọn làm gốc thời gian.

Hình 2-2 chỉ ra góc pha ban đầu Ψ_i khi chọn các mốc thời gian khác nhau.



Hình 2-2. Góc pha của dòng điện ứng với các mốc thời gian khác nhau

2.1.3. Góc lệch pha φ giữa điện áp và dòng điện

Giả sử cho dòng điện $i = I_{\max} \sin(\omega t + \Psi_i)$ và $u = U_{\max} \sin(\omega t + \Psi_u)$.

Trong đó: $U_{\max}$, Ψ_u là biên độ và góc pha của điện áp.

Hãy biểu diễn góc lệch pha giữa u và i .

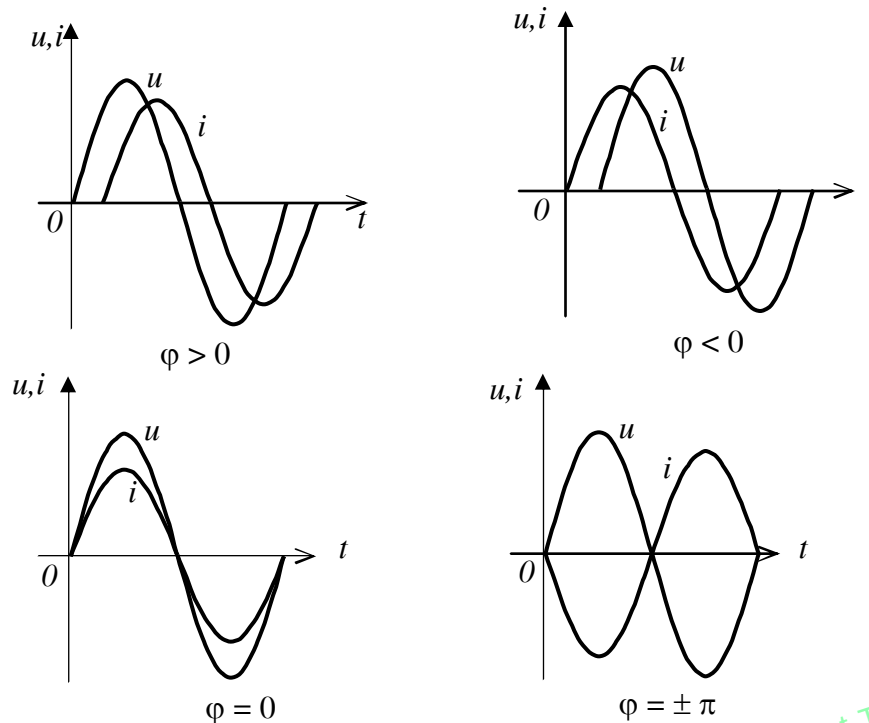
- Để biểu diễn góc lệch pha giữa 2 đại lượng điều hòa chúng phải có cùng tần số góc, cùng hàm sin hoặc hàm cos.
- Góc lệch pha giữa điện áp và dòng điện ký hiệu là φ

$$\varphi = (\omega t + \Psi_i) - (\omega t + \Psi_u) = \Psi_1 - \Psi_2 \quad (2-4)$$

Góc φ phụ thuộc vào các thông số của mạch.

- Khi:
- $\varphi > 0$ điện áp vượt trước dòng điện
 - $\varphi < 0$ điện áp chậm sau dòng điện
 - $\varphi = 0$ điện áp trùng pha dòng điện
 - $\varphi = \pm \pi$ điện áp ngược pha với dòng điện

Chương 2. Mạch điện xoay chiều một pha



Hình 2-3. Góc lệch pha giữa điện áp và dòng điện

- ❖ **Ví dụ 2-1:** Cho hai đại lượng điều hòa có cùng tần số góc
 $u = 100 \sin(2t + 60^\circ)$
 $i = 20 \sin(2t + 30^\circ)$
 Hãy biểu diễn góc lệch pha giữa điện áp và dòng điện.

Giải:

Ta có: $\varphi = \varphi_u - \varphi_i = 60^\circ - 30^\circ = 30^\circ$
 Vậy: u nhanh pha hơn i một góc 30° .

- ❖ **Ví dụ 2-2:** Cho hai đại lượng điều hòa có cùng tần số góc
 $u = 100 \sin(2t + 60^\circ)$
 $i = 20 \cos 2t$
 Hãy biểu diễn góc lệch pha giữa điện áp và dòng điện.

Giải:

Do u và i không cùng dạng sin và cos nên ta phải chuyển sang dạng cos hoặc sin
 Ta đổi: $i = 20 \cos 2t = 20 \sin(2t + 90^\circ)$
 $\Rightarrow \varphi = \varphi_u - \varphi_i = 60^\circ - 90^\circ = -30^\circ$

Vậy: u chậm pha hơn i một góc 30°

+ **Chú ý:** để so sánh góc lệch pha giữa 2 đại lượng điều hòa thì chúng phải có cùng tần số góc; cùng dạng sin hoặc dạng cos.

2.1.4. Trị số hiệu dụng của dòng điện

Trị số hiệu dụng của dòng điện xoay chiều là giá trị tương đương của dòng điện một chiều khi chúng đi qua cùng một điện trở trong thời gian một chu kỳ thì toả ra cùng một năng lượng dưới dạng nhiệt như nhau. Kí hiệu bằng chữ in hoa: $I, U, E \dots$

- Trị số hiệu dụng của dòng điện hình sin:

Chương 2. Mạch điện xoay chiều một pha

$$I = \frac{I_{\max}}{\sqrt{2}} = 0,707 I_{\max} \quad (2-5)$$

- Tương tự ta có trị số hiệu dụng của điện áp và sức điện động xoay chiều hình sin là:

$$U = \frac{U_{\max}}{\sqrt{2}} = 0,707 U_{\max} \quad (2-6)$$

$$E = \frac{E_{\max}}{\sqrt{2}} = 0,707 E_{\max} \quad (2-7)$$

Chú ý: Để phân biệt, cần chú ý các ký hiệu:

- i, u : Trị số tức thời, kí hiệu chữ thường.
- I, U : Trị số hiệu dụng, kí hiệu chữ in hoa
- $I_{\max}, U_{\max}$: Trị số cực đại (biên độ).

§2.2. BIỂU DIỄN DÒNG ĐIỆN XOAY CHIỀU HÌNH SIN BẰNG VECTOR

Từ biểu thức trị số tức thời của dòng điện.

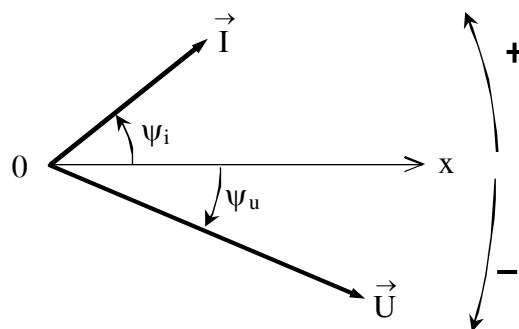
$$i = I_{\max} \sin(\omega t + \Psi_i) = I \sqrt{2} \sin(\omega t + \Psi_i)$$

Ta thấy khi tần số đã cho, nếu biết trị số hiệu dụng I , và pha đầu Ψ_i , thì i hoàn toàn xác định. Vector được đặc trưng bởi độ dài (độ lớn, mô đun) và góc (argument), từ đó ta có thể dùng vector để biểu diễn dòng điện hình sin (hình 2-4).

Độ dài của vector được biểu diễn bằng trị số hiệu dụng, góc của vector với trục Ox biểu diễn góc pha ban đầu. Ký hiệu như sau:

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

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



Hình 2-4. Biểu diễn vector của điện áp và dòng điện

Ví dụ 2-3: Hãy biểu diễn dòng điện, điện áp bằng vector và chỉ ra góc lệch pha, cho biết:

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

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

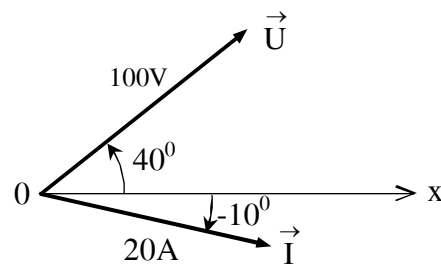
Giải:

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

Chương 2. Mạch điện xoay chiều một pha

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

Biểu diễn chúng bằng vector trên hình 2-5.



Hình 2-5. Vector của điện áp và dòng điện theo ví dụ 2-3

Góc lệch pha φ giữa điện áp và dòng điện là góc giữa hai 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 (thực hiện cho các đại lượng hình sin có cùng tần số góc).

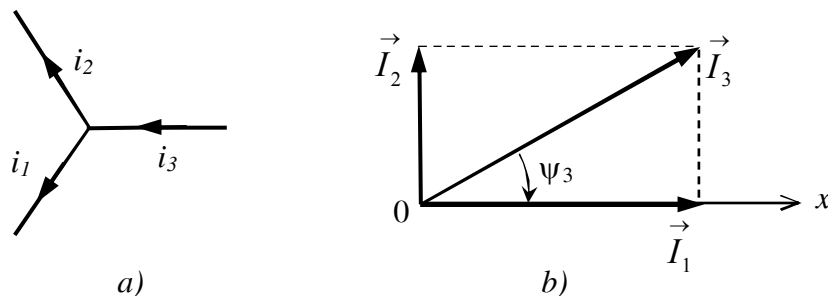
Ví dụ 2-4: Tính dòng điện i_3 trên hình 2-6a. Cho biết trị số tức thời

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

Giải:

Áp dụng định luật Kirchhoff I tại nút ta có:

$$i_3 = i_1 + i_2$$



Hình 2-6. Vector dòng điện $i_3 = i_1 + i_2$

Ta không thể cộng trực tiếp trị số tức thời đã cho, mà phải biểu diễn chúng thành vector như hình 2-6b.

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

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

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:

Chương 2. Mạch điện xoay chiều một pha

$$\begin{aligned} \tan \Psi_3 &= \frac{12}{16} = 0,75 \\ \Rightarrow \Psi_3 &= 36,87^\circ \end{aligned}$$

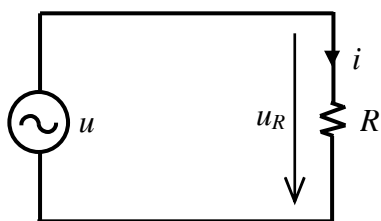
Biết trị số hiệu dụng I và góc pha đầu Ψ_1 ta xác định dễ dàng trị số tức thời. Vậy trị số tức thời của dòng điện i_3 là:

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

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

§2.3. DÒNG ĐIỆN XOAY CHIỀU QUA ĐIỆN TRỞ THUẦN R

Mạch điện xoay chiều thuần điện trở là mạch điện xoay chiều có hệ số tự cảm rất nhỏ có thể bỏ qua, không có thành phần điện dung, trong mạch chỉ còn một thành phần điện trở như bóng đèn, bếp điện...



Hình 2-7. Mạch thuần trở

Giả sử cho dòng điện xoay chiều $i = I_{\max} \sin \omega t$ đi qua điện trở R (2-8)

u : là điện áp đặt giữa 2 đầu điện trở.

Theo định luật Ohm ta có: $u_R = R \cdot i$

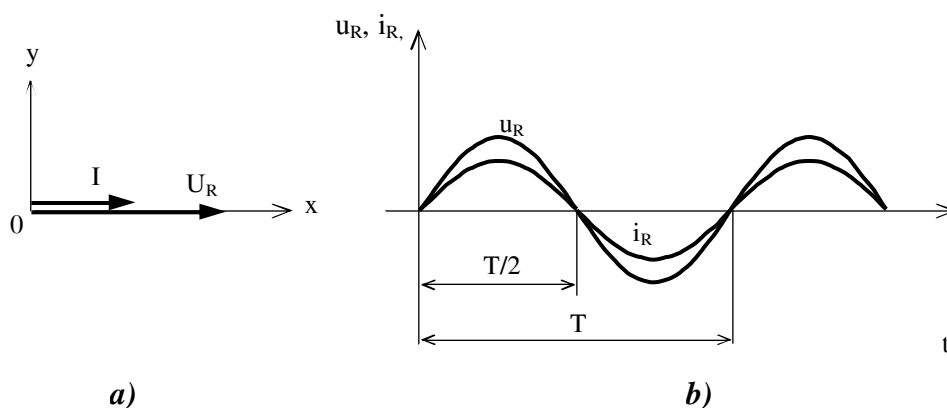
$$u_R = R \cdot I_{\max} \sin \omega t$$

$$\text{Mà } U_{\max} = I_{\max} \cdot R \quad (2-9)$$

$$\Rightarrow u_R = U_{\max} \sin \omega t \quad (2-10)$$

So sánh biểu thức dòng điện i và điện áp u_R , ta thấy: góc lệch pha giữa điện áp và dòng điện: $\varphi = \varphi_u - \varphi_i = 0$ (Hình 2-8)

❖ Kết luận: u cùng pha với i



Hình 2-8. Đồ thị của mạch xoay chiều thuần trở

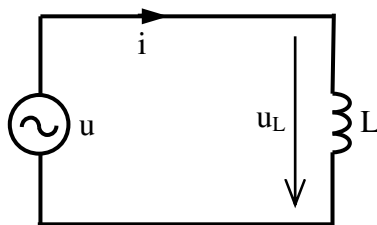
Chương 2. Mạch điện xoay chiều một pha

§2.4. DÒNG ĐIỆN XOAY CHIỀU QUA CUỘN DÂY THUẦN CẢM

Mạch thuần cảm là mạch điện có cuộn dây có hệ số tự cảm L khá lớn, điện trở R khá nhỏ có thể bỏ qua.

Giả sử cho dòng điện xoay chiều đi qua cuộn dây (hình 2-9), dòng điện i có dạng:

$$i = I_{\max} \sin \omega t \quad (2-11)$$



Hình 2-9. Mạch điện xoay chiều thuần cảm

u : là điện áp đặt giữa 2 đầu cuộn dây

Dòng điện biến thiên đi qua cuộn dây L làm xuất hiện sức điện động tự cảm e_L và giữa hai đầu cuộn dây sẽ có điện áp cảm ứng u_L

$$u_L = L \frac{di}{dt} = L \frac{d(I_m \cdot \sin \omega t)}{dt} = L \cdot I_m \cdot \omega \cdot \cos \omega t. \quad (2-12)$$

$$\Rightarrow u_L = U_{Lm} \cdot \sin(\omega t + \frac{\pi}{2}) \quad (2-13)$$

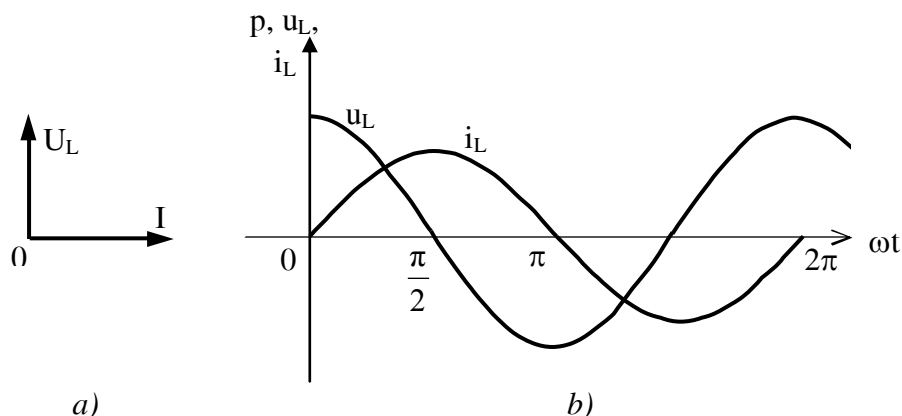
$$\text{Với } U_{Lm} = I_m \cdot L \cdot \omega \quad (2-14)$$

Trong đó:

$$X_L = \omega L \quad (2-15)$$

X_L : là cảm kháng của cuộn dây có đơn vị là Ohm(Ω)

So sánh biểu thức dòng điện i (2-11) và điện áp u_L (2-13), ta thấy: u nhanh pha hơn I một góc $\frac{\pi}{2}$. Đồ thị hình 2-10



Hình 2-10

Chương 2. Mạch điện xoay chiều một pha

§2.5. MẠCH ĐIỆN XOAY CHIỀU THUẦN ĐIỆN DUNG.

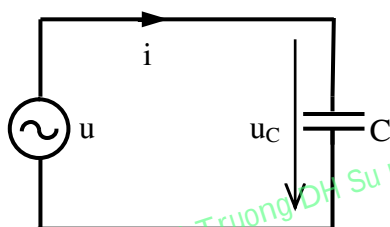
Mạch điện xoay chiều thuần điện dung là mạch điện chỉ có điện dung C và điện trở nhỏ coi như không đáng kể.

Giả sử khi có dòng điện: $i = I_m \sin \omega t$ (2-16) qua tụ điện thuần điện dung C (hình 2-11), điện áp trên tụ điện là:

$$u_c = \frac{1}{C} \int i dt = \frac{1}{C} \int I_m \sin \omega t dt = \frac{1}{\omega C} I_m \sin(\omega t - \frac{\pi}{2}) \quad (2-17)$$

$$= U_{cm} \sin\left(\omega t - \frac{\pi}{2}\right)$$

Với $U_{cm} = \frac{1}{\omega C} I_m \Rightarrow I_m = C \cdot \omega \cdot U_{cm} . \quad (2-18)$



Hình 2-11. Mạch điện xoay chiều thuần điện dung

So sánh biểu thức dòng điện i và điện áp u_c , ta thấy:

- Quan hệ giữa trị số hiệu dụng của điện áp và dòng điện là:

$$I = C \cdot \omega \cdot U_c = \frac{U_c}{\frac{1}{\omega C}} = \frac{U_c}{X_c} \quad (2-19)$$

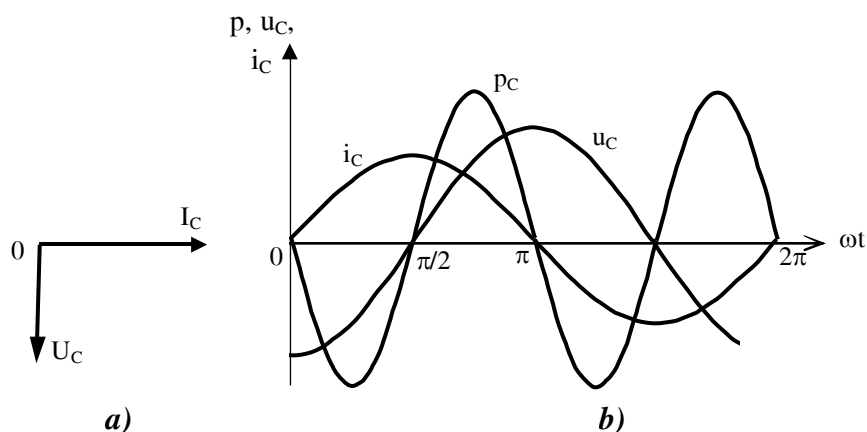
Với $X_c = \frac{1}{\omega C} \quad (2-20)$

- X_c : được gọi là dung kháng của tụ điện có đơn vị là ohm (Ω).

- Dòng điện i và điện áp u_c có cùng tần số, dòng điện i vượt trước điện áp u_c một góc là $\frac{\pi}{2}$

(hoặc điện áp chậm sau dòng điện góc pha $\frac{\pi}{2}$). Đồ thị vectơ điện áp và dòng điện được vẽ trên hình 2-12a.

Chương 2. Mạch điện xoay chiều một pha



Hình 2-12. Đồ thị của mạch điện xoay chiều thuần điện dung

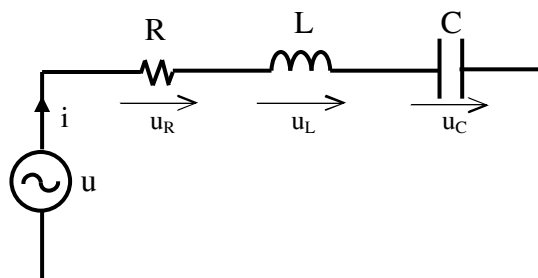
§2.6. MẠCH ĐIỆN XOAY CHIỀU GỒM R - L - C MẮC NỐI TIẾP

Mạch xoay chiều không phân nhánh, trường hợp tổng quát có cả ba thành phần là R, L, C mắc nối tiếp với nhau.

Giả sử khi đặt điện áp xoay chiều, trong mạch sẽ có dòng điện là:

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

Chạy trong nhánh R, L, C mắc nối tiếp, sẽ gây ra điện áp rơi trên điện trở u_R , trên điện cảm u_L , trên điện dung u_C (hình 2-13). Các đại lượng dòng điện và điện áp đều biến thiên theo hình sin và cùng một tần số. Do đó có thể biểu diễn chúng trên cùng một đồ thị vector trên hình 2-14a.



Hình 2-13. Mạch xoay chiều R-L-C mắc nối tiếp

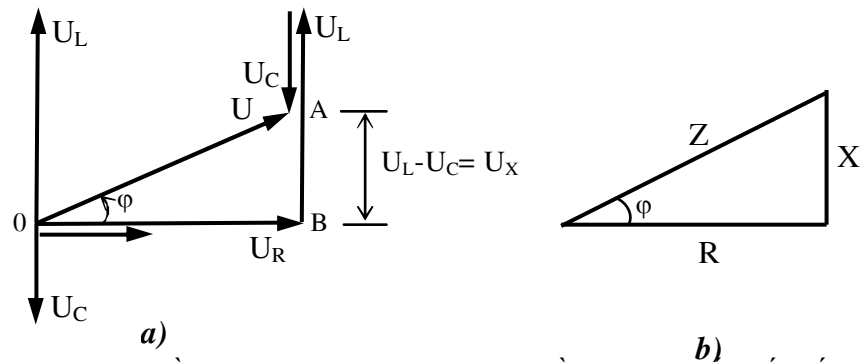
Ta có: $u = u_R + u_L + u_C$

Hay biểu diễn bằng vector

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

Tam giác vuông OAB có cạnh huyền là véc tơ điện áp tổng, hai cạnh góc vuông là hai điện áp thành phần (tác dụng và phản kháng) được gọi là tam giác điện áp của mạch xoay chiều có R - L - C mắc nối tiếp với nhau.

Chương 2. Mạch điện xoay chiều một pha



Hình 2-14. Đồ thị vector của mạch xoay chiều R-L-C mắc nối tiếp

Từ tam giác điện áp ta có:

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

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

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

Từ đó ta có:
$$I = \frac{U}{\sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}} = \frac{U}{Z} \quad (2-21)$$

Đây là định luật ohm cho mạch xoay chiều có R, L, C mắc nối tiếp nhau.

Trong đó:
$$X = X_L - X_C = 2\pi fL - \frac{1}{2\pi fC} \quad (2-22)$$

được gọi là điện kháng của mạch.

$$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2} = \sqrt{R^2 + X^2} \quad (2-23)$$

được gọi là tổng trở của mạch.

Từ biểu thức (2-23) ta có thể biểu diễn chúng lên 3 cạnh của một tam giác vuông, trong đó tổng trở Z là cạnh huyền, còn hai cạnh góc vuông là điện trở R và điện kháng X, gọi là tam giác tổng trở (hình 2-14b). Tam giác tổng trở giúp ta dễ dàng nhớ các quan hệ giữa các thông số R, X, Z và góc lệch pha φ .

Góc lệch pha φ giữa điện áp và dòng điện được xác định như sau:

$$\text{tg} \varphi = \frac{U_X}{U_R} = \frac{U_L - U_C}{U_R} \quad (2-24a)$$

Hay

$$\text{tg} \varphi = \frac{X}{R} = \frac{X_L - X_C}{R} \quad (2-24b)$$

Trong mạch xoay chiều hỗn hợp (R - L - C mắc nối tiếp) dòng điện và điện áp lệch pha nhau một góc φ . Biểu thức điện áp có dạng:

$$u = U_m \cdot \sin(\omega t + \varphi) \quad (2-25)$$

- Nếu $X_L > X_C$ thì $U_L > U_C$, $\varphi > 0$ điện áp vượt trước dòng điện một góc φ (hình 2-14a), mạch có tính chất điện cảm.
- Nếu $X_L < X_C$ thì $U_L < U_C$, $\varphi < 0$ điện áp chậm sau dòng điện một góc φ (hình 2-15a) mạch có tính chất điện dung.

Chương 2. Mạch điện xoay chiều một pha

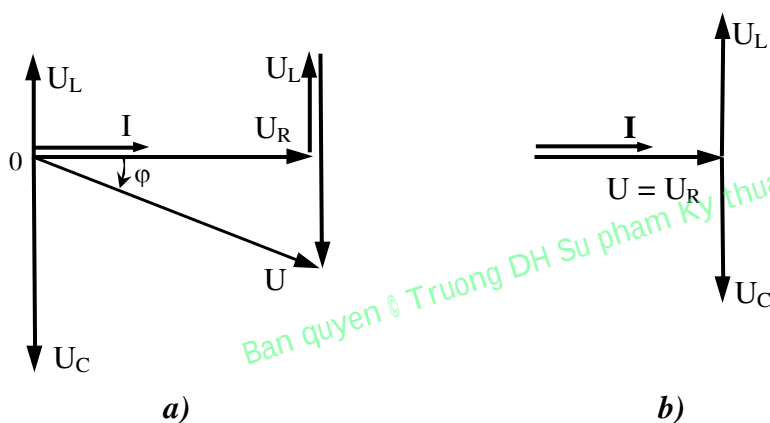
- Nếu $X_L = X_C$ thì $U_L = U_C$, $\varphi = 0$ điện áp trùng pha với dòng điện (hình 2-15b), mạch R, L, C lúc này có hiện tượng cộng hưởng nối tiếp, dòng điện trong mạch có trị số lớn nhất:

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

Điều kiện để cộng hưởng nối tiếp là: $\omega L = \frac{1}{\omega C}$

Tần số góc cộng hưởng là: $\omega = \sqrt{\frac{1}{L.C}}$

Tần số cộng hưởng là: $f = \frac{1}{2\pi \cdot \sqrt{LC}}$

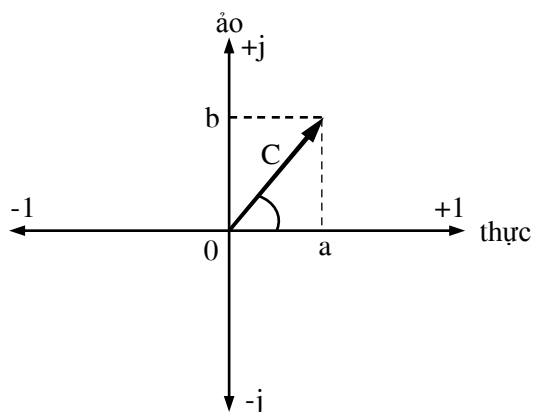


Hình 2-15. Đồ thị vectơ của mạch xoay chiều R-L-C mắc nối tiếp khi $U_C > U_L$ và khi $U_L = U_C$

§2.7. BIỂU DIỄN DÒNG ĐIỆN HÌNH SIN BẰNG SỐ PHỨC

2.7.1. Định nghĩa và cách biểu diễn số phức

Số phức là số mà trong thành phần của nó gồm hai thành phần: phần số thực và phần số ảo. Trong mặt phẳng tọa độ, số phức được biểu diễn dưới hai dạng sau (hình 2-16).



Hình 2-16. Mặt phẳng tọa độ biểu diễn số phức

Chương 2. Mạch điện xoay chiều một pha

a. Dạng đại số

$$\dot{C} = a + jb$$

Trong đó: a là phần thực;

jb là phần ảo với $j^2 = -1$ và a, b là số thực.

b. Dạng mũ

$$\dot{C} = C e^{j\alpha} = C \angle \alpha$$

Trong đó: C là mô đun (độ lớn)

α là Argument (góc)

Đổi từ dạng đại số sang dạng mũ

$$\dot{C} = a + jb \rightarrow \dot{C} = |C| \cdot e^{j\alpha} = |C| \angle \alpha$$

Trong đó:

$$|C| = \sqrt{a^2 + b^2}; \alpha = \arctg \frac{b}{a}$$

Ví dụ 2-5: Cho $\dot{C} = 3 + j4$. Hãy chuyển sang dạng hàm mũ $\dot{C} = |C| \angle \alpha$

Giải: Ta có: $|C| = \sqrt{a^2 + b^2} = \sqrt{3^2 + 4^2} = 5$

$$\alpha = \arctg \frac{b}{a} = \arctg \frac{4}{3} = 53^\circ$$

Vậy: $\dot{C} = 5 \angle 53^\circ$

Ví dụ 2-6: Cho $\dot{C} = 8 - j6$. Hãy chuyển sang dạng hàm mũ $\dot{C} = |C| \angle \alpha$

Giải: Ta có: $|C| = \sqrt{a^2 + b^2} = \sqrt{8^2 + (-6)^2} = 10$

$$\alpha = \arctg \frac{b}{a} = \arctg \left(-\frac{6}{8}\right) = -37^\circ$$

Vậy: $\dot{C} = 10 \angle -37^\circ$

Ví dụ 2-7: Cho $\dot{C} = j10$. Hãy chuyển sang dạng hàm mũ $\dot{C} = |C| \angle \alpha$

Giải: Ta có: $|C| = \sqrt{a^2 + b^2} = \sqrt{0^2 + 10^2} = 10$

$$\alpha = \arctg \frac{b}{a} = \arctg \left(\frac{10}{0}\right) = \frac{\pi}{2}$$

Vậy: $\dot{C} = 10 \angle 90^\circ$

Đổi từ dạng mũ sang dạng đại số

$$\dot{C} = |C| e^{j\alpha} = |C| \angle \alpha \rightarrow \dot{C} = a + jb$$

$$a = |C| \cos \alpha; b = |C| \sin \alpha$$

Chương 2. Mạch điện xoay chiều một pha

Ví dụ 2-8: Cho $\dot{C} = 10 \angle 45^\circ$. Hãy chuyển sang dạng đại số $\dot{C} = a + jb$

Giải: Ta có: $a = 10 \cdot \cos 45^\circ = 5\sqrt{2}$

$$b = 10 \cdot \sin 45^\circ = 5\sqrt{2}$$

Vậy: $\dot{C} = 5\sqrt{2} + j5\sqrt{2}$

Ví dụ 2-9: Cho $\dot{C} = 10 \angle -90^\circ$. Hãy chuyển sang dạng đại số $\dot{C} = a + jb$

Giải: Ta có: $a = 10 \cdot \cos(-90^\circ) = 0$

$$b = 10 \cdot \sin(-90^\circ) = -10$$

Vậy: $\dot{C} = 0 - j10 = -j10$

2.7.2. Một số phép tính đối với số phức

a. Cộng, trừ số phức

Để cộng (trừ) số phức, ta biến đổi chúng về dạng đại số rồi cộng (trừ) phần thực với phần thực, phần ảo với phần ảo.

Ví dụ 2-10: Cho $\dot{C}_1 = a_1 + jb_1$ và $\dot{C}_2 = a_2 + jb_2$. Hãy thực hiện phép cộng (trừ) 2 số phức

$$\text{Ta có: } \dot{C} = \dot{C}_1 + \dot{C}_2 = (a_1 + jb_1) + (a_2 + jb_2) = (a_1 + a_2) + j(b_1 + b_2)$$

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

Ví dụ 2-11: Cho $\dot{C}_1 = 8 + j4$ và $\dot{C}_2 = 2 + j6$. Hãy thực hiện phép cộng (trừ) 2 số phức

$$\text{Ta có: } \dot{C} = \dot{C}_1 + \dot{C}_2 = (8 + j4) + (2 + j6) = (8 + 2) + j(4 + 6) = 10 + j10$$

$$\dot{C} = \dot{C}_1 - \dot{C}_2 = (8 + j4) - (2 + j6) = (8 - 2) + j(4 - 6) = 6 - j2$$

b. Nhân, chia số phức

Khi nhân (chia) ta nên đưa về dạng mũ: Nhân (chia) hai số phức, ta nhân (chia) môđun còn argument (góc) thì cộng (trừ) cho nhau.

Ví dụ 2-12: Cho $\dot{C}_1 = |C_1| \angle \alpha_1$ và $\dot{C}_2 = |C_2| \angle \alpha_2$. Hãy thực hiện phép nhân (chia) 2 số phức

$$\text{Ta có: } \dot{C} = \dot{C}_1 \cdot \dot{C}_2 = |C_1| \cdot |C_2| \angle \alpha_1 + \alpha_2$$

$$\dot{C} = \frac{\dot{C}_1}{\dot{C}_2} = \frac{|C_1|}{|C_2|} \angle \alpha_1 - \alpha_2$$

Ví dụ 2-13: Cho $\dot{C}_1 = 10 \angle 60^\circ$ và $\dot{C}_2 = 2 \angle 30^\circ$. Hãy thực hiện phép nhân (chia) 2 số phức

$$\text{Ta có: } \dot{C} = \dot{C}_1 \cdot \dot{C}_2 = 10 \cdot 2 \angle 60^\circ + 30^\circ = 20 \angle 90^\circ$$

$$\dot{C} = \frac{\dot{C}_1}{\dot{C}_2} = \frac{10}{2} \angle 60^\circ - 30^\circ = 5 \angle 30^\circ$$

Nhân (chia) số phức cũng có thể thực hiện dưới dạng đại số.

Khi nhân ta tiến hành nhân bình thường như trong phép tính đa thức.

Ví dụ 2-14: Cho $\dot{C}_1 = (a + jb)$ và $\dot{C}_2 = (c + jd)$. Hãy thực hiện phép nhân 2 số phức

$$\begin{aligned} \text{Ta có: } \dot{C} &= \dot{C}_1 \cdot \dot{C}_2 = (a + jb)(c + jd) = ac + jbc + jad + j^2bd \\ &= (ac - bd) + j(bc + ad) \end{aligned}$$

Chương 2. Mạch điện xoay chiều một pha

$$\text{vì } j^2 = -1$$

Khi chia ta nhân cả tử số và mẫu số với số phức liên hợp của mẫu số.

Ví dụ 2-15: Cho $\dot{C}_1 = (a + jb)$ và $\dot{C}_2 = (c + jd)$. Hãy thực hiện phép chia 2 số phức

$$\text{Ta có: } \dot{C} = \frac{\dot{C}_1}{\dot{C}_2} = \frac{a + jb}{c + jd} = \frac{(a + jb)(c - jd)}{(c - jd)(c + jd)} = \frac{(ac + bd) + j(bc - ad)}{c^2 + d^2}$$

* Quy tắc biểu diễn các đại lượng điện hình sin bằng số phức

Ta có thể biểu diễn các đại lượng hình sin bằng biên độ phức hoặc hiệu dụng phức:

- Môđun (độ lớn) của số phức là trị số hiệu dụng hoặc biên độ (giá trị cực đại)
- Acrgumen (góc) của số phức là pha ban đầu.

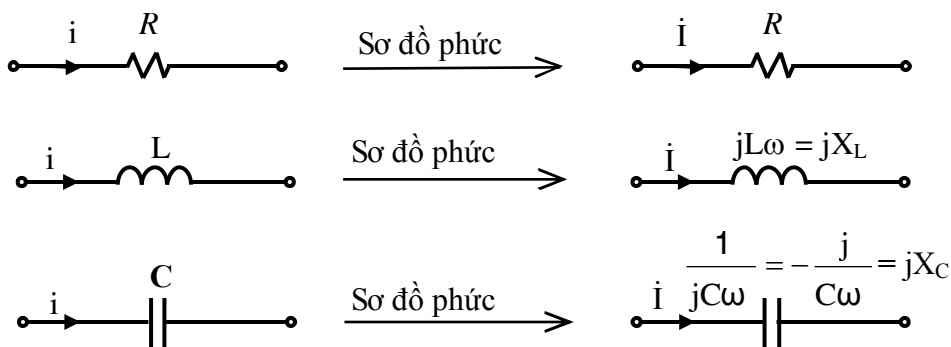
$$\text{Dòng điện } i(t) = I_{\max} \sin(\omega t + \psi_i) \xrightarrow[\text{số phức}]{\text{biểu diễn sang}} \begin{cases} \dot{I} = I_{\max} \angle \psi_i : \text{biên độ phức} \\ \dot{I} = \frac{I_{\max}}{\sqrt{2}} \angle \psi_i : \text{hiệu dụng phức} \end{cases}$$

$$\text{Điện áp } u(t) = U_{\max} \sin(\omega t + \psi_u) \xrightarrow[\text{số phức}]{\text{biểu diễn sang}} \begin{cases} \dot{U} = U_{\max} \angle \psi_u : \text{biên độ phức} \\ \dot{U} = \frac{U_{\max}}{\sqrt{2}} \angle \psi_u : \text{hiệu dụng phức} \end{cases}$$

Sức điện động

$$e(t) = E_{\max} \sin(\omega t + \psi_e) \xrightarrow[\text{số phức}]{\text{biểu diễn sang}} \begin{cases} \dot{E} = E_{\max} \angle \psi_e : \text{biên độ phức} \\ \dot{E} = \frac{E_{\max}}{\sqrt{2}} \angle \psi_e : \text{hiệu dụng phức} \end{cases}$$

* Sơ đồ phức:



Hình 2-17

2.7.3. Biểu diễn các định luật dưới dạng dưới dạng số phức

a. Định luật Ohm

Chương 2. Mạch điện xoay chiều một pha

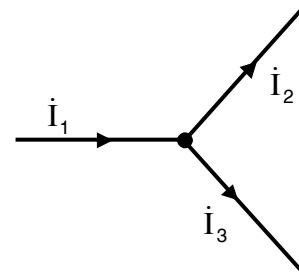
$$\dot{I} = \frac{\dot{U}}{R}$$

b. Định luật Kirchhoff 1 cho một nút

Tổng đại số các ảnh phức của dòng điện vào hoặc ra 1 nút hoặc một mặt kín bất kỳ thì bằng 0: $\sum_{K=1}^n \pm I_K = 0$ (2-26)

Theo định luật K₁ ta có:

$$\dot{I}_1 - \dot{I}_2 - \dot{I}_3 = 0 \quad (2-27)$$



Hình 2-18

c. Định luật Kirchhoff 2 cho mạch vòng kín

Tổng đại số các ảnh phức của các điện áp trên các phần tử dọc theo tất cả các nhánh trong một vòng kín bất kỳ thì bằng 0: $\sum_{K=1}^n \pm \dot{U}_K = 0$

§2.8. PHƯƠNG PHÁP GIẢI MẠCH ĐIỆN XOAY CHIỀU HÌNH SIN

Để giải các mạch điện xoay chiều, một số phương pháp sau đây thường được sử dụng:

- Phương pháp đồ thị vector
- Phương pháp số phức

2.8.1. Phương pháp đồ thị vector

Nội dung của phương pháp này là biểu diễn dòng điện, điện áp, sức điện động bằng vector, viết các định luật dưới dạng vector và thực hiện tính toán trên đồ thị vector.

2.8.2. Phương pháp số phức

Biểu diễn dòng điện, điện áp, sức điện động, tổng trở bằng số phức, viết các định luật dưới dạng số phức.

Ví dụ 2-16: Cho mạch điện hình 2-19a. Biết: $U = 100V$, $R = 10\Omega$, $X_L = 5\Omega$, $X_C = 10\Omega$.

Hãy tính dòng điện qua các nhánh bằng phương pháp đồ thị vector và bằng số phức

Giải:

a. Phương pháp đồ thị vector

Dòng điện trong nhánh

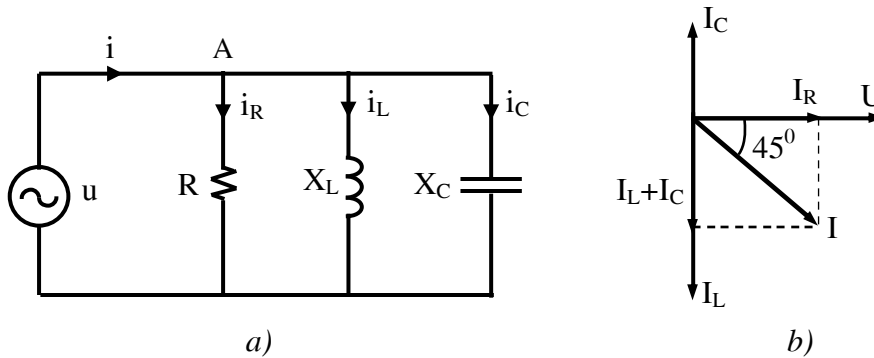
$$I_R = \frac{U}{R} = \frac{100}{10} = 10 \text{ A}$$

$$I_L = \frac{U}{X_L} = \frac{100}{5} = 20 \text{ A}$$

$$I_C = \frac{U}{X_C} = \frac{100}{10} = 10 \text{ A}$$

Chương 2. Mạch điện xoay chiều một pha

Đồ thị vector của mạch điện được vẽ trên hình 2-19b. Chọn pha đầu của điện áp $\psi_u = 0$, vector $\vec{U}$ trùng với trục Ox vẽ dòng điện $\vec{I}$ trùng pha với vector điện áp $\vec{U}$, vector dòng điện $\vec{I}_L$ chậm sau vector điện áp $\vec{U}$ một góc 90° , vector dòng điện $\vec{I}_C$ vượt trước vector điện áp $\vec{U}$ một góc 90°



Hình 2-19. Mạch điện và đồ thị vector ví dụ 2-16

Áp dụng định luật Kirchhoff 1 tại nút A ta có:

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

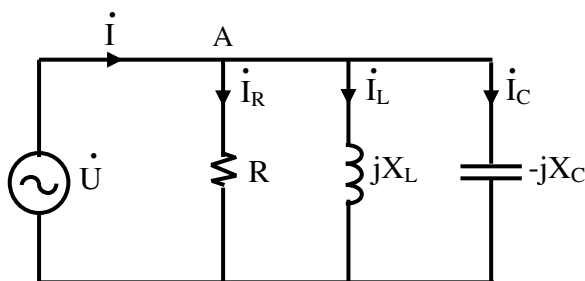
Trực tiếp cộng vector trên đồ thị ta có I ở mạch chính.

Trị số hiệu dụng

$$I = \sqrt{10^2 + 10^2} = 14,14 \text{ (A)}$$

b. Phương pháp số phức: biểu diễn các định luật bằng số phức

Lập sơ đồ phức như hình 2-20.



Hình 2-20. Biến đổi sơ đồ trong ví dụ 1 dưới dạng số phức

Áp dụng định luật Ohm

$$\dot{I}_R = \frac{\dot{U}}{R} = \frac{100\angle 0^\circ}{10} = 10\angle 0^\circ$$

$$\dot{I}_L = \frac{\dot{U}}{jX_L} = \frac{100\angle 0^\circ}{j5} = \frac{100\angle 0^\circ}{5\angle 90^\circ} = 20\angle -90^\circ$$

$$\dot{I}_C = \frac{\dot{U}}{-jX_C} = \frac{100\angle 0^\circ}{-j10} = \frac{100\angle 0^\circ}{10\angle -90^\circ} = 10\angle 90^\circ$$

Chương 2. Mạch điện xoay chiều một pha

Áp dụng định luật Kirchhoff 1 tại nút A:

$$\begin{aligned}\dot{I} &= \dot{I}_L + \dot{I}_R + \dot{I}_C = 10\angle 0^\circ + 20\angle -90^\circ + 10\angle 90^\circ \\ &= 10 + j0 + 0 - j20 + 0 + j10 = 10 - j10 = 14,14\angle -45^\circ\end{aligned}$$

Trị số hiệu dụng các dòng điện là:

$$\begin{aligned}I_R &= 10 \text{ (A)} \\ I_L &= 20 \text{ (A)} \\ I_C &= 10 \text{ (A)} \\ I &= 14,14 \text{ (A)}\end{aligned}$$

Ví dụ 2-17:

Cho $i = 10\sqrt{2}\sin(100t + 30^\circ)$ và $u = 100\sqrt{2}\sin(314t - 45^\circ)$. Hãy biểu diễn u, i dưới dạng hiệu dụng phức:

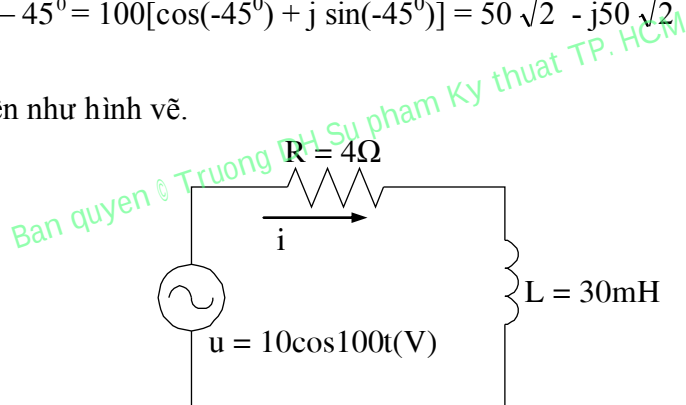
Giải:

Ta có: $\dot{I} = 10\angle 30^\circ = 10(\cos 30^\circ + j\sin 30^\circ) = 5\sqrt{3} + j5$

$$\dot{U} = 100\angle -45^\circ = 100[\cos(-45^\circ) + j\sin(-45^\circ)] = 50\sqrt{2} - j50\sqrt{2}$$

Ví dụ 2-18: Cho mạch điện như hình vẽ.

Tìm biểu thức dòng điện i

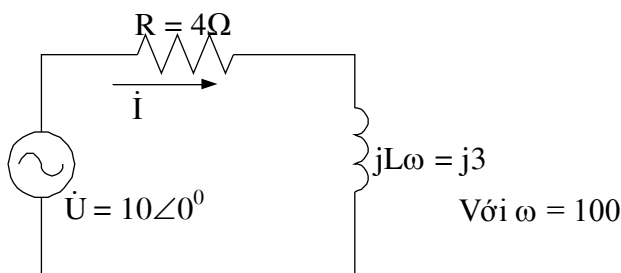


Hình 2-21

Giải:

Muốn giải bài toán về mạch điện xoay chiều ta phải chuyển về sơ đồ hiệu dụng phức hoặc biên độ phức. Khi đã chuyển xong ta giải giống như mạch điện một chiều vì trở kháng của chúng có cùng đơn vị là Ohm (Ω).

❖ Ta chuyển về sơ đồ biên độ phức



Hình 2-22

❖ Tổng trở phức toàn mạch:

$$\dot{Z} = 4 + j3 = 5\angle 37^\circ \quad (\text{do điện trở } R \text{ mắc nối tiếp với cuộn dây } L)$$

$$\dot{I} = \frac{\dot{U}}{\dot{Z}} = \frac{10\angle 0^\circ}{5\angle 37^\circ} = 2\angle -37^\circ \quad (\text{A})$$

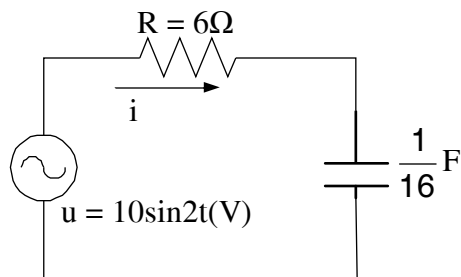
Chương 2. Mạch điện xoay chiều một pha

Vậy dòng điện chạy trong mạch là:

$$\Rightarrow i(t) = 2 \cos(100t - 37^\circ) \quad (\text{A})$$

Ví dụ 2-19: Cho mạch điện như hình vẽ.

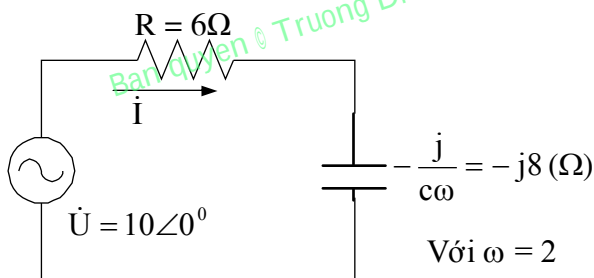
Tìm biểu thức dòng điện i



Hình 2-23

Giải:

❖ Ta chuyển về sơ đồ biên độ phức



Hình 2-24

❖ Tổng trở phức toàn mạch:

$$\dot{Z} = 6 + j8 = 10\angle-53^\circ \quad (\Omega) \quad (\text{do điện trở } R \text{ mắc nối tiếp với tụ điện } C)$$

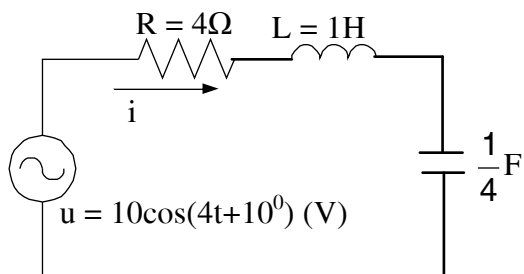
$$\dot{I} = \frac{\dot{U}}{\dot{Z}} = \frac{10\angle 0^\circ}{10\angle -53^\circ} = 1\angle 53^\circ \quad (\text{A})$$

Vậy dòng điện chạy trong mạch là:

$$\Rightarrow i(t) = 1 \sin(2t + 53^\circ) \quad (\text{A})$$

Ví dụ 2-20: Cho mạch điện như hình vẽ.

Tìm biểu thức dòng điện i

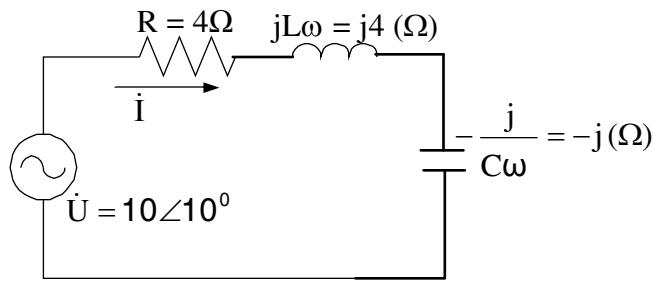


Hình 2-25

Chương 2. Mạch điện xoay chiều một pha

Giải:

❖ Ta chuyển về sơ đồ biên độ phức



Hình 2-26

❖ Tổng trở phức toàn mạch:

$$\dot{Z} = 4 + j4 - j = 4 + j3 = 5\angle 37^\circ \quad (\Omega) \quad (\text{do điện trở } R \text{ mắc nối tiếp với cuộn dây } L \text{ và tụ điện } C)$$

$$\dot{I} = \frac{\dot{U}}{\dot{Z}} = \frac{10\angle 10^\circ}{5\angle 37^\circ} = 2\angle -27^\circ \quad (\text{A})$$

Vậy dòng điện chạy trong mạch là:

$$\Rightarrow i(t) = 2\cos(4t - 27^\circ) \quad (\text{A})$$

§2.9. CÔNG SUẤT

2.9.1. Công suất tức thời

+ Ký hiệu: p

$$p = u \cdot i$$

(2-28)

trong đó:

u : là điện áp tức thời tại thời điểm đang xét

i : là dòng điện tức thời tại thời điểm đang xét

+ Đơn vị công suất là Watt (W)

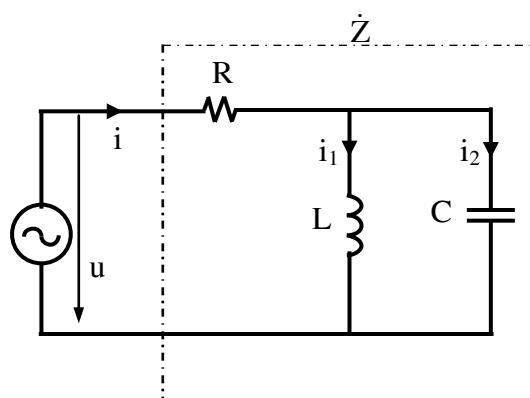
2.9.2. Công suất tác dụng

Công suất tác dụng còn gọi là công suất trung bình hay công suất tiêu thụ.

+ Ký hiệu: P

$$P = \frac{1}{T} \int_0^T p \cdot dt \quad (2-29)$$

Ví dụ 2-21: Xét một mạch điện gồm R, L, C như hình vẽ. Tính công suất tác dụng toàn mạch.



Hình 2-27

Ta gọi:

Chương 2. Mạch điện xoay chiều một pha

u : là điện áp tức thời đặt giữa 2 đầu mạch điện

$$u = U_{\max} \cos(\omega t + \psi_u) \quad (V)$$

i : là dòng điện tức thời chạy qua mạch

$$i = I_{\max} \cos(\omega t + \psi_i) \quad (A)$$

p : là công suất tức thời.

Theo định nghĩa ta có:

$$\begin{aligned} p &= u \cdot i = U_{\max} I_{\max} \cos(\omega t + \psi_u) \cdot \cos(\omega t + \psi_i) \\ &= \frac{U_{\max} I_{\max}}{2} [\cos(2\omega t + \psi_u + \psi_i) + \cos(\psi_u - \psi_i)] \\ &= \frac{U_{\max} I_{\max}}{2} [\cos(2\omega t + \psi_u + \psi_i) + \cos \varphi] \quad \text{Với } \varphi = (\psi_u - \psi_i) \end{aligned}$$

+ Công suất tác dụng:

$$\begin{aligned} P &= \frac{1}{T} \int_0^T p \cdot dt = \frac{U_{\max} I_{\max}}{2T} \left[\int_0^T \cos \varphi \, dt + \int_0^T \cos(2\omega t + \varphi_u + \varphi_i) dt \right] \\ &= \frac{U_{\max} I_{\max}}{2T} \cdot \cos \varphi \cdot T \quad \left(\text{Vì } \int_0^T \cos(2\omega t + \varphi_u + \varphi_i) dt = 0 \right) \end{aligned}$$

$$P = U \cdot I \cdot \cos \varphi \quad (2-30)$$

Trong đó:

$$U = \frac{U_{\max}}{\sqrt{2}} : \text{điện áp hiệu dụng}$$

$$I = \frac{I_{\max}}{\sqrt{2}} : \text{dòng điện hiệu dụng}$$

$\cos \varphi$: hệ số công suất

φ : là góc lệch pha giữa điện áp và dòng điện

φ : là argumen của $\vec{Z} = Z \angle \varphi$ (góc của $\vec{Z}$)

2.9.3. Công suất phản kháng

+ Ký hiệu: Q

$$Q = U \cdot I \cdot \sin \varphi \quad (\text{Var}) \quad (2-31)$$

+ Đơn vị: là Var

2.9.4. Công suất tiêu thụ và công suất phản kháng trên điện trở R

Giả sử cho dòng điện $i = I_{\max} \cos \omega t$ đi qua điện trở R .

u : là điện áp đặt giữa 2 đầu R .

Ta có: $p = u \cdot i = i^2 \cdot R$

$$P = R \cdot I_{\max}^2 \cos^2 \omega t$$

$\Rightarrow$ Công suất tác dụng:

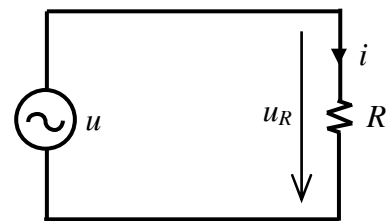
$$P = \frac{1}{T} \int_0^T p \cdot dt = \frac{1}{T} \int_0^T R I_{\max}^2 \cos^2 \omega t \cdot dt$$

$$P = \frac{I_{\max}^2 \cdot R}{2T} \left[\int_0^T (1 + \cos 2\omega t) \cdot dt \right] = \frac{I_{\max}^2 \cdot R}{2T} \left[\int_0^T 1 \cdot dt + \int_0^T \cos 2\omega t \cdot dt \right]$$

$$P = \frac{I_{\max}^2 \cdot R}{2} = R \cdot I^2 \quad \left(\text{Vì } \int_0^T \cos 2\omega t \cdot dt = 0 \right) \quad (2-32)$$

Với $I = \frac{I_{\max}}{\sqrt{2}}$: dòng điện hiệu dụng

$\Rightarrow$ Công suất phản kháng trên điện trở R :



Hình 2-28. Mạch thuần trở

Chương 2. Mạch điện xoay chiều một pha

$$Q = 0 \quad (\text{do } \varphi = 0 \text{ nên } \sin\varphi = 0)$$

2.9.5. Công suất tác dụng và công suất phản kháng trên cuộn dây

Giả sử cho dòng điện $i = I_{\max} \cos\omega t$ đi qua cuộn dây L.

u: là điện áp đặt giữa 2 đầu cuộn dây.

Ta có:

+ Công suất tác dụng trên cuộn dây:

Từ biểu thức $P = U.I.\cos\varphi$

$$\Rightarrow P = 0$$

Do góc lệch pha giữa u và i khi qua cuộn

dây thuần cảm là $\varphi = \frac{\pi}{2}$ nên $\Rightarrow \cos\varphi = 0$

+ Kết luận: Cuộn dây không tiêu thụ điện năng

+ Công suất phản kháng trên cuộn dây:

$$\begin{aligned} \text{Từ biểu thức } Q_L &= U.I.\sin\varphi \\ \Rightarrow Q_L &= U.I \end{aligned} \quad \text{Do } \begin{cases} \varphi = \frac{\pi}{2} \\ \sin\varphi = 1 \end{cases}$$

$$\text{Mà } U = I.X_L$$

$$\text{Vậy } \Rightarrow Q_L = I^2.X_L \quad \text{Với } X_L = L.\omega \quad (2-33)$$

2.9.6. Công suất tác dụng và công suất phản kháng trên tụ điện

Giả sử cho dòng điện $i = I_{\max} \cos\omega t$ đi qua tụ điện C.

u: là điện áp đặt giữa 2 đầu tụ điện.

+ Công suất tác dụng trên cuộn dây:

Từ biểu thức $P = U.I.\cos\varphi$

$$\Rightarrow P = 0$$

Do góc lệch pha giữa u và i khi qua cuộn

dây thuần dung là $\varphi = -\frac{\pi}{2}$ nên $\Rightarrow \cos\varphi = 0$

+ Kết Luận: Tụ điện không tiêu thụ điện năng

+ Công suất phản kháng trên tụ điện:

$$\begin{aligned} \text{Từ biểu thức } Q_C &= U.I.\sin\varphi \\ \Rightarrow Q_C &= -U.I \end{aligned} \quad \text{Do } \begin{cases} \varphi = -\frac{\pi}{2} \\ \sin\varphi = 1 \end{cases}$$

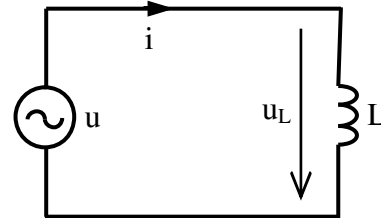
$$\text{Mà } U = I.X_C$$

$$\text{Vậy } \Rightarrow Q_C = -I^2.X_C \quad \text{Với } X_C = \frac{1}{C\omega} \quad (\Omega) \quad (2-34)$$

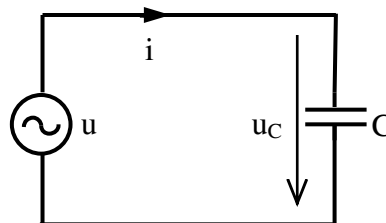
2.9.7. Công suất biểu kiến S

Ngoài công suất tác dụng P và công suất phản kháng Q, người ta còn đưa ra khái niệm công suất biểu kiến hay công suất toàn phần S.

$$S = UI = \sqrt{P^2 + Q^2} \quad (2-35)$$



Hình 2-29. Mạch điện xoay chiều thuần cảm



Hình 2-30. Mạch điện xoay chiều thuần điện dung

Chương 2. Mạch điện xoay chiều một pha

Công suất biểu kiến đặc trưng cho khả năng làm việc của thiết bị. Do nhà chế tạo qui định. Quan hệ giữa S, P, Q được mô tả bằng một tam giác vuông, trong đó S là cạnh huyền và P, Q là hai cạnh góc vuông gọi là tam giác công suất (hình 2-31).

Đơn vị của S là: VA.

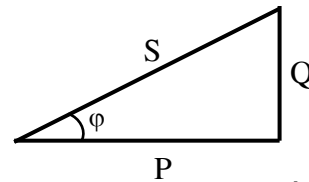
Từ tam giác công suất ta có:

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

$$\tan \varphi = \frac{Q}{P}$$

$$P = S \cdot \cos \varphi$$

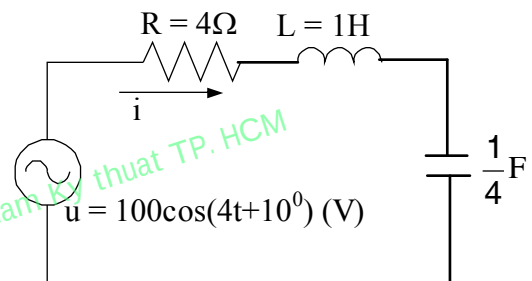
$$Q = S \cdot \sin \varphi$$



Hình 2-31. Tam giác công suất trong mạch điện xoay chiều

Ví dụ 2-22: Cho mạch điện R - L - C mắc nối tiếp (hình 2-32).

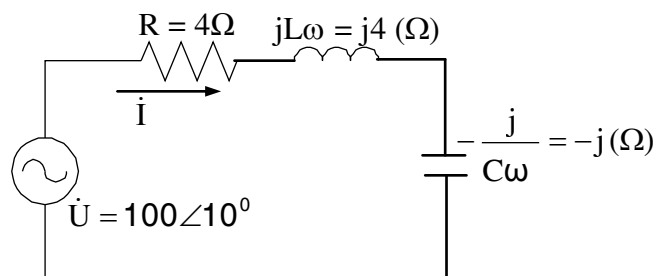
- Tìm biểu thức dòng điện i
- Tính công suất trung bình và công suất phản kháng toàn mạch



Hình 2-32

Giải:

- ❖ Ta chuyển về sơ đồ biên độ phức



Hình 2-33

- ❖ Tổng trở phức toàn mạch:

$$\dot{Z} = 4 + j4 - j = 4 + j3 = 5\angle 37^0 \quad (\Omega) \quad (\text{do điện trở } R \text{ mắc nối tiếp với cuộn dây } L \text{ và tụ điện } C)$$

$$\dot{I} = \frac{\dot{U}}{\dot{Z}} = \frac{100\angle 10^0}{5\angle 37^0} = 20\angle -27^0 \quad (\text{A})$$

Vậy dòng điện chạy trong mạch là:

$$\Rightarrow i(t) = 20 \cos(4t - 27^0) \quad (\text{A})$$

- ❖ Công suất trung bình:

Chương 2. Mạch điện xoay chiều một pha

$$P = U.I.\cos\varphi = \frac{100}{\sqrt{2}} \cdot \frac{20}{\sqrt{2}} \cdot \cos 37^\circ = \frac{100}{\sqrt{2}} \cdot \frac{20}{\sqrt{2}} \cdot \frac{4}{5} = 800 \text{ W}$$

Ta có thể tính P theo công thức:

$$P = R \cdot I^2 = 4 \cdot \left(\frac{20}{\sqrt{2}} \right)^2 = 800 \text{ W}$$

❖ Công suất phản kháng:

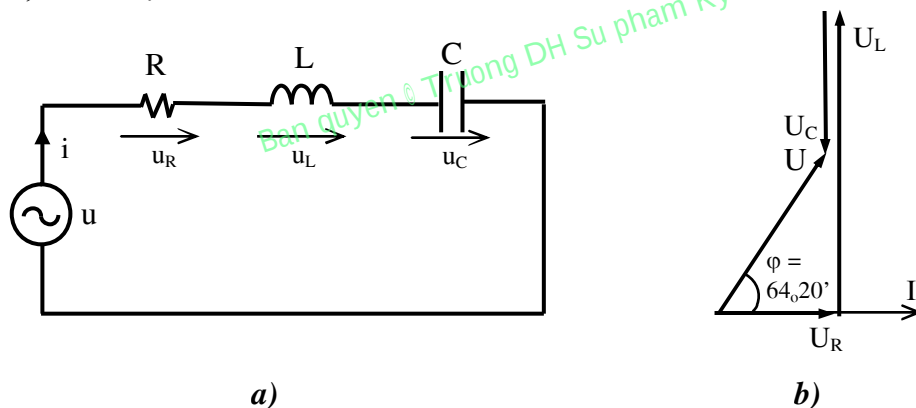
$$Q = U.I.\sin\varphi = \frac{100}{\sqrt{2}} \cdot \frac{20}{\sqrt{2}} \cdot \sin 37^\circ = \frac{100}{\sqrt{2}} \cdot \frac{20}{\sqrt{2}} \cdot \frac{3}{5} = 600 \text{ Var}$$

Ta có thể tính Q theo công thức:

$$Q = Q_L + Q_C = I^2 \cdot X_L + (-I^2 \cdot X_C) = \left(\frac{20}{\sqrt{2}} \right)^2 \cdot 4 - \left(\frac{20}{\sqrt{2}} \right)^2 \cdot 1 = 600 \text{ Var}$$

Ví dụ 2-23: Cho mạch điện R - L - C mắc nối tiếp (hình 2-34a). Với $U = 127 \text{ V}$, $R = 12 \Omega$, $L = 160 \text{ mH}$, $C = 127 \mu\text{F}$, $f = 50 \text{ Hz}$.

Tính dòng điện, điện áp rơi trên các phần tử R, L, C, góc lệch pha φ và công suất P, Q, S, vẽ đồ thị véc tơ.



Hình 2-34. Mạch điện và đồ thị vector trong ví dụ 2-23

Giải:

Tính dòng điện:

$$X_L = 2\pi f \cdot L = 2.3,14.50.160.10^{-3} = 50 \Omega$$

$$X_C = \frac{1}{2\pi f C} = \frac{1}{2.3,14.50.127.10^{-6}} = 25 \Omega$$

$$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2} = \sqrt{12^2 + (50 - 25)^2} = 27,7 \Omega$$

Dòng điện trong mạch:

$$I = \frac{U}{Z} = \frac{127}{27,7} = 4,6 \text{ A}$$

Điện áp trên điện trở R:

$$U_R = I \cdot R = 4,6.12 = 55,2 \text{ V}$$

Chương 2. Mạch điện xoay chiều một pha

Điện áp trên điện cảm L:

$$U_L = I.X_L = 4,6.50 = 230 \text{ V}$$

Điện áp trên điện dung C:

$$U_C = I.X_C = 4,6.25 = 115 \text{ V}$$

Góc lệch pha φ :

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{X_L - X_C}{R} = \frac{50 - 25}{12} = 2,08$$

$$\Rightarrow \varphi = 64^{\circ}20'$$

Vậy dòng điện chậm pha sau điện áp một góc $64,2^{\circ}$. Đồ thị vector được trình bày trong hình 2-34b.

Công suất tác dụng P:

$$P = I^2.R = 4,6^2.12 = 254 \text{ W}$$

Công suất phản kháng Q:

$$Q = I^2.(X_L - X_C) = 4,6^2.25 = 529 \text{ VAR}$$

Công suất biểu kiến S:

$$S = I^2.Z = 4,6^2.27,7 = 584 \text{ VA.}$$

Ví dụ 2-24: Một cuộn dây khi đặt vào điện áp một chiều 48V, dòng điện qua nó là 8A, đặt vào điện áp xoay chiều 120V, 50Hz, thì dòng điện qua nó là 12A. Tìm điện trở và điện cảm của cuộn dây.

Giải:

Trong mạch điện một chiều:

$$R = \frac{U}{I} = \frac{48}{8} = 6 \Omega$$

Trong mạch điện xoay chiều:

$$Z = \frac{U}{I} = \frac{120}{12} = 10 \Omega$$

Từ tam giác tổng trở ta có:

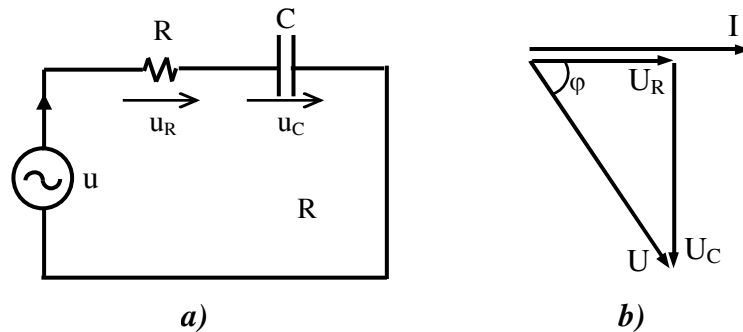
$$X = X_L = \sqrt{Z^2 - R^2} = \sqrt{10^2 - 6^2} = 8 \Omega$$

Biết: $X_L = 2\pi.f.L$

$$\Rightarrow L = \frac{X_L}{2\pi.f} = \frac{8}{2.3,14.50} = 0,0255 \text{ H} = 25,5 \text{ mH}$$

Ví dụ 2-25: Mạch điện xoay chiều 125V, 50Hz có điện trở $R = 7,5\Omega$ nối tiếp với tụ điện $C = 320 \mu\text{F}$ (hình 2-35a). Tính dòng điện và các thành phần của tam giác điện áp, vẽ đồ thị vector.

Chương 2. Mạch điện xoay chiều một pha



Hình 2-35. Mạch điện và đồ thị vector trong ví dụ 2-25

Giải:

Tổng trở của mạch:

$$X_C = \frac{1}{2\pi \cdot f \cdot C} = \frac{1}{2.3,14.50.320.10^{-6}} = 10 \Omega$$

$$Z = \sqrt{R^2 + X_C^2} = \sqrt{7,5^2 + 10^2} = 12,5 \Omega$$

Dòng điện trong mạch:

$$I = \frac{U}{Z} = \frac{125}{12,5} = 10 \text{ A}$$

Điện áp trên điện trở R:

$$U_R = I \cdot R = 7,5 \cdot 10 = 75 \text{ V}$$

Điện áp trên tụ điện C:

$$U_C = I \cdot X_C = 10 \cdot 10 = 100 \text{ V}$$

$$\tan \varphi = \frac{-X_C}{R} = \frac{-10}{7,5} = -1,333 \Rightarrow \varphi = -53^\circ 10'$$

Dòng điện vượt pha trước điện áp. Đồ thị vector hình II-35b.

2.9.8. Hệ số công suất

2.9.8.1. Định nghĩa và ý nghĩa của hệ số công suất

Từ tam giác công suất ta có:

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

Từ tam giác tổng trở ta có:

$$\cos \varphi = \frac{R}{Z} = \frac{R}{\sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}} \quad (2-36)$$

$\cos \varphi$ được gọi là *hệ số công suất*, nó phụ thuộc vào kết cấu mạch điện.

Hệ số công suất có ý nghĩa rất lớn trong sản xuất, chuyển tải và tiêu thụ điện.

- Mỗi máy điện đều được chế tạo với một công suất biểu kiến định mức (S_{dm}). Từ đó máy có thể cung cấp một công suất tác dụng là $P = S_{dm} \cdot \cos \varphi$. Do đó muốn tận dụng khả năng làm việc của máy điện và thiết bị thì hệ số công suất phải lớn.

Chương 2. Mạch điện xoay chiều một pha

-Mỗi hộ tiêu dùng yêu cầu một công suất tác dụng là P xác định. Khi đó, dòng điện chuyển tải đường dây $I = \frac{P}{U \cdot \cos \varphi}$, nếu hệ số công suất càng bé thì dòng điện càng lớn và điều này dẫn đến tác hại:

- Dòng điện lớn phải dùng dây dẫn lớn dẫn đến tăng vốn đầu tư.
- Tổn thất năng lượng đường dây lớn khi dòng điện lớn vì $\Delta A = I^2 \cdot R \cdot t$.

Vì thế, việc nâng cao hệ số công suất sẽ làm giảm vốn đầu tư, xây dựng đường dây và làm giảm tổn thất năng lượng chuyển tải.

Ví dụ 2-26: Với một máy phát điện có $S_{dm} = 10.000$ KVA

- Nếu $\cos \varphi = 0,7$ thì công suất định mức phát ra

$$P_{dm} = S_{dm} \cdot \cos \varphi = 10.000 \times 0,7 = 7000 \text{ KW}$$

- Nếu $\cos \varphi = 0,9$ thì công suất định mức phát ra

$$P_{dm} = S_{dm} \cdot \cos \varphi = 10.000 \times 0,9 = 9000 \text{ KW}$$

2.9.8.2. Nâng cao hệ số công suất

Nâng cao hệ số công suất sẽ tăng được khả năng sử dụng công suất nguồn và tiết kiệm dây dẫn, giảm được tổn hao điện trên đường dây.

Như vậy với cùng một công suất biểu kiến, $\cos \varphi$ càng lớn (tối đa $\cos \varphi = 1$) thì công suất tác dụng P càng lớn, do đó $\cos \varphi$ đặc trưng cho khả năng tận dụng của thiết bị điện để biến năng lượng của nguồn thành công có ích.

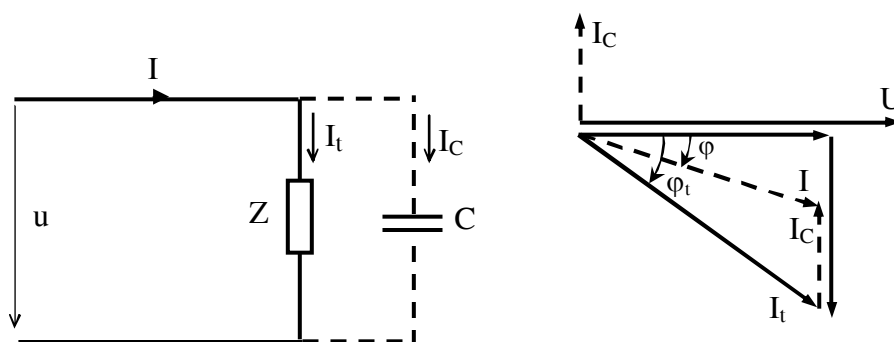
Mặt khác nếu cần một công suất P nhất định trên đường dây một pha thì dòng điện trên đường dây là:

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

Nếu $\cos \varphi$ càng lớn thì I nhỏ dẫn đến tiết diện dây nhỏ hơn, tổn hao điện dây trên đường dây bé, điện áp rơi trên đường dây cũng giảm.

$$\Delta p = \frac{RP^2}{U^2 \cos^2 \varphi}$$

Trong sinh hoạt và trong công nghiệp, tải thường có tính cảm kháng nên làm cho $\cos \varphi$ giảm thấp. Để nâng cao $\cos \varphi$, ta dùng tụ điện nối song song với tải.



Hình 2-36. Nâng cao hệ số công suất sử dụng tụ điện

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

Chương 2. Mạch điện xoay chiều một pha

Khi có bù (có nhánh tụ điện), dòng điện trên đường dây I bằng $I_1 + I_C$.

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

Từ đồ thị ta thấy: dòng điện trên đường dây giảm, $\cos\varphi$ tăng, φ giảm.

$$I < I_1; \varphi < \varphi_1; \cos\varphi > \cos\varphi_1$$

Khi chưa bù: $Q_1 = P \cdot \tan\varphi_1$

Khi có bù $Q = P \cdot \tan\varphi$. Khi này, công suất phản kháng trong mạch gồm: Q_1 của tải và Q_C của tụ bù.

$$\begin{aligned} Q &= Q_1 + Q_C = P \cdot \tan\varphi_1 + Q_C = P \cdot \tan\varphi \\ \Rightarrow Q_C &= -P \cdot (\tan\varphi_1 - \tan\varphi) \quad (1) \end{aligned}$$

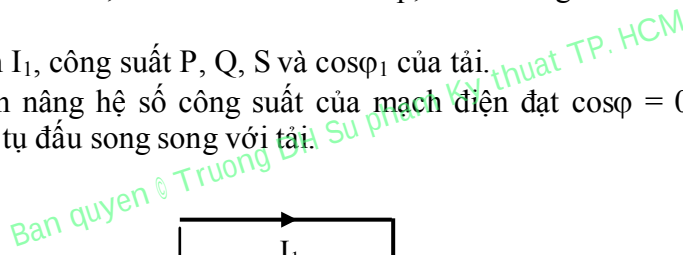
Mặt khác: $Q_C = -U_C \cdot I_C = -U^2 \cdot \omega C$ (2)

Từ (1) và (2), ta tính được giá trị điện dung C cần thiết:

$$C = \frac{P}{\omega \cdot U^2} \cdot (\tan\varphi_1 - \tan\varphi) \quad (F)$$

Ví dụ 2-27: Một tải gồm $R = 6\Omega$, $X_L = 8\Omega$ mắc nối tiếp, đấu với nguồn $U = 220V$ (hình 2-37).

- Tính dòng điện I_1 , công suất P , Q , S và $\cos\varphi_1$ của tải.
- Người ta muốn nâng hệ số công suất của mạch điện đạt $\cos\varphi = 0,93$. Tính điện dung C của bộ tụ đấu song song với tải.



Hình 2-37. Mạch điện ví dụ 2-27

Giải:

- Tổng trở tải:

$$Z = \sqrt{R^2 + X_L^2} = \sqrt{6^2 + 8^2} = 10\Omega$$

$$\cos\varphi_1 = \frac{R}{Z} = \frac{6}{10} = 0,6$$

Dòng điện tải I_1 :

$$I_1 = \frac{U}{Z} = \frac{220}{10} = 22A$$

Công suất P của tải:

$$P = R I^2 = 6 \cdot 22^2 = 2904W$$

Công suất Q của tải:

$$Q = X_L I^2 = 8 \cdot 22^2 = 3872VAR$$

- Tính C :

Chương 2. Mạch điện xoay chiều một pha

$$\cos \varphi_1 = 0,6 \rightarrow \tan \varphi_1 = 1,333$$

$$\cos \varphi = 0,93 \rightarrow \tan \varphi = 0,395$$

Bộ tụ cần có điện dung là:

$$C = \frac{P}{\omega \cdot U^2} \cdot (\tan \varphi_1 - \tan \varphi) = \frac{2904}{314 \cdot 220^2} (1,333 - 0,395) = 1,792 \cdot 10^{-4} \text{ F}$$

§2.10. BÀI TẬP CHƯƠNG 2

Bài 2.1: Cho một mạch điện R – L – C nối tiếp đặt vào một điện áp xoay chiều: $U = 220 \text{ V}$, $f = 50 \text{ Hz}$, $R = 9 \Omega$, $L = 0,03 \text{ H}$, $C = 220 \mu\text{F}$.

Tính: - Trị số hiệu dụng I và viết biểu thức tức thời dòng điện của mạch.

- Hệ số $\cos \varphi$.

Lời giải:

- $X_L = \omega L = 2\pi \cdot f = 9,42 \Omega$
- $X_C = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{2\pi f C} = 14,47 \Omega$
- $Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2} = 6,60 \Omega$
- $I = \frac{U}{Z} = \frac{220}{6,60} = 33,3 \text{ A}$
- $\tan \varphi = \frac{X_L - X_C}{R} \Rightarrow \varphi = -29,3^\circ$
- $\cos(-29,3^\circ) = 0,87$
- Mạch có tính dung mạnh hơn cảm nên :
 $i = 33,3 \sqrt{2} \sin(\omega t + 29,3^\circ) \text{ (A)}$

Bài 2.2: Cho: $u = 10\sqrt{2} \cos(5t + 60^\circ)$
 $i = 5\sqrt{2} \cos(5t + 30^\circ)$

Biểu diễn U, I, Z, R, X vẽ đồ thị vectơ quan hệ dòng áp

Giải

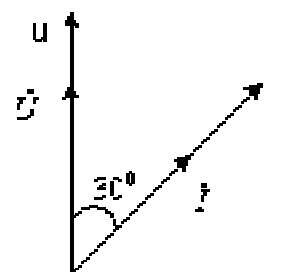
$$\text{Ta có: } U_0 = 10 \Rightarrow \vec{U} = 10 \angle 60^\circ$$

$$I_0 = 5 \Rightarrow \vec{I} = 5 \angle 30^\circ$$

$$Z = \frac{\vec{U}}{\vec{I}} = \frac{10 \angle 60^\circ}{5 \angle 30^\circ} = 2 \angle 30^\circ = 1,7 + j$$

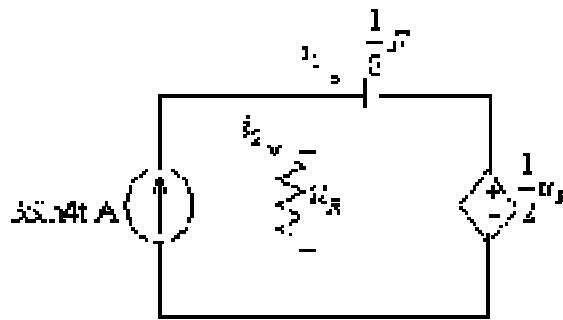
$$\Rightarrow R = 1,7(\Omega); X = 1(\Omega)$$

$\varphi = 30^\circ > 0$ nên mạch mang tính cảm kháng



Chương 2. Mạch điện xoay chiều một pha

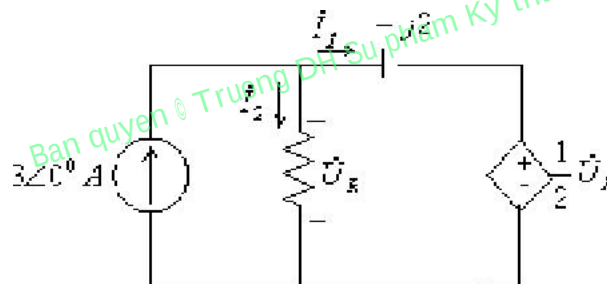
Bài 2.3: Cho mạch điện như hình vẽ



Tính i_1, i_2

Giải

Chuyển sang sơ đồ phức ta có



$$X_C = \frac{1}{j\omega C} = \frac{1}{j \cdot \frac{1}{8}} = -\frac{j}{4} = -2(\Omega)$$

Theo K_1, K_2 ta có:

$$\begin{aligned} -i_1 - i_2 + 3 &= 0 \\ -2ji_1 - 4i_2 + \frac{1}{2}U_R &= 0 \end{aligned}$$

mà $U_R = 4i_2$

từ hệ phương trình trên ta có

$$\begin{aligned} 2ji_1 - 4i_2 + 2i_2 &= 0 \Rightarrow 2ji_1 - 2i_2 = 0 \quad (1) \\ 3\angle 0^\circ - i_1 - i_2 &= 0 \Rightarrow i_2 = 3 - i_1 \end{aligned}$$

thay $i_2 = 3 - i_1$ vào (1) ta được

Chương 2. Mạch điện xoay chiều một pha

$$\dot{I}_1 = \frac{3}{1-j}$$

$$\dot{I}_1 = \frac{3}{\sqrt{2}} \angle 45^\circ$$

$$\dot{I}_1 = \frac{3}{\sqrt{2}} \sin(4t + 45^\circ)$$

$$\Rightarrow \dot{I}_2 = 3 - \frac{3}{j\sqrt{2}} \angle 45^\circ = 3 - \left(\frac{3}{2} + \frac{3}{2}j\right) = \frac{3}{2} \angle -45^\circ$$

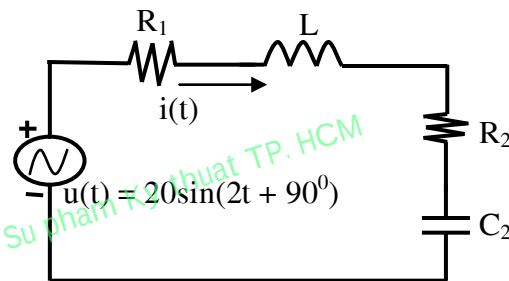
$$\dot{I}_2 = \frac{3}{\sqrt{2}} \sin(4t - 45^\circ)$$

Bài 2.4: Cho mạch điện R – L – C mắc nối tiếp đặt vào một điện áp xoay chiều có :

$u(t) = 20\sin(2t + 90^\circ)$, $R_1 = 8\Omega$; $R_2 = 2\Omega$;

$L = 6H$; $C_2 = \frac{1}{4}F$.

Tính: - Trị số hiệu dụng I và viết biểu thức tức thời dòng điện của mạch.
- Hệ số cosφ của mạch.



Lời giải:

- $X_L = \omega L = 2 \cdot 6 = 12 \Omega$
- $X_C = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{2 \cdot \frac{1}{4}} = 2 \Omega$
- $Z = \sqrt{(R_1 + R_2)^2 + (X_L - X_C)^2} = 10\sqrt{2} \Omega$
- $I = \frac{U}{Z} = 1 A$
- $\cos\varphi = \frac{R_1 + R_2}{Z} = 1$
- $\varphi = 90^\circ - \psi_u \Rightarrow \psi_u = 45^\circ$
- $i = \sqrt{2} \sin(2t + 45^\circ) (A)$

Bài 2.5 : Trị số dòng điện và điện áp trên một phần tử được biểu diễn dưới dạng hiệu dụng phức:

$$\dot{U} = 100\sqrt{2} \angle 90^\circ (V) ; \quad \dot{I} = 10 \angle 45^\circ (A).$$

Hãy biểu diễn u, i dưới dạng tức thời và tính R, P, Q, S của mạch

Lời giải

- $u = 200 \sin(\omega t + 90^\circ) (V)$
- $i = 10 \sqrt{2} \sin(\omega t + 45^\circ) (A)$
- $P = U.I.\cos\varphi = 1000 W$
- $Q = U.I.\sin\varphi = 1000 VAR$

Chương 2. Mạch điện xoay chiều một pha

- $S = \sqrt{P^2 + Q^2} = 1414 \text{ VA}$
- $R = \frac{P}{I^2} = 10 \Omega$

Bài 2.6: Trị số điện áp và dòng điện trên một phần tử được biểu diễn dưới dạng tức thời :

$$u = 200 \sqrt{2} \sin(100t + 90^\circ) \quad (\text{V})$$

$$i = 10 \sqrt{2} \sin(100t + 60^\circ) \quad (\text{A})$$

Hãy biểu diễn u, i dưới dạng hiệu dụng phức ($\dot{U}, \dot{I}$). Tính R, P, Q, S của mạch.

Lời giải:

- $\dot{U} = 200 \angle 90^\circ \text{ (V)}$
- $\dot{I} = 10 \angle 60^\circ \text{ (A)}$
- $P = U.I.\cos\varphi = 1000 \sqrt{3} \text{ W}$
- $Q = U.I.\sin\varphi = 1000 \text{ VAR}$
- $S = U.I = 2000 \text{ (VA)}$
- $R = \frac{P}{I^2} = 10 \sqrt{3} \Omega$

Bài 2.7: Điện năng được truyền từ máy phát điện đến tải.

Tải và đường dây có các thông số sau:

- Thông số của đường dây: $R_d = 0,5 \Omega$; $X_d = 2,5 \Omega$

- Thông số của tải: $U_2 = 220 \text{ V}$; $R_2 = 25 \Omega$; $\cos\varphi_2 = 0.8$.

Tính : điện áp U_1, P_1, Q_1 đầu nguồn ứng với tải có tính chất cảm kháng.

Lời giải

- $Z_t = \frac{U_2}{I_2} = 8,8 \Omega$
- $\sin\varphi_2 = \sqrt{1 - \cos^2\varphi} = 0,6$
- $R_t = Z_t \cdot \cos\varphi_2 = 7,04 \Omega$
- $X_t = Z_t \cdot \sin\varphi_2 = 5,28 \Omega$

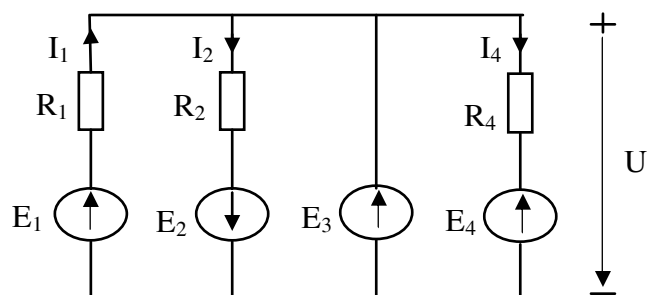
Vì tải cảm:

- $Z_L = \sqrt{(R_d + R_t)^2 + (X_d + X_t)^2} = 10,83 \Omega$
- $U_1 = I_2 \cdot Z_L = 270,85 \text{ V}$
- $P_1 = I_2^2 (R_d + R_t) = 4712,5 \text{ W}$
- $Q_1 = I_2^2 (X_d + X_t) = 4862,5 \text{ Var}$

Bài 2.8: Hãy xác định điện áp U và dòng điện I_1, I_2, I_4 .

Biết : $E_1 = 24 \text{ V}$; $E_2 = 12 \text{ V}$; $E_3 = 9 \text{ V}$; $E_4 = 6 \text{ V}$

$R_1 = 3 \Omega$; $R_2 = 7 \Omega$; $R_4 = 3 \Omega$



Chương 2. Mạch điện xoay chiều một pha

Lời giải

$$U = E_3 = 9 \text{ V}$$

$$I_1 = \frac{E_1 - U}{R_1} = \frac{24 - 9}{3} = 5 \text{ A}$$

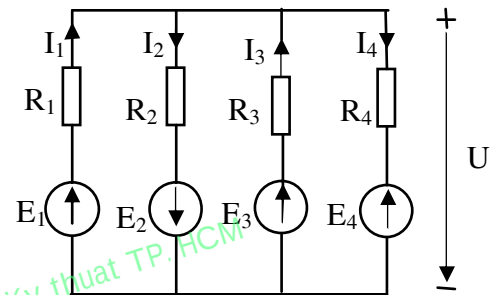
$$I_2 = \frac{U + E_2}{R_2} = \frac{9 + 12}{7} = 3 \text{ A}$$

$$I_4 = \frac{U - E_4}{R_4} = \frac{9 - 6}{3} = 1 \text{ A}$$

Bài 2.9: Hãy xác định điện áp U và dòng điện I_1, I_2, I_3, I_4 .

Biết : $E_1 = 24\text{V}; E_2 = 12\text{V}; E_3 = 9\text{V}; E_4 = 6\text{V}$

$R_1 = 4\Omega; R_2 = 6\Omega; R_3 = 3\Omega; R_4 = 2\Omega$



Lời giải:

$$u = \frac{E_1 \frac{1}{R_1} - E_2 \frac{1}{R_2} + E_3 \frac{1}{R_3} + E_4 \frac{1}{R_4}}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4}} = 8 \text{ V}$$

$$I_1 = \frac{E_1 - U}{R_1} = 4 \text{ A}$$

$$I_2 = \frac{U + E_2}{R_2} = \frac{10}{3} \text{ A}$$

$$I_3 = \frac{E_3 - U}{R_3} = \frac{1}{3} \text{ A}$$

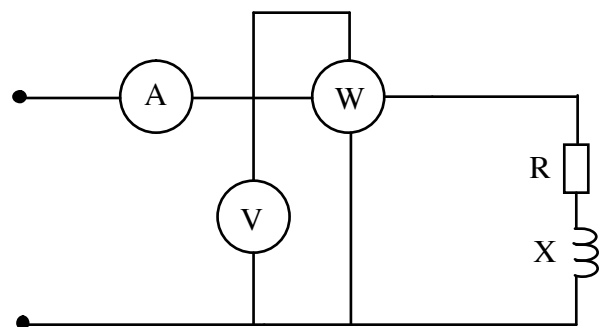
$$I_4 = \frac{U - E_4}{R_4} = 1 \text{ A}$$

Bài 2.10: Cho mạch điện như hình vẽ.

Biết chỉ số các dụng cụ đo như sau:

$I = 166\text{A}; U = 6200\text{V}; P = 623\text{KW};$

Tính hệ số $\cos \varphi$ và trị số tức thời dòng điện và điện áp của mạch.



Lời giải

$$\bullet \cos \varphi = \frac{P}{U \cdot I} = 0,605 = \cos 53^\circ$$

$$\bullet u = 6200 \sqrt{2} \sin (\omega t + 53^\circ) (\text{V})$$

Chương 2. Mạch điện xoay chiều một pha

- $i = 166\sqrt{2} \sin \omega t \quad (\text{A})$

Bài 2.11: Cho mạch điện như hình vẽ :

Khi chưa có tụ các dụng cụ

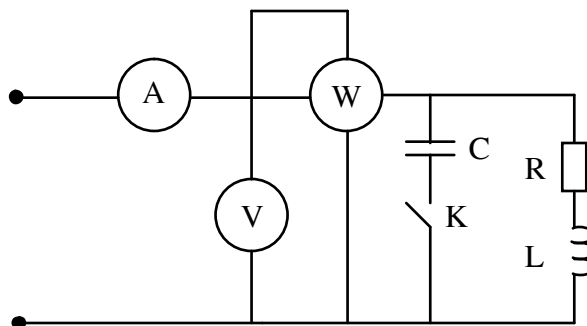
đo chỉ : $P = 1200 \text{ W}$; $I = 11 \text{ A}$;

$U = 220 \text{ V}$. Xác định hệ số $\cos \varphi$

khi chưa có tụ.

Khi nối tụ C vào mạch thì hệ số công

suất $\cos \varphi = 0,91$. Tính C và Q_C ?



Lời giải

+ Khi chưa có tụ :

- $\cos \varphi_1 = \frac{P}{U \cdot I} = 0,496 = \cos 60,3^\circ$

- $\tan \varphi_1 = \tan 60,3^\circ = 1,75$

+ Khi có tụ :

- $C = \frac{P}{U^2 \cdot \omega} (\tan \varphi_1 - \tan \varphi) \quad (\text{với } \cos \varphi = 0,91 = \cos 24,5^\circ \Rightarrow \tan \varphi = \tan 24,5^\circ = 0,45)$

- $C = \frac{1200}{220^2 \cdot 2\pi \cdot f} (1,75 - 0,45) = 0,000103 \text{ F} = 103 \mu\text{F}$

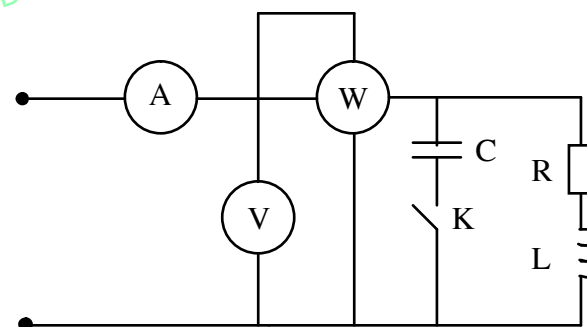
- $Q_C = -U_C I_C = -U^2 \cdot \omega \cdot C = -1565,35 \text{ Var}$

Bài 2.12: Cho mạch điện như hình vẽ. Các số đo ở 2 chế độ như sau:

a) Khi nối tụ điện: $I = 115 \text{ A}$; $P = 665 \text{ KW}$; $U = 6,4 \text{ KV}$

b) Khi cắt tụ điện: $I = 166 \text{ A}$; $P = 623 \text{ KW}$; $U = 6,2 \text{ KV}$.

Tính thông số R , X của tải, trị số của tụ điện C .



Lời giải

a) Khi nối tụ

- $\cos \varphi_{\text{tụ}} = \frac{P}{U \cdot I} = 0,9035 = \cos 25,37^\circ$

- $\tan 25,37^\circ = 0,474$

b) Khi cắt tụ

- $R = \frac{P}{I^2} = 22,6 \Omega$

- $Z = \frac{U}{I} = 37,35 \Omega$

- $X_L = \sqrt{Z^2 - R^2} = 29,74 \Omega$

- $\cos \varphi_{\text{tụ}} = \frac{P}{U \cdot I} = 0,605 = \cos 52,75^\circ$

- $\tan 52,75^\circ = 1,315$

- $C = \frac{P}{U^2 \cdot \omega} (\tan \varphi_{\text{không tụ}} - \tan \varphi_{\text{có tụ}}) = 0,0000434 \text{ F} = 43,4 \mu\text{F}$

Chương 2. Mạch điện xoay chiều một pha

Bản quyền © Trường ĐH Sư phạm Kỹ thuật TP. HCM

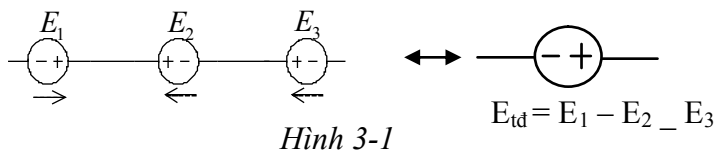
CHƯƠNG 3

CÁC PHƯƠNG PHÁP GIẢI MẠCH ĐIỆN

§3.1. PHƯƠNG PHÁP BIẾN ĐỔI TƯƠNG ĐƯƠNG MẠCH

3.1.1. Mạch nguồn suất điện động nối tiếp

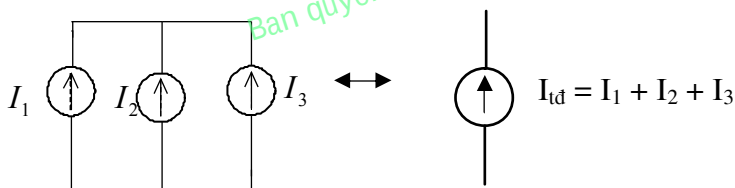
$$E_{td} = \sum E_R$$



- Khi có nhiều nguồn áp mắc nối tiếp ta biến đổi thành 1 nguồn áp tương đương duy nhất bằng cách chúng ta cộng (trừ khi chúng ngược dấu nhau) lại

3.1.2. Mạch nguồn dòng mắc song song

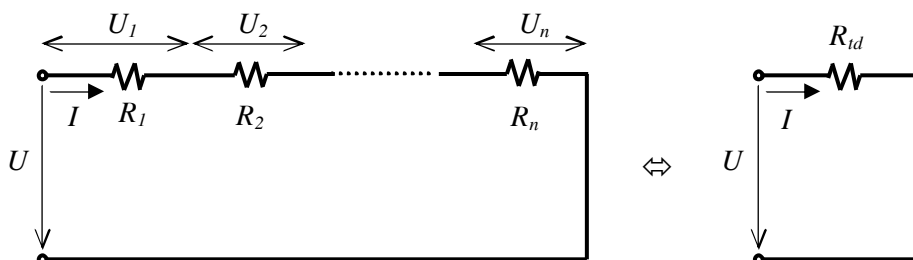
$$I_{td} = \sum J_R$$



- Khi có nhiều nguồn dòng mắc song song ta biến đổi thành 1 nguồn dòng tương đương duy nhất bằng cách chúng ta cộng (trừ khi chúng ngược dấu nhau) lại

3.1.3. Mạch điện trở mắc nối tiếp

Trong trường hợp mạch điện có n điện trở mắc nối tiếp, có thể biến đổi tương đương thành mạch điện như sau:



Áp dụng định luật ohm ta có :

Chương 3. Các phương pháp giải mạch điện

$$U_1 = I.R_1$$

$$U_2 = I.R_2$$

$$\dots\dots\dots$$

$$U_n = I.R_n$$

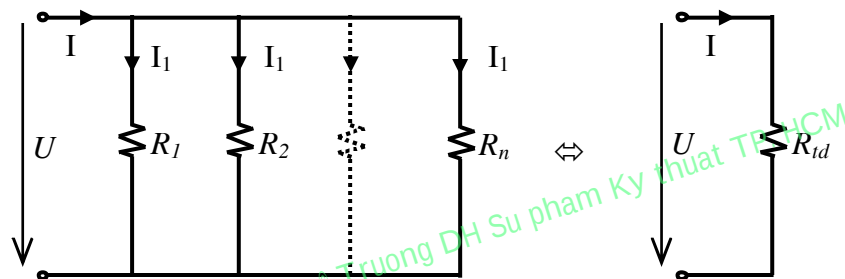
Mà $U = U_1 + U_2 + \dots + U_n = I(R_1 + R_2 + \dots + R_n) = I.R_{td}$

Trong đó $R_{td} = R_1 + R_2 + \dots + R_n = \sum_{i=1}^n R_i$

Như vậy, đối với một mạch điện có các điện trở mắc song song, ta có:

- Dòng điện chạy qua các điện trở là như nhau.
- Điện áp của toàn mạch bằng tổng điện áp trên các điện trở.
- Điện trở tương đương của mạch bằng tổng các điện trở thành phần.

3.1.4. Mạch điện trở mắc song song



Hình 3-4. Biến đổi tương đương các điện trở mắc song song

Áp dụng định luật ohm ta có :

$$U = I_1.R_1 = I_2.R_2 = \dots = I_n.R_n$$

$$I = I_1 + I_2 + \dots + I_n = U.\left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_n}\right) = \frac{U}{R_{td}}$$

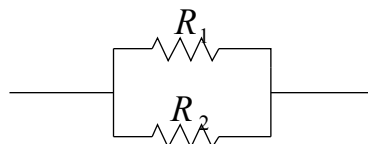
Khi đó: $\frac{1}{R_{td}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_n} = \sum_{i=1}^n \frac{1}{R_i}$

Như vậy trong mạch điện có các điện trở mắc song song thì:

- Điện áp rơi trên các thành phần là như nhau
- Dòng điện qua mạch bằng tổng các dòng điện qua các thành phần
- Nghịch đảo của điện trở tương đương bằng tổng nghịch đảo của các điện trở thành phần.

* Hai điện trở mắc song song

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



3.1.5. Mạch chia dòng điện (định lý chia dòng)

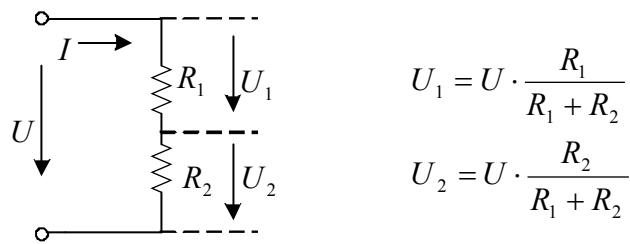
Giả sử biết I, R_1, R_2 . Tìm I_1, I_2 .

Chương 3. Các phương pháp giải mạch điện

Ta có công thức dòng điện mạch rẽ :

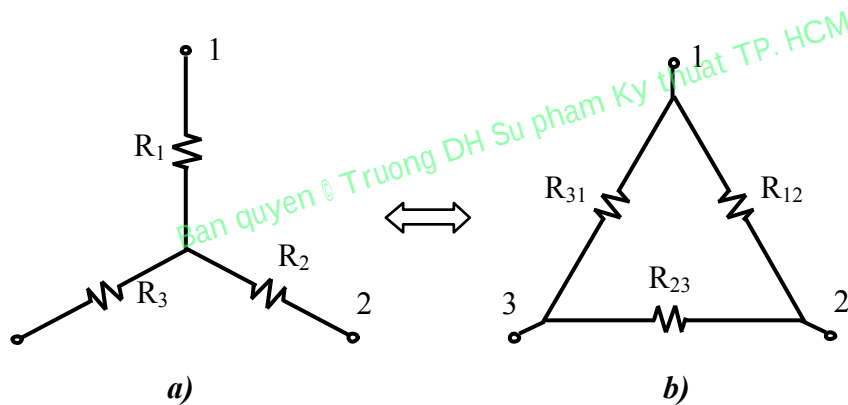
$$I_1 = I \cdot \frac{R_2}{R_1 + R_2} \quad I_2 = I \cdot \frac{R_1}{R_1 + R_2}$$

3.1.6. Mạch chia áp (Cầu phân thế)



Hình 3-5

3.1.7. Biến đổi tương đương điện trở mắc hình sao sang tam giác: Y → Δ



Hình 3-6. Sơ đồ biến đổi sao (Y) – tam giác(Δ)

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

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

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

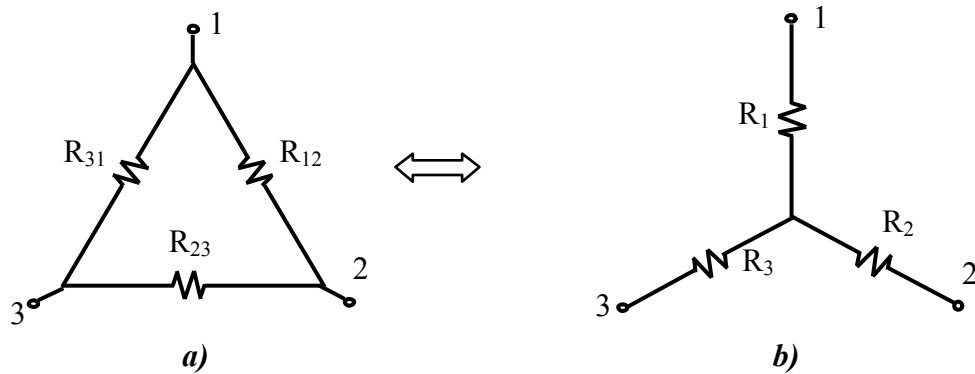
Nếu $R_1 = R_2 = R_3 = R_Y$

$$\rightarrow R_{12} = R_{23} = R_{31} = R_{\Delta}$$

$$\rightarrow R_{\Delta} = 3R_Y$$

Chương 3. Các phương pháp giải mạch điện

3.1.8 Biến đổi tương đương điện trở mắc hình tam giác sao: $\Delta \rightarrow Y$



Hình 3-7

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

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

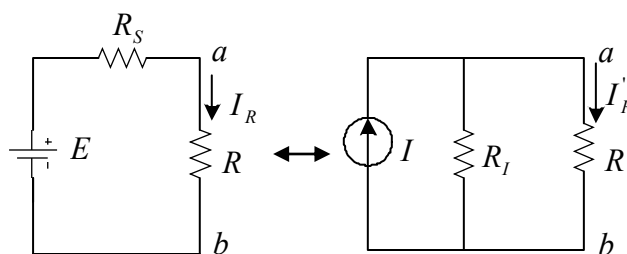
$$R_3 = \frac{R_{23} \cdot R_{31}}{R_{12} + R_{23} + R_{31}}$$

Nếu $R_{12} = R_{23} = R_{31} = R_{\Delta}$

$$\rightarrow R_1 = R_2 = R_3 = R_Y$$

$$\rightarrow R_Y = \frac{R_{\Delta}}{3}$$

3.1.9. Sự tương đương giữa nguồn áp và nguồn dòng :



Hình 3-8

Nếu $I_R = I'_R$ thì 2 mạch tương đương nhau

Điều kiện để nguồn áp và nguồn dòng tương đương nhau:

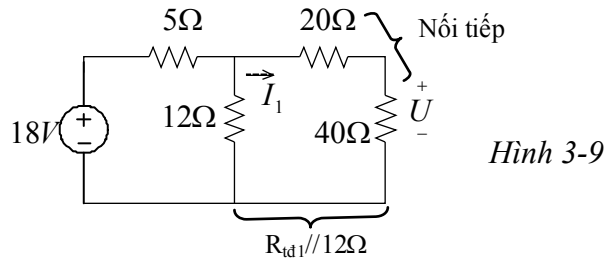
$$\begin{aligned} E &= I \cdot R_I \\ R_S &= R_I \end{aligned}$$

Chương 3. Các phương pháp giải mạch điện

§3.2. BÀI TẬP CHƯƠNG 3 MỤC 3.1

Bài 3.1: Cho mạch điện như hình vẽ (3-9)

Dùng phép biến đổi tương đương tìm I_1 và U



Hình 3-9

Lời Giải:

Đặt R_{td1} gồm điện trở 20Ω mắc nối tiếp với điện trở 40Ω

$$R_{td1} = 20 + 40 = 60\Omega$$

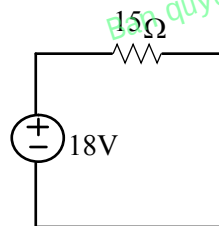
Đặt R_{td2} gồm R_{td1} mắc song song với điện trở 12Ω

$$R_{td2} = \frac{60 \cdot 12}{60 + 12} = 10\Omega$$

Điện trở toàn mạch gồm R_{td2} mắc nối tiếp điện trở 5Ω

$$R_{td} = 10 + 5 = 15\Omega$$

Mạch điện tương đương :



$$I = \frac{18}{15} = \frac{6}{5} A = 1,2A$$

$$I_1 = I \cdot \frac{12}{60 + 12} = \frac{6}{5} \cdot \frac{12}{72} = \frac{1}{5} A \text{ (dùng định lý chia dòng)}$$

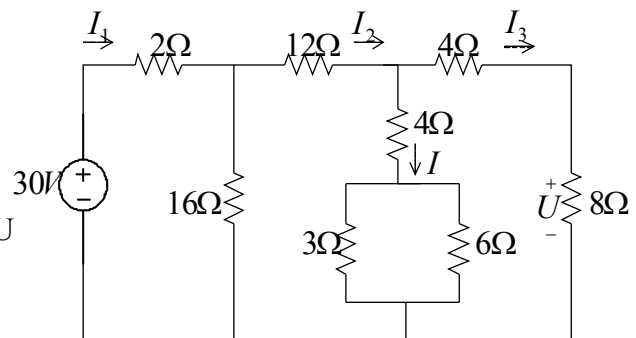
$$U = I_1 \cdot 40 = \frac{1}{5} \cdot 40 = 8V$$

Vậy $I_1 = \frac{1}{5} A$

$U = 8V$

Bài 3.2: Cho mạch điện như hình vẽ (3-10)

Dùng phép biến đổi tương đương tính I , I_1 , U



Hình 3-10

Chương 3. Các phương pháp giải mạch điện

Lời Giải:

Ta đặt R_1 gồm điện trở 8Ω mắc nối tiếp với 4Ω

$$R_1 = 8 + 4 = 12\Omega$$

Đặt R_2 gồm điện trở 6Ω mắc song song với điện trở 3Ω

Đặt R_3 gồm R_2 mắc nối tiếp với điện trở 4Ω (nhánh có dòng điện I chạy qua)

$$R_2 = \frac{6 \cdot 3}{6 + 3} = 2\Omega ; R_3 = 2 + 4 = 6\Omega$$

Đặt R_4 gồm R_1 mắc song song R_3 ; và R_5 gồm R_4 mắc nối tiếp với điện trở 12Ω (nhánh có dòng điện I_2 chạy qua)

$$R_4 = \frac{12 \cdot 6}{12 + 6} = 4\Omega ; R_5 = 12 + 4 = 16\Omega$$

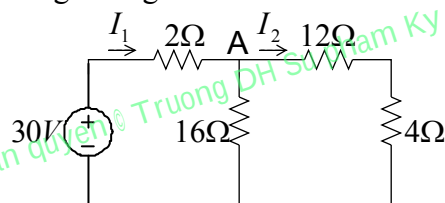
Đặt R_6 gồm R_5 mắc song song với điện trở 16Ω ;

và R_7 gồm R_6 nối tiếp điện trở 2Ω

$$R_6 = \frac{16 \cdot 16}{16 + 16} = 8\Omega ; R_7 = 8 + 2 = 10\Omega$$

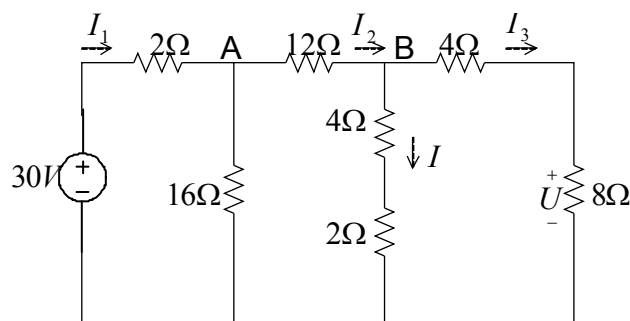
$$I_1 = \frac{30}{10} = 3A$$

Mạch điện tương đương



Dùng định lý chia dòng: $I_2 = I_1 \frac{16}{16 + 16} = \frac{3}{2} = 1,5A$

Mạch điện tương đương



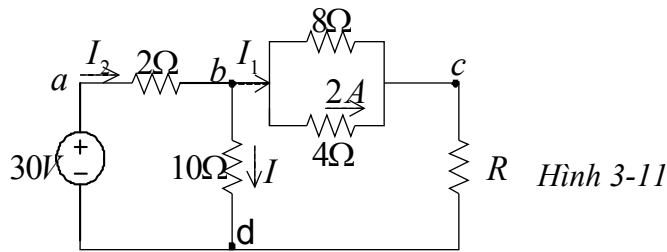
Dùng định lý chia dòng tại nút B: $I = I_2 \frac{12}{12 + 6} = \frac{3}{2} \cdot \frac{12}{18} = 1A$

Áp dụng định luật K₁ tại B : $I_3 = I_2 - I = 1,5 - 1 = 0,5A$

$$U = I_3 \cdot 8 = 4V$$

Chương 3. Các phương pháp giải mạch điện

Bài 3.3: Cho mạch điện như hình vẽ (3-11)



Hình 3-11

Dùng phép biến đổi tương đương Tìm I và R

Lời Giải:

Áp dụng định lý chia dòng tại nút b ta có:

$$2 = I_1 \cdot \frac{8}{8+4} \Rightarrow I_1 = 3A$$

Áp dụng định luật K₁ tại nút b ta có: $I_2 - I_1 - I = 0$ (1)

$$I_2 - 3 - I = 0 \quad (1)$$

Áp dụng định luật K₂ cho vòng(a,b,d,a): $2I_2 + 10I = 30$ (2)

nhân (1) cho hệ số 2 ta được: $2I_2 - 2I = 6$

Lấy pt(2) trừ pt(1) ta được:

$$\Rightarrow 12I = 30 - 6 = 24$$

$$\Rightarrow I = 2A$$

Ta có:

$$R_{td1} = \frac{8 \cdot 4}{8+4} = \frac{8}{3} \Omega$$

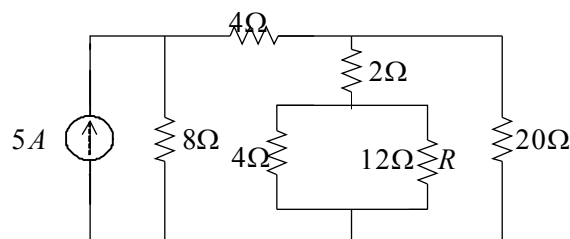
$$R_{td2} = R_{td1} + R = \frac{8}{3} + R$$

Áp dụng K₂ cho vòng (a,c,d,b) ta có: $(R_{td1} + R)I_1 - 10 \cdot I = 0$

$$\Leftrightarrow \left(\frac{8}{3} + R\right) \cdot 3 - 10 \cdot 2 = 0$$

$$\Leftrightarrow R = 4 \Omega$$

Bài 3.4: Cho mạch điện như hình vẽ (3-12)



Hình 3-12

Tính công suất tiêu thụ trên điện trở R.

Lời Giải:

Xét biến đổi tương đương nhánh gồm điện trở 12Ω mắc song song với 4Ω và đặt là R₁ ta được:

$$R_1 = \frac{4 \cdot 12}{4+12} = 3 \Omega$$

Chương 3. Các phương pháp giải mạch điện

Xét biến đổi tương đương nhánh gồm R_1 mắc nối tiếp 2Ω và đặt là R_2

$$R_2 = 2 + 3 = 5\Omega$$

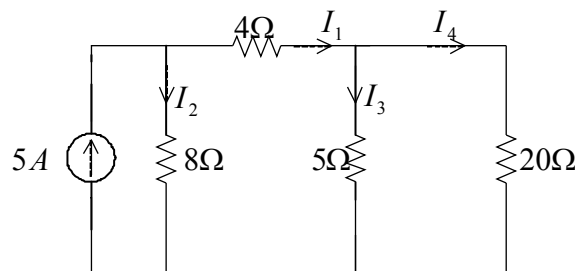
Xét biến đổi tương đương nhánh gồm R_2 mắc song song với 20Ω

$$R_3 = \frac{20 \cdot 5}{20 + 5} = 4\Omega$$

Xét biến đổi tương đương nhánh gồm R_3 nối tiếp với 4Ω đặt là R_4

$$R_4 = R_3 + 4\Omega = 4 + 4 = 8\Omega$$

Sơ đồ tương đương 1



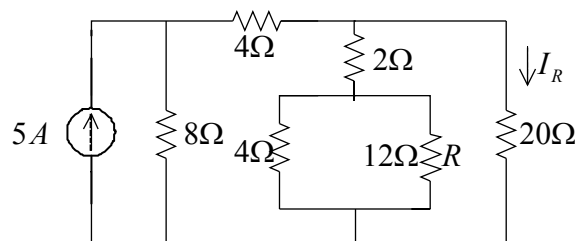
Áp dụng định lý chia dòng tại nút A ta có:

$$I_1 = 5 \cdot \frac{8}{8 + 8} = 2,5A = I_2 \quad (\text{do điện trở của } R_4 \text{ bằng với nhánh có dòng điện } I_2 \text{ chạy qua})$$

Áp dụng định lý chia dòng tại nút B ta có:

$$I_3 = I_1 \cdot \frac{20}{20 + 5} = 2,5 \cdot \frac{20}{20 + 5} = 2A$$

Mạch tương đương 2

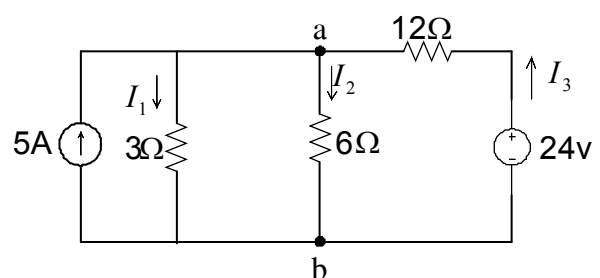


$$I_R = I_3 \cdot \frac{4}{4 + 12} = 2 \cdot \frac{4}{4 + 12} = 0,5A$$

$$P_R = R \cdot I_R^2 = 12 \cdot (0,5)^2 = 3(W)$$

Bài 3.5: Cho mạch điện như hình vẽ (3-13)

Tìm các dòng điện I_1, I_2, I_3 bằng phép biến đổi tương đương



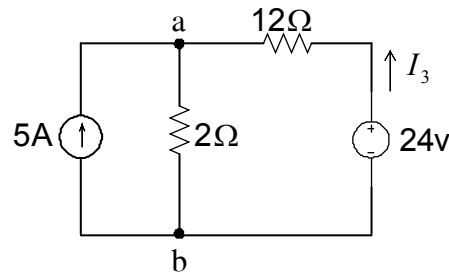
hình (3-13)

Lời Giải:

Thay điện trở 3Ω và 6Ω mắc song song thành điện trở $\frac{3 \cdot 6}{3 + 6} = 2\Omega$

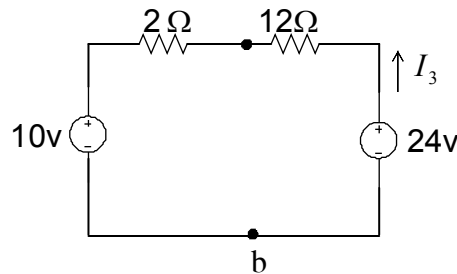
Chương 3. Các phương pháp giải mạch điện

Ta có mạch tương đương như hình



Biến đổi nguồn dòng 5A mắc song song với điện trở 2Ω thành nguồn sức điện động 10V mắc nối tiếp với điện trở 2Ω

Ta có mạch tương đương



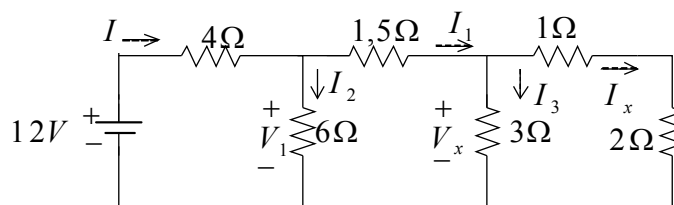
Áp dụng định luật K₂ cho vòng kín

$$(2 + 12I_3) = 24 - 10 \text{ suy ra } I_3 = 1\text{A}$$

Theo K₂ ta cũng có $u_{ab} = 2I_3 + 10 = 12\text{V}$

$$\text{suy ra } I_1 = \frac{u_{ab}}{3} = 4\text{A} ; I_2 = \frac{u_{ab}}{6} = 2\text{A}$$

Bài 3.6: Cho mạch như hình vẽ (3-14)



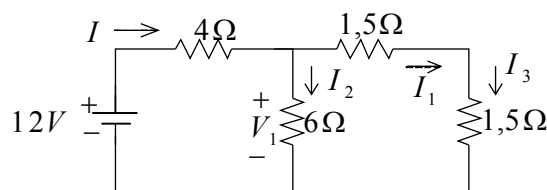
hình (3-14)

Tính : $I_1, I_2, I_3, I_x, V_x, V_1$

Lời Giải:

Áp dụng phép biến đổi tương đương ta có

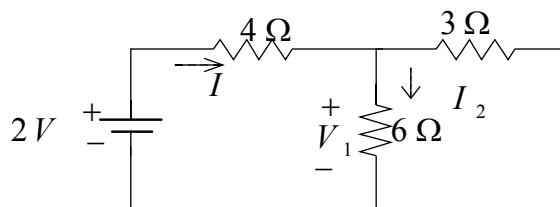
Điện trở 3Ω mắc song song với 2 điện trở (1Ω nt 2Ω)



Ta có điện trở ($1,5\Omega$ nt $1,5\Omega$)

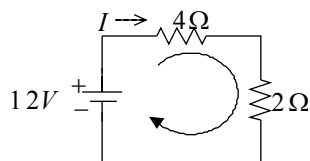
Mạch tương đương

Chương 3. Các phương pháp giải mạch điện



Điện trở (3Ω mắc song song với điện trở 6Ω)

Ta có mạch tương đương



Áp dụng định luật K₂ cho vòng kín

$$I = \frac{12}{6} = 2A; I_2 = 2 \cdot \frac{3}{9} = \frac{2}{3} A$$

Áp dụng định lý chia dòng điện ta có :

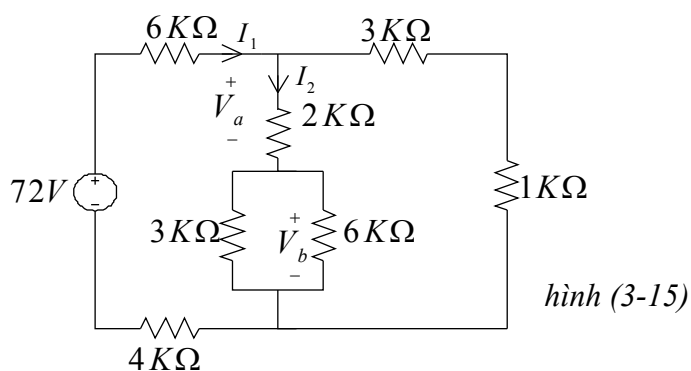
$$I_1 = 2 \cdot \frac{6}{9} = \frac{4}{3} A; I_x = \frac{4}{3} \cdot \frac{3}{6} = \frac{2}{3} A = I_x$$

Suy ra : $V_1 = 6 \cdot I_2 = 6 \cdot \frac{2}{3} = 4V$

$$V_x = 3 \cdot I_x = 3 \cdot \frac{2}{3} = 2V$$

Bài 3.7: Cho mạch như hình (3-15)

Tính $I_1, I_2, V_a + V_b$



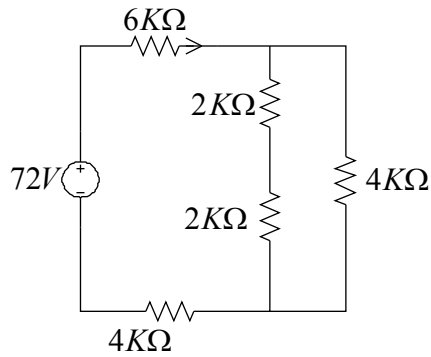
Lời Giải:

Áp dụng phép biến đổi tương đương ta có

Thay điện trở $1k\Omega$ nối tiếp $3k\Omega$ thành điện trở $4k\Omega$ và biến đổi điện trở $6k\Omega$ mắc song song với điện trở $3k\Omega$ thành điện trở $2k\Omega$

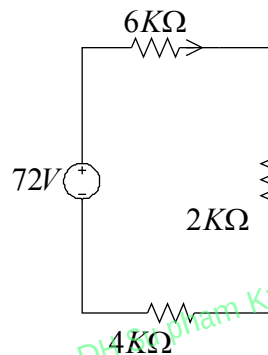
Ta có mạch tương đương như hình vẽ:

Chương 3. Các phương pháp giải mạch điện



Tương tự ta có điện trở ($2k\Omega$ nt $2k\Omega$) mắc song song với điện trở $4k\Omega$ được điện trở $2k\Omega$

Ta có mạch tương đương



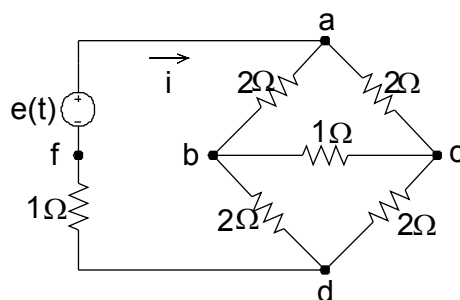
Áp dụng định luật K₂ cho vòng kín ta được :

$$I = \frac{72}{12} = 6\text{mA}$$

Áp dụng định lý phân phân dòng điện

$$\begin{aligned} \rightarrow I_2 &= 6 \cdot \frac{4}{4+4} = 3\text{mA} \\ \rightarrow V_a &= 3\text{mA} \cdot 2k\Omega = 6\text{V} \\ \rightarrow V_b &= \left(3 \cdot \frac{3}{9}\right) \cdot 6 = 6\text{V} \\ \rightarrow V_a + V_b &= 12\text{V} \end{aligned}$$

Bài 3.8 : Cho mạch điện như hình vẽ (3-16)



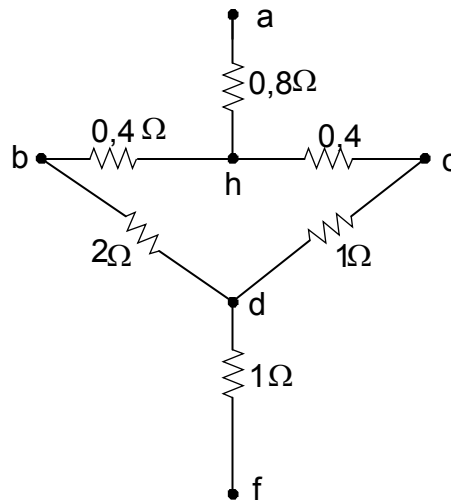
hình (3-16)

Tìm dòng điện i

Chương 3. Các phương pháp giải mạch điện

Lời Giải:

Dùng phép biến đổi tương đương thay 3 điện trở mắc tam giác giữa 3 đỉnh a, b, c thành mạch nối hình sao với điểm chung là h



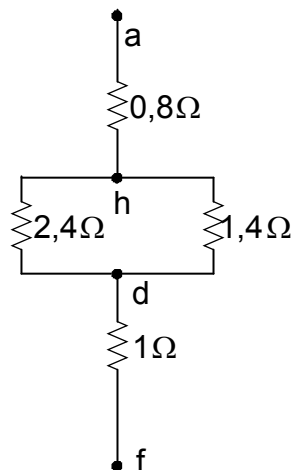
Ta có

$$R_{ah} = \frac{2 \cdot 2}{2 + 2 + 1} = \frac{4}{5} = 0,8\Omega$$

$$R_{bh} = \frac{2 \cdot 1}{2 + 2 + 1} = \frac{2}{5} = 0,4\Omega$$

$$R_{ch} = \frac{2 \cdot 1}{2 + 2 + 1} = \frac{2}{5} = 0,4\Omega$$

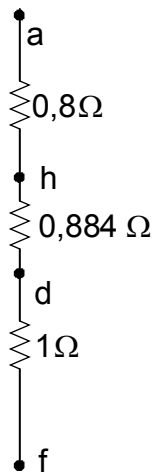
Thay các điện trở nối tiếp trên một nhánh thành 1 điện trở sau đó lại thay 2 điện trở mắc song song thành một điện trở



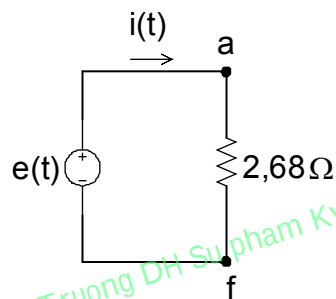
$$R_{hd} = \frac{2,4 \times 1,4}{2,4 + 1,4} = 0,884\Omega$$

Ta có mạch tương đương

Chương 3. Các phương pháp giải mạch điện



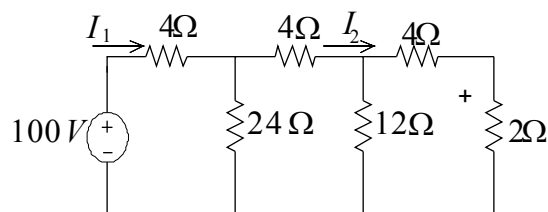
$R_{td} = R_{ah} + R_{hd} + 1 = 0,8 + 0,884 + 1 = 2,68 \Omega$
 Vậy mạch tương đương như sau :



Áp dụng định luật K₂ cho vòng kín ta được

i. $R_{td} = e(t)$ suy ra $i = \frac{e(t)}{R_{td}} = \frac{6 \sin 100\pi t}{2,68} = 2,23 \sin 100\pi t (A)$

Bài 3.9: Cho mạch điện hình (3-17)

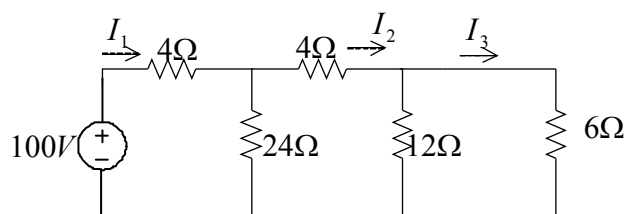


Hình (3-17)

Tính I_1, I_2 và U

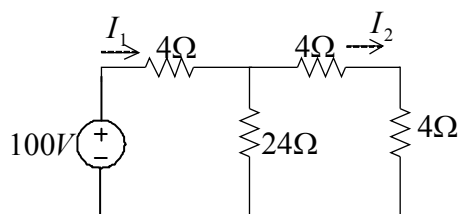
Lời Giải:

Áp dụng phép biến đổi tương đương ta có điện trở 2Ω nt 4Ω
 Mạch điện tương đương

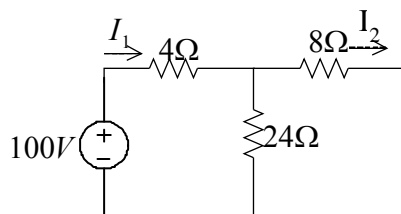


Chương 3. Các phương pháp giải mạch điện

Điện trở 6Ω mắc song song với điện trở 12Ω ta có
Mạch tương đương



Điện trở 4Ω nt 4Ω ta có
Mạch tương đương



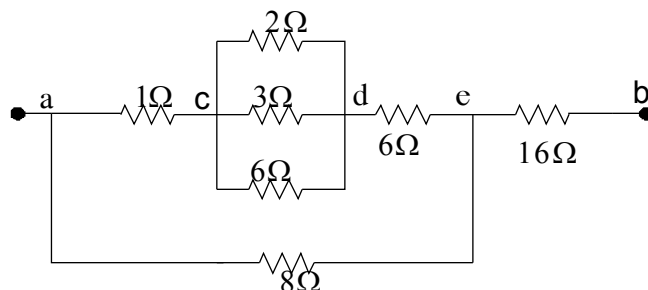
Áp dụng định luật K₂ ta có: $I_1 = \frac{100}{10} = 10A$

Phân dòng : $I_2 = 10 \cdot \frac{24}{24+8} = 7,5A$

Phân dòng : $I_3 = 7,5 \cdot \frac{12}{4+4} = 4,74A$

$\Rightarrow U = I_3 \cdot 2 = 4,74 \cdot 2 = 9,5A$

Bài 3.10: cho mạch điện như hình vẽ (3-18)



Hình (3-18)

Tính R_{ab}

Lời Giải:

Áp dụng phép biến đổi tương đương ta có

Biến đổi điện trở 6Ω mắc song song với điện trở 3Ω thành điện trở R_1

$$R_1 = \frac{3 \cdot 6}{3+6} = 2\Omega$$

Biến đổi điện trở $R_1 // 2\Omega$ thành điện trở R_{cd}

$$R_{cd} = \frac{2 \cdot 2}{2+2} = 1\Omega$$

Biến đổi điện trở 1Ω nt R_{cd} nt 6Ω thành điện trở R_{ac}

$$R_{ac} = \frac{(1+1+6) \cdot 8}{16} = 4\Omega$$

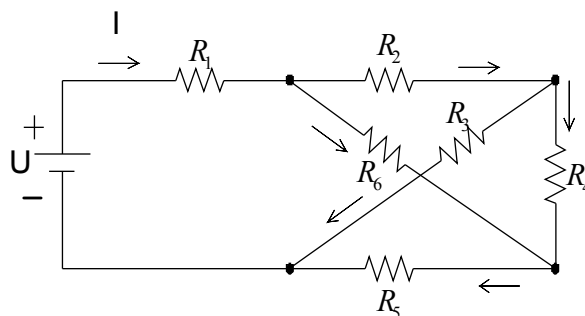
Chương 3. Các phương pháp giải mạch điện

Biến đổi điện trở 16Ω nt R_{ae} thành điện trở R_{ab}
 $R_{ab} = 4 + 16 = 20\Omega$

§3.3. BÀI TẬP CHO ĐÁP SỐ

Dùng phép biến đổi tương đương và các định luật kirchoff 1 và 2 giải các bài tập sau:

Bài 3.11: Cho mạch điện như hình vẽ (3-19)



Hình 3-19

Biết $R_1 = R_2 = R_5 = 10\Omega$, $R_3 = R_6 = 50\Omega$, $R_4 = 30\Omega$, $U = 100\text{ V}$

Tính I

Đáp số : $I = 0,3\text{ A}$

Bài 3.12: Cho mạch điện như hình vẽ (3-20)

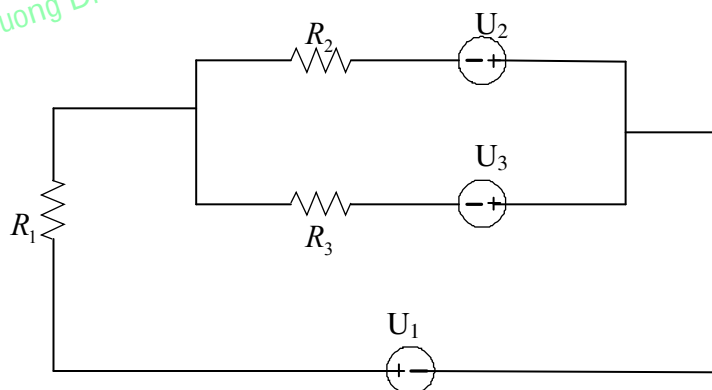
Biết $R_1 = 10\Omega$, $R_2 = 5\Omega$, $R_3 = 1\Omega$,

$U_1 = 200\text{ V}$, $U_2 = 100\text{ V}$, $U_3 = 50\text{ V}$

a/ Tính I

b/ Tìm công suất phát của từng nguồn

c/ Tìm công suất tiêu thụ của mạch



Hình 3-20

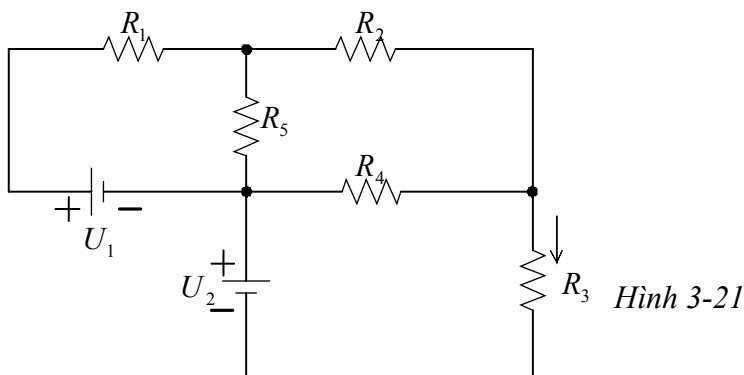
Đáp số :

a/ $I = 23,84\text{ A}$

b/ $P_1 = 5686,17\text{ (W)}$, $P_2 = 576,9\text{ (W)}$, $P_3 = 4769,14\text{ (W)}$

c/ $P = 6576,7\text{ (W)}$

Bài 3.13 : Cho mạch điện như hình vẽ (2-21)

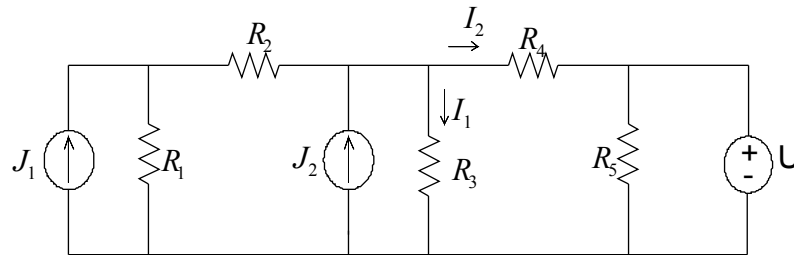


Hình 3-21

Chương 3. Các phương pháp giải mạch điện

Biết $R_1 = 6\Omega$, $R_2 = 5\Omega$, $R_3 = 2\Omega$, $R_4 = 3\Omega$, $R_5 = 4\Omega$, $U_1 = 20\text{ V}$, $U_2 = 10\text{ V}$
 Tính dòng qua R_3
 Đáp số : $I_{3\Omega} = 2,98\text{ A}$

Bài 3.14: Cho mạch điện như hình vẽ (3-22)

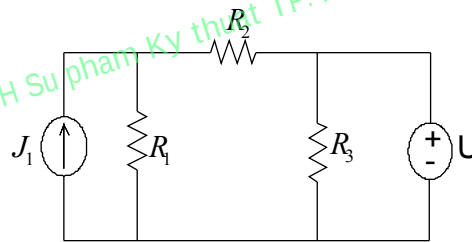


Hình 3-22

Cho biết : $R_1 = 4\Omega$, $R_2 = R_5 = 10\Omega$, $R_3 = 2\Omega$, $R_4 = 1\Omega$, $J_1 = 25\text{ A}$, $J_2 = 20\text{ A}$, $U = 20\text{ V}$
 Tính I_1 , I_2
 Đáp số : $I_1 = 5\text{ A}$, $I_2 = 10\text{ A}$

Bài 3.15: Cho mạch điện như hình vẽ (3-23)

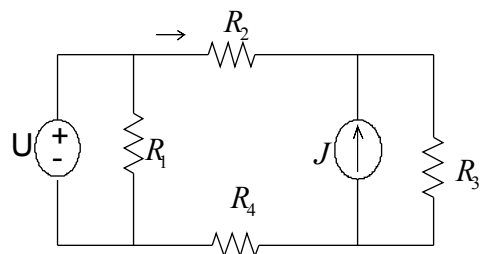
Cho biết : $R_2 = 10\Omega$, $R_3 = 20\Omega$, $J = 5\text{ A}$,
 $U = 100\text{ V}$
 Tính giá trị R_1
 Đáp số $R_1 = 20\Omega$



Hình 3-23

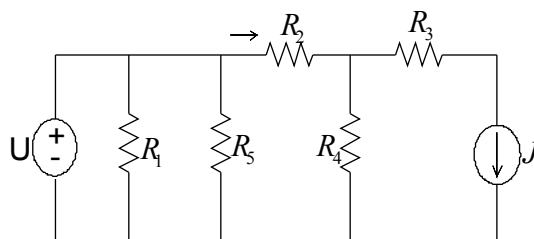
Bài 3.16: Cho mạch điện như hình vẽ (3-24)

Cho biết : $R_1 = 30\Omega$, $R_2 = 10\Omega$,
 $R_3 = R_4 = 20\Omega$, $U = 50\text{ V}$, $J = 5\text{ A}$
 Tính dòng qua R_2
 Đáp số : $I_{R2} = -1\text{ A}$



Hình 3-24

Bài 3.17: Cho mạch điện như hình vẽ (3-25)

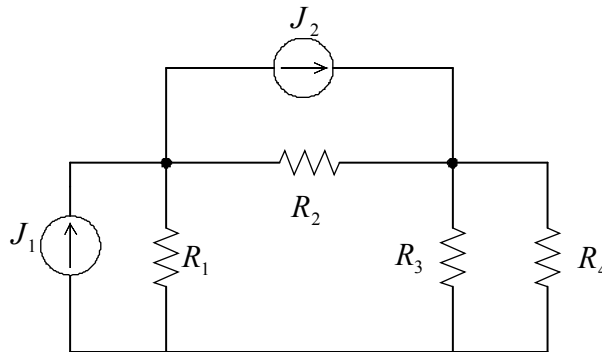


Hình 3-25

Chương 3. Các phương pháp giải mạch điện

Biết : $R_1 = 10 \Omega$, $R_2 = 20 \Omega$, $R_3 = 5 \Omega$, $R_4 = 8 \Omega$, $R_5 = 4 \Omega$, $U = 10V$, $J = 2A$
 Tìm dòng qua R_2 và công suất tiêu thụ trên nó
 Đáp số : $I_{R_2} = 0,61 A$, $P_{R_2} = 7,466(W)$

Bài 3.18 : Cho mạch điện như hình vẽ (3-26)

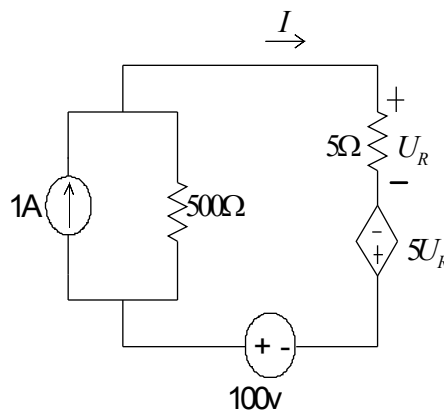


Hình 3-26

Cho biết : $R_1 = 4 \Omega$, $R_2 = 2 \Omega$, $R_3 = 8 \Omega$, $R_4 = 16 \Omega$, $J_1 = 10A$, $J_2 = 5A$
 Tìm tổng công suất tiêu thụ và tổng công suất nguồn

Đáp số : $\sum P_{\text{tiêu thụ}} = 34,6 W$
 $\sum P_{\text{nguồn}} = 229,41 W$

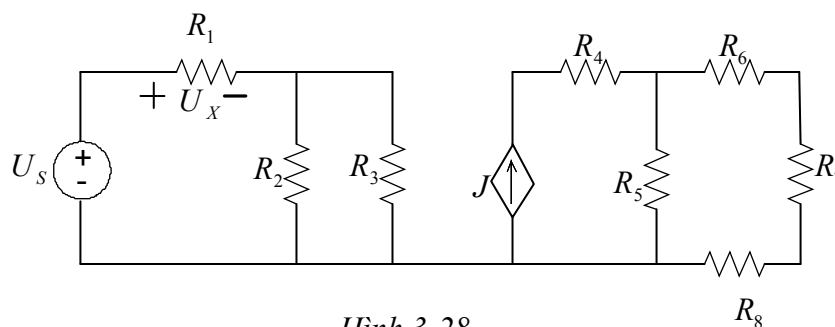
Bài 3.19: Cho mạch điện như hình vẽ (3-27)



Hình 3-27

Tìm I và $\sum P_{\text{tiêu tán}}$
 Đáp số : $I = 1,25A$, $\sum P_{\text{tiêu tán}} = 39,06W$

Bài 3.20: Cho mạch điện như hình vẽ (3-28)



Hình 3-28

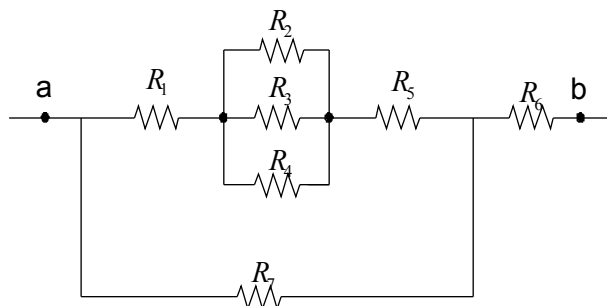
Chương 3. Các phương pháp giải mạch điện

Biết : $R_1 = 8,8 \Omega$, $R_2 = 4 \Omega$, $R_3 = 16 \Omega$, $R_4 = 10 \Omega$, $R_5 = 14 \Omega$, $R_6 = 8,2 \Omega$, $R_7 = 12 \Omega$, $R_8 = 5,8 \Omega$

$J = \frac{U_x}{7,3}$, nếu công suất tiêu tán trên R_7 bằng 147W . tìm U_S

Đáp số : $U_S = 100V$

Bài 3.21: Cho mạch điện như hình (3-29)



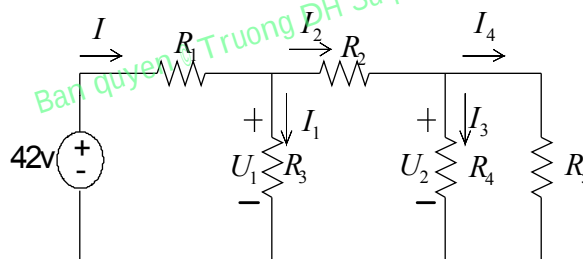
Hình 3-29

Biết $R_1 = 1 \Omega$, $R_2 = 2 \Omega$, $R_3 = 3 \Omega$, $R_4 = 6 \Omega = R_5$, $R_6 = 16 \Omega$, $R_7 = 8 \Omega$

Tính R_{ab}

Đáp số : $R_{ab} = 20 \Omega$

Bài 3.22: Cho mạch điện như hình (3-30)



Hình 3-30

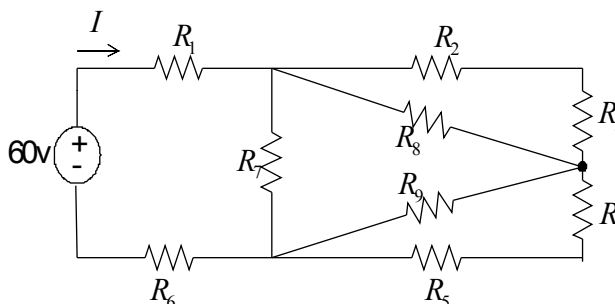
Biết : $R_1 = 2 \Omega$, $R_2 = 12 \Omega$, $R_3 = 20 \Omega$, $R_4 = 24 \Omega$, $R_5 = 12 \Omega$

Tìm $I, I_1, I_2, I_3, I_4, U_1, U_2$

Đáp số : $I = 3,5A$, $I_1 = I_2 = 1,75A$, $I_3 = 0,587A$, $I_4 = 1,166A$

$U_1 = 35V$, $U_2 = 14V$

Bài 3.23: Cho mạch điện như hình vẽ (3-31)



Hình 3-31

Cho biết : $R_1 = 12 \Omega$, $R_2 = 4 \Omega$, $R_3 = 8 \Omega$, $R_4 = 8 \Omega$, $R_5 = 4 \Omega$, $R_6 = 12 \Omega$, $R_7 = 24 \Omega$

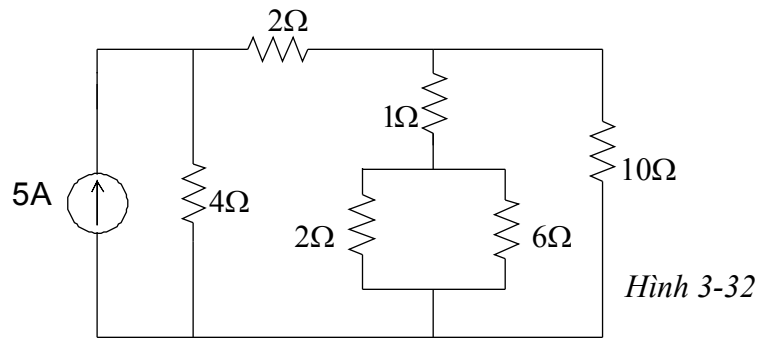
$R_8 = R_9 = 6 \Omega$

Chương 3. Các phương pháp giải mạch điện

Tìm I

Đáp số : $I = 2A$

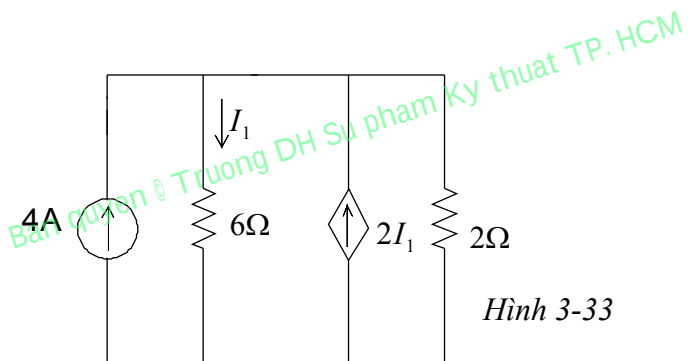
Bài 3.24: Cho mạch điện như hình (3-32)



Tìm công suất tiêu thụ trên $R = 6\Omega$

Đáp số : $P_{6\Omega} = 1,5W$

Bài 3.25: Cho mạch điện như hình (3-33)



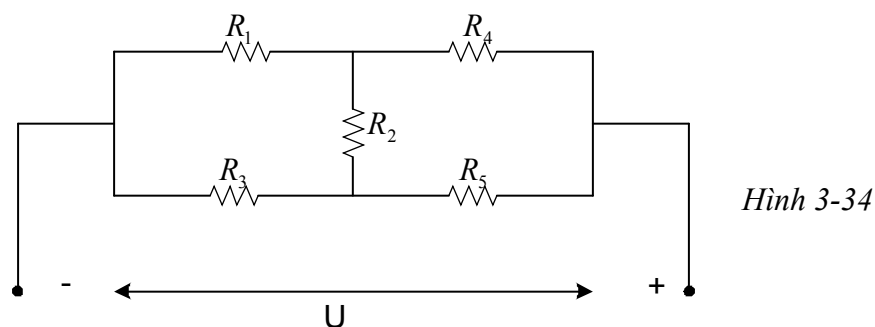
Tìm I_1 và U

Đáp số : $I_1 = 2A$, $U_1 = 12V$

Tìm U và I_1

Đáp số : $U = 30V$, $I_1 = 2A$

Bài 3.26: Cho mạch điện như hình (3-34)



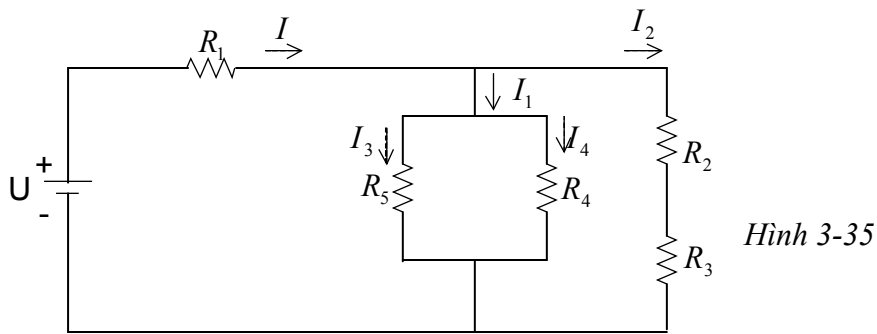
Cho biết : $R_1 = R_2 = R_3 = 3\Omega$, $R_4 = 5\Omega$, $R_5 = 2\Omega$, $U = 36V$

Tìm I_{R4}

Đáp số : $I_{R4} = 4A$

Chương 3. Các phương pháp giải mạch điện

Bài 3.27: Cho mạch điện như hình vẽ (3-35)



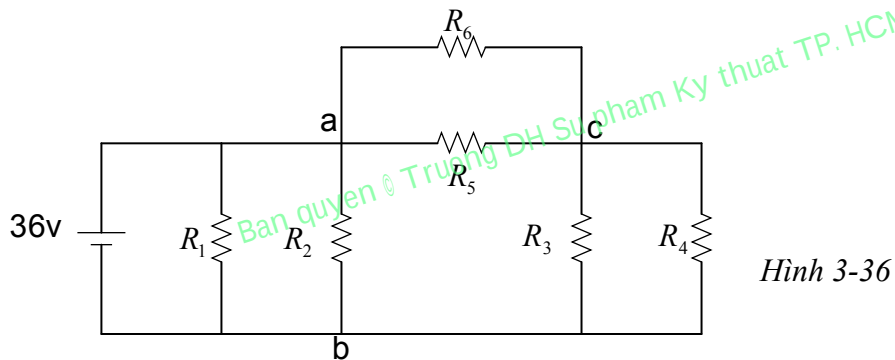
Hình 3-35

Cho biết : $R_1=1\Omega$, $R_2=2\Omega$, $R_3=4\Omega$, $R_4=6\Omega$, $R_5=3\Omega$, $U=15V$

Tính : I , I_1 , I_2 , I_3 , I_4 , $P_{\text{nguồn}}$

Đáp số : $I=6A$, $I_1=4,5A$, $I_2=1,5A$, $I_3=3A$, $I_4=1,5A$, $P_{\text{nguồn}}=90W$

Bài 3.28: Cho mạch điện như hình vẽ (3-36)



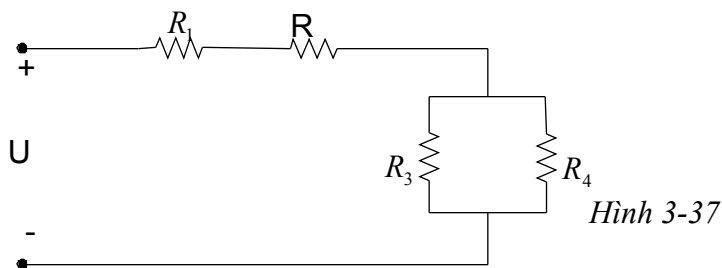
Hình 3-36

Biết : $R_1=R_4=R_6=18\Omega$, $R_2=R_3=R_5=9\Omega$,

Tìm I_{ab} , I_{ac} , U_{ab} , U_{bc}

Đáp số : $I_{ab}=6A$, $I_{ac}=3A$, $U_{ac}=18V$, $U_{bc}=18V$

Bài 3.29: Cho mạch điện như hình vẽ (3-37)



Hình 3-37

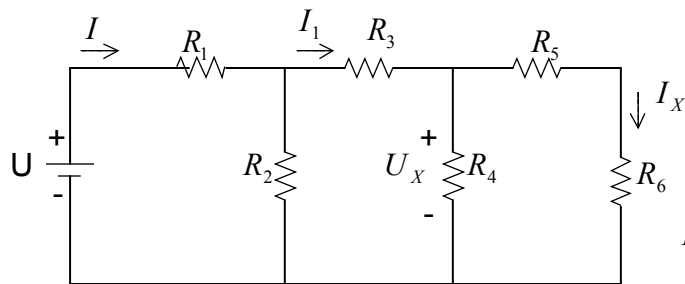
Cho biết : $R_1=1\Omega$, $R_4=6\Omega$, $R_3=3\Omega$, $P_{R3}=300W$, $U=90V$

Tìm R , $\sum P_R$, $P_{\text{cung cấp}}$

Đáp số : $R=3\Omega$, $\sum P_R=1350W=P_{\text{cung cấp}}$

Chương 3. Các phương pháp giải mạch điện

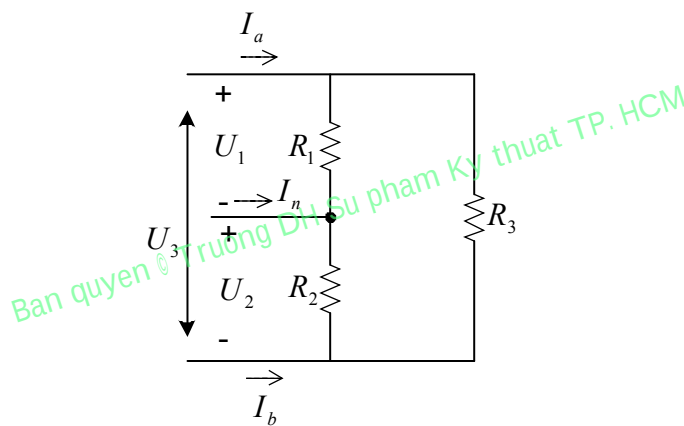
Bài 3.30: Cho mạch điện như hình vẽ (3-38)



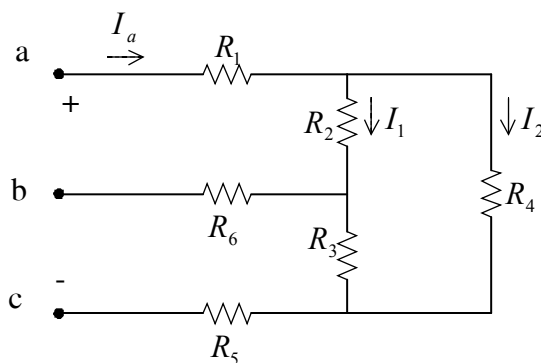
Hình 3-38

Biết : $R_1 = 4\Omega$, $R_2 = 6\Omega$, $R_3 = 1,5\Omega$, $R_4 = 3\Omega$, $R_5 = 2\Omega$, $R_6 = 2\Omega$, $U = 12V$
 Tìm I , I_1 , I_X , U_X

Đáp số : $I = 2A$, $I_1 = \frac{4}{3}A$, $I_X = 0,667A$, $U_X = 2V$



Bài 3.31: Cho mạch điện như hình vẽ (3-39)



Hình 3-39

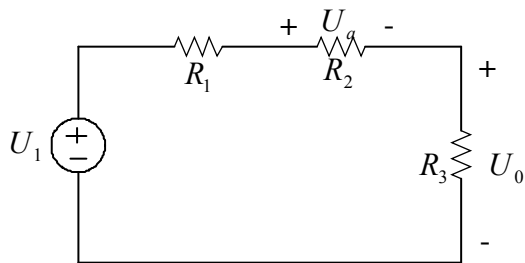
Biết : $U_1 = 120V$, $U_2 = 120$, $U_3 = 240V$, $P_1 = 1,2W$, $P_2 = 3,6W$, $P_3 = 9,6W$

Tìm : I_a , I_b , I_n

Đáp số : $I_a = 50A$, $I_n = 20A$, $I_b = 70A$

Chương 3. Các phương pháp giải mạch điện

Bài 3.32: Cho mạch điện như hình vẽ (3-40)



Hình 3-40

Biết : $R_1 = 1 \Omega$, $R_2 = 2 \Omega$, $R_3 = 3 \Omega$, $U_a = 8V$

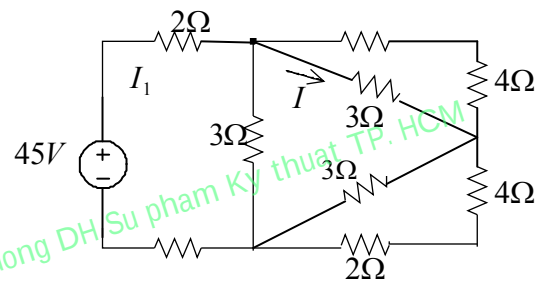
Tìm U_1 , U_0

Đáp số : $U_1 = 24V$, $U_0 = 12V$

Bài 3.33: Cho mạch điện như hình (3-41)

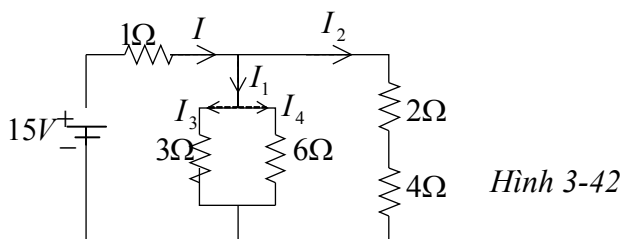
Tìm I

Đáp số : $I = 0,93A$



Hình 3-41

Bài 3.34: Cho mạch điện như hình (3-42)

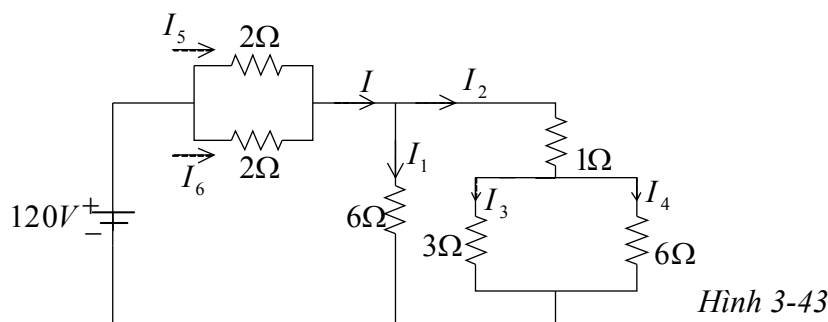


Hình 3-42

Tìm I_1 , I_2 , I_3 , I_4 , P

Đáp số : $I_1 = 4,5A$, $I_2 = 1,5A$, $I_3 = 3A$, $I_4 = 1,5A$, $P = 90W$

Bài 3.35: Cho mạch điện như hình (3-43)



Hình 3-43

Chương 3. Các phương pháp giải mạch điện

Tính : $I_1, I_2, I_3, I_4, I_5, I_6$

Đáp số :

$$I_1 = 13,333A,$$

$$I_2 = 26,666A,$$

$$I_3 = 17,7A,$$

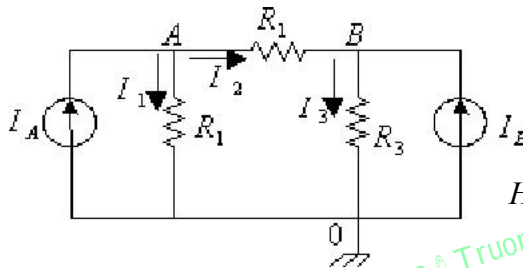
$$I_4 = 8,88A,$$

$$I_5 = I_6 = 20A$$

§3.4. PHƯƠNG PHÁP ĐIỆN THẾ NÚT: Là tìm điện thế tại các nút

Ví dụ 1 : Cho mạch điện như hình vẽ (3-44)

Dùng phương pháp điện thế nút tìm dòng điện qua các nhánh



Hình 3-44

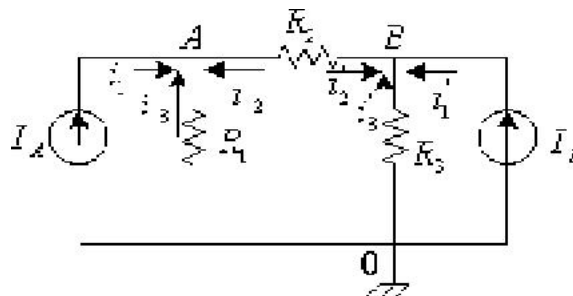
Lời Giải

Bước 1 : Chọn một nút bất kỳ trong mạch và gọi đó là nút gốc, thường chọn nút có nhiều nhánh tới làm nút gốc và điện thế tại nút gốc bằng 0.

Giả sử ta chọn 0 làm nút gốc $\Rightarrow U_0 = 0V$

$U_A = U_{A0}$ (điện thế tại nút A so với nút gốc)

$U_B = U_{B0}$ (điện thế tại nút B so với nút gốc)



Bước 2 : Dùng định luật Kirchhoff 1 viết phương trình tại các nút

Giả sử ta khảo sát tại nút A : theo định luật K1 ta có :

Chương 3. Các phương pháp giải mạch điện

$$i_1 + i_2 + i_3 = 0 \quad (1)$$

Với

$$i_1 = I_A$$

$$i_2 = \frac{U_B - U_A}{R_2}$$

$$i_3 = \frac{U_0 - U_A}{R_1} = \frac{-U_A}{R_1} \quad (\text{do } U_0 = 0 \text{ V})$$

Thay i_1, i_2, i_3 vào phương trình (1) ta được :

$$I_A + \frac{U_B - U_A}{R_2} + \frac{-U_A}{R_1} = 0 \quad (1)$$

$$\Leftrightarrow U_A \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right) - U_B \left(\frac{1}{R_2} \right) = I_A \quad (1)$$

Khảo sát tại nút B : theo định luật K₁ ta có

$$i'_1 + i'_2 + i'_3 = 0 \quad (2)$$

Với :

$$i'_1 = I_B$$

$$i'_2 = \frac{U_A - U_B}{R_2}$$

$$i'_3 = \frac{U_0 - U_B}{R_3} = -\frac{U_B}{R_3}$$

Thay i'_1, i'_2, i'_3 vào phương trình (2) ta được :

$$\Rightarrow -\frac{U_A}{R_2} + U_B \left(\frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \right) = I_B \quad (2)$$

Giải phương trình (1) và (2) ta tìm được điện thế tại các nút U_A, U_B . Từ đó ta suy ra dòng điện qua các nhánh I_1, I_2, I_3 . Theo hình vẽ ta có :

$$I_1 = \frac{U_A}{R_1}$$

$$I_2 = \frac{U_A - U_B}{R_2}$$

$$I_3 = \frac{U_B}{R_3}$$

Nhận xét : Để viết được trực tiếp hệ phương trình.

- Trong mạch điện chỉ có nguồn dòng, nếu có nguồn áp ta phải đổi sang nguồn dòng.

Bước 1 : Chọn một nút làm nút gốc và điện thế tại nút gốc xem như bằng 0

Chương 3. Các phương pháp giải mạch điện

Bước 2 : Viết phương trình điện thế nút tại các nút còn lại.

- Điện thế tại một nút nhân với tổng điện dẫn của các phần tử nối tại nút đó (A) trừ đi điện thế của nút kia (B) (nối giữa hai nút) nhân với tổng điện dẫn của phần tử chung giữa 2 nút bằng tổng các nguồn dòng nối tới nút đó (A) (nguồn dòng mang dấu « + » nếu nó đi vào nút và mang dấu « - » nếu đi ra khỏi nút)

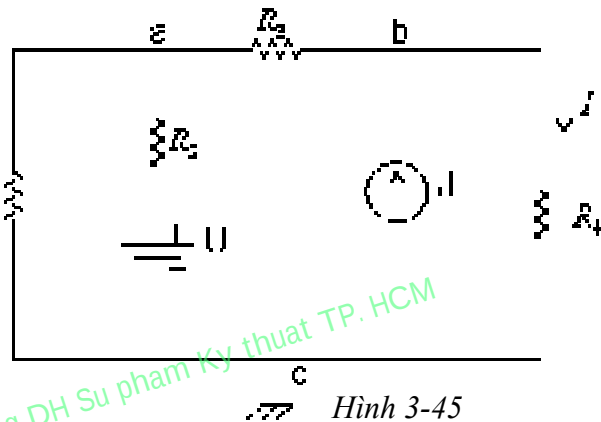
Bước 3 : Giải phương trình tìm điện thế nút

Bước 4 : Tìm dòng các nhánh theo định luật Ohm

Bài 3.36 : Cho mạch điện như hình vẽ (3-45)

Cho biết : $R_1 = 3 \Omega$
 $R_2 = R_4 = 6 \Omega$
 $R_3 = 2 \Omega$
 $U = 12V, J = 4A$

Dùng phương pháp điện thế nút tìm I



Hình 3-45

Lời Giải :

Dùng phương pháp thế nút tại a và b, chọn C làm nút gốc $U_c = 0$

Ta có :

$$\begin{aligned} \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}\right)U_a - \frac{1}{R_2}U_b &= \frac{U}{R_1} \\ -\frac{1}{R_2}U_a - \left(\frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_4}\right)U_b &= -J \\ \left(\frac{1}{3} + \frac{1}{6} + \frac{1}{2}\right)U_a - \frac{1}{2}U_b &= \frac{12}{6} - 2 \\ -\frac{1}{2}U_a + \frac{2}{3}U_b &= -4 \\ 2U_a - U_b &= 4 \end{aligned} \quad (1)$$

$$-3U_a + 4U_b = 24 \quad (2)$$

Từ (1) suy ra $U_b = 2U_a - 4$ thế vào (2)

Ta có $-3U_a + 4(2U_a - 4) = 24$

Chương 3. Các phương pháp giải mạch điện

$$U_a = 8(V)$$

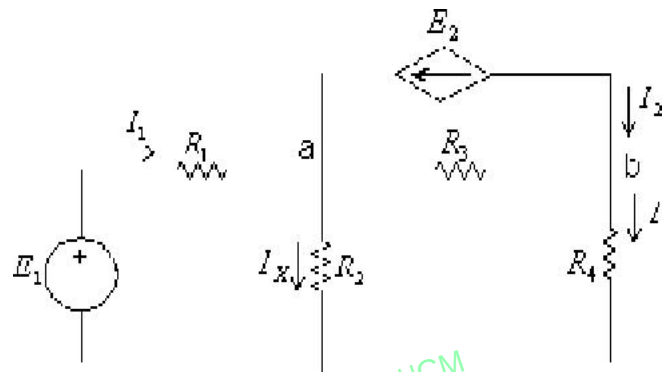
$$U_b = 12(V)$$

$$\text{Vậy : } I = \frac{U_a}{R_1} = \frac{12}{6} = 2(A)$$

Bài 3.37: Cho mạch điện như hình vẽ (3-46)

Cho biết : $R_1 = 3\Omega, R_2 = 4\Omega$
 $R_3 = 7\Omega, R_4 = 3\Omega$
 $E = 4(V), E_2 = 4I_x$

Tìm I và I_1 ?



Hình 3-46

Lời Giải :

Chọn C làm nút gốc $U_C = 0$

Ta có :

$$\left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}\right)u_a - \frac{1}{R_3}u_b = \frac{E_1}{R_1} + E_2$$

$$-\frac{1}{R_3}u_a + \left(\frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4}\right)u_b = -E_2$$

$$\left(\frac{1}{3} + \frac{1}{4} + \frac{1}{7}\right)u_a - \frac{1}{7}u_b = \frac{4}{2} + 4I_x$$

$$-\frac{1}{7}u_a + \left(\frac{1}{3} + \frac{1}{7}\right)u_b = -4I_x$$

$$I_x = \frac{u_a}{4}$$

$$-23u_a - 12u_b = 112$$

$$9u_a + 5u_b = 0$$

$$u_b = 11.4V$$

$$u_a = 80V$$

Chương 3. Các phương pháp giải mạch điện

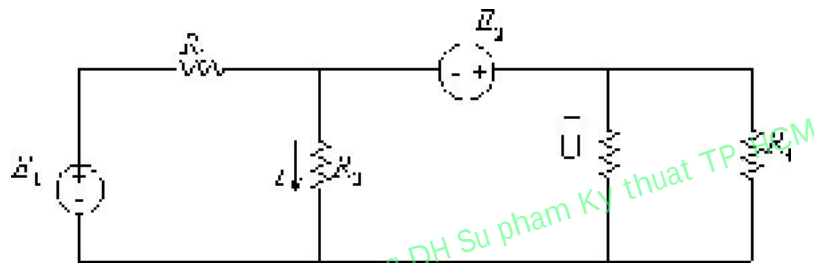
vậy :
$$I = \frac{U_2}{R_1} = \frac{114}{3} = 38A$$

ta có
$$I_1 = I_2 = \frac{U_2 - U_3}{R_1} = I_x = 0$$

Mà
$$I_x = \frac{U_4}{R_2} = \frac{80}{4} = 20A$$

$$I_1 = 26 + 20 + \frac{-44 - 30}{7} = 55,13A$$

Bài 3.38 : Cho mạch điện như hình (3-47)



Hình 3-47

Cho biết :

$$E_1 = 14V, E_2 = 4V$$

$$R_1 = 4\Omega, R_2 = 2\Omega$$

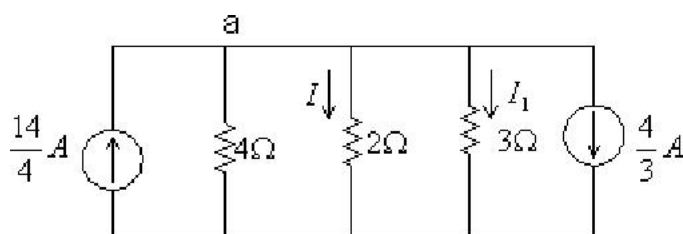
$$R_3 = 12\Omega, R_4 = 4\Omega$$

Tìm U, i ?

Lời Giải

Ta có :
$$R_3 // R_4 \Rightarrow R_{34} = \frac{12 \cdot 4}{16} = 3(\Omega)$$

Mạch được vẽ lại (biến đổi tương đương nguồn áp nối tiếp điện trở thành nguồn dòng mắc song song điện trở)



Chương 3. Các phương pháp giải mạch điện

Thế nút tại a ta có

$$\left(\frac{1}{R_{1n}} + \frac{1}{R_{2n}} + \frac{1}{R_{3n}}\right)u_a = \frac{14}{4} - \frac{1}{3}$$

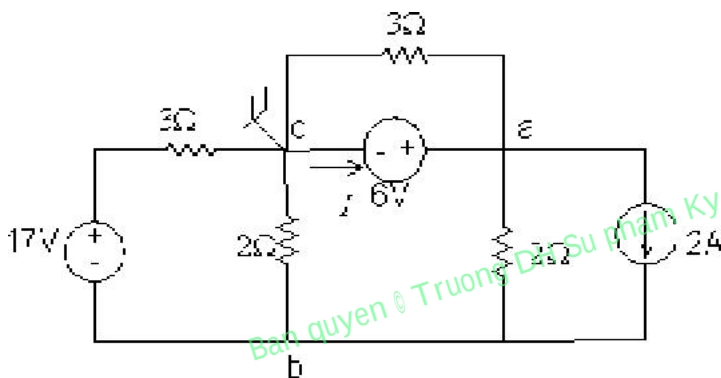
$$\Leftrightarrow 13u_a = 25 \Rightarrow u_a = 2$$

$$\Rightarrow I = \frac{u_a}{2} = 1(A)$$

$$I_1 - \frac{2}{3}(A) \rightarrow I_2 = I_1 - \frac{1}{4-12} - \frac{2}{3} \cdot \frac{1}{4+12} = \frac{1}{6}(A)$$

Vậy : $U = R_3 \cdot I_2 = 2V$

Bài 3.39: Cho mạch điện như hình (3-48)



Hình 3-48

Tìm I

Lời Giải

Áp dụng phương pháp thế nút

Chọn C làm nút gốc

Ta có $U_a = 6V$

Và
$$\left(\frac{1}{2} + \frac{1}{3}\right)U_a - \frac{1}{2}U_2 = -\frac{17}{3} + 2$$

$$U_a = \frac{-17-6}{3} = -3$$

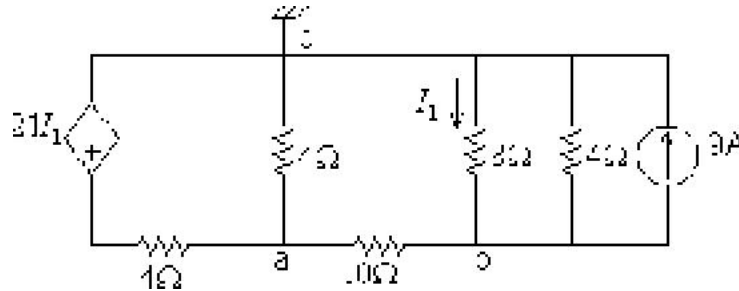
$$U_a = \frac{-11+3}{3} = -\frac{2}{3}$$

Áp dụng định luật K1 tại C

Chương 3. Các phương pháp giải mạch điện

Ta có
$$I = \frac{17}{3} + \frac{7I_1}{4} - \frac{7I_2}{2} = \frac{17}{3} + 5 - \frac{4}{3} = \frac{22}{3} A$$

Bài 3.40: Cho mạch điện như hình vẽ (3-49)



Hình 3-49

Tìm I ?

Lời Giải

Áp dụng phương pháp điện thế nút

Chọn c làm nút gốc $U_c = 0$

Ta có

$$\left(\frac{1}{4} + \frac{1}{4} + \frac{1}{10}\right)U_a - \frac{1}{10}U_b = 2I$$

$$\left(\frac{1}{10}\right)U_a - \left(\frac{1}{2} + \frac{1}{8} + \frac{1}{10}\right)U_b = -9$$

mà theo hình ta có $I = \frac{7I_1}{3}$

$$24U_a - 4U_b = -25U_a$$

$$-4U_a - 19U_b = -360$$

$$U_a = 14V$$

$$U_b = -16V$$

$$\text{vậy } I = -\frac{7I_1}{3} = 2A$$

Chương 3. Các phương pháp giải mạch điện

Bài 3.41: cho mạch điện như hình (3-50)

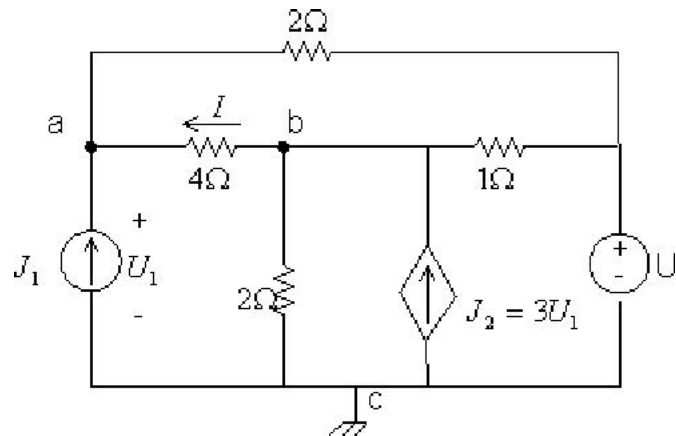
Cho biết

$$U=4V$$

$$J_1 = 3U_1(A)$$

$$J_2 = 2(A)$$

Tìm công suất tiêu thụ trên điện trở 4 ohm



Hình 3-50

Lời Giải

Áp dụng phương pháp điện thế nút

Chọn C làm nút gốc

Ta có

$$\left(\frac{1}{2} + \frac{1}{4}\right)U_a - \frac{1}{4}U_b - \frac{1}{2}U_c = 2$$

$$-\frac{1}{2}U_a - \left(\frac{1}{2} + \frac{1}{4}\right)U_b + U_c = 3U_1$$

Mà $U_c = 4V, U_1 = U_2$

$$3U_a - U_b - 4.2 = 8$$

$$-U_a + 7U_b - 16 = 12U_a$$

$$\Rightarrow \begin{cases} 3U_a - U_b = 16 \\ -13U_a + 7U_b = 16 \end{cases}$$

$$\Rightarrow U_a = 16V$$

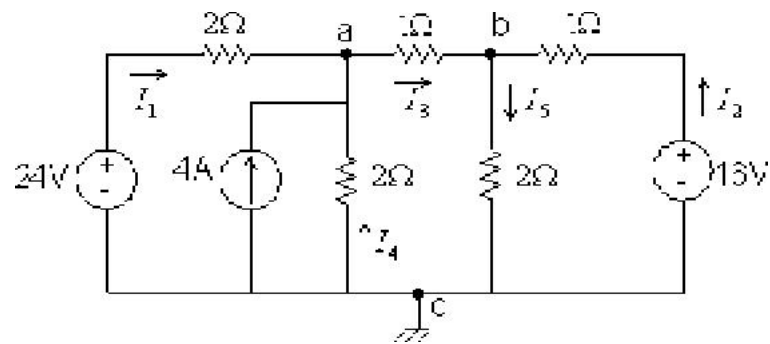
$$\Rightarrow U_b = 32V$$

Suy ra : $I = \frac{U_a - U_b}{4} = 4(A)$

Vậy : $P = RI^2 = 4.4^2 = 64W$

Chương 3. Các phương pháp giải mạch điện

Bài 3.42: Cho mạch điện như hình (3-51)



Hình 3-51

Tìm I_1, I_2, I_3, I_4, I_5 ?

Lời Giải

Áp dụng phương pháp thế nút

Chọn C làm gốc

Ta có

$$\Rightarrow \begin{cases} (\frac{1}{2} + \frac{1}{2} + 1)U_a - U_b = 12 + 4 \\ -U_a + (1 + 1 + \frac{1}{2})U_b = 16 \end{cases}$$

$$\Rightarrow \begin{cases} 2U_a - U_b = 16 \\ -2U_a + 5U_b = 32 \end{cases}$$

$$\Rightarrow \begin{aligned} U_a &= 10(V) \\ U_b &= 4(V) \end{aligned}$$

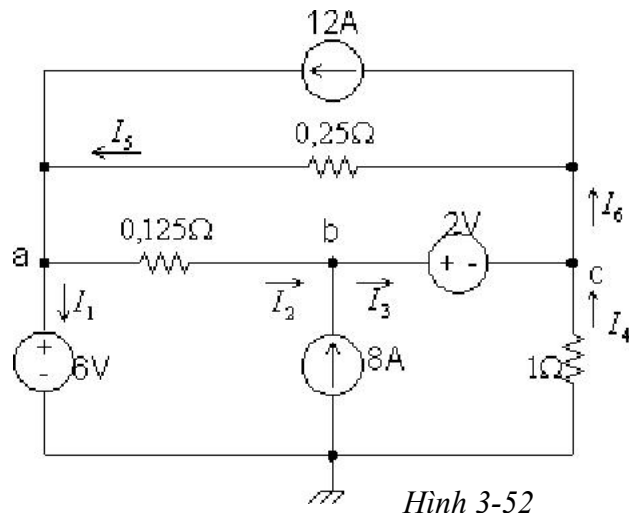
vậy : $I_1 = \frac{10}{2} = 5A$

$$I_2 = 4A \quad I_3 = \frac{10 - 4}{1} = 6A$$

$$I_4 = -\frac{U_a}{2} = -5A \quad I_5 = \frac{4}{2} = 2A$$

Chương 3. Các phương pháp giải mạch điện

Bài 3.43: Cho mạch điện như hình (3-52)



Hình 3-52

Tìm $I_1, I_2, I_3, I_4, I_5, I_6$?

Lời Giải

Ta có : $U_b - U_c = 2 \Rightarrow U_c = U_b - 2$

$$U_a = 6(V) \quad I_4 = -1 U_c$$

$$\Rightarrow I_2 = \frac{U_a - U_b}{0,125} = 8(6 - U_b)$$

$$\Rightarrow I_3 = 12 + 8$$

$$\Rightarrow I_6 = I_3 + I_4 = I_3 - 1 U_c \Rightarrow I_6 = 12 + I_5$$

$$\Rightarrow I_5 = \frac{U_c - U_a}{0,25} = 4(U_c - 6)$$

$$\text{suy ra : } I_3 - U_c = 12 + I_5 = 12 + 4(U_c - 6)$$

$$\Rightarrow I_2 + 8 = 12 + 5U_c - 24$$

$$\Rightarrow 8(6 - U_b) = -20 + 5U_c$$

$$\Leftrightarrow 48 - 8U_b - 5(U_b - 2) + 20 = 0$$

$$\Leftrightarrow 78 - 13U_b = 0$$

$$\Rightarrow U_b = 6 \text{ V}$$

$$\Rightarrow U_c = 6 - 2 = 4 \text{ V}$$

vậy :

$$I_2 = \frac{6 - 6}{0,125} = 0$$

$$I_3 = 0 + 8 = 8(A)$$

$$I_4 = -1 I_c = -4(A)$$

Chương 3. Các phương pháp giải mạch điện

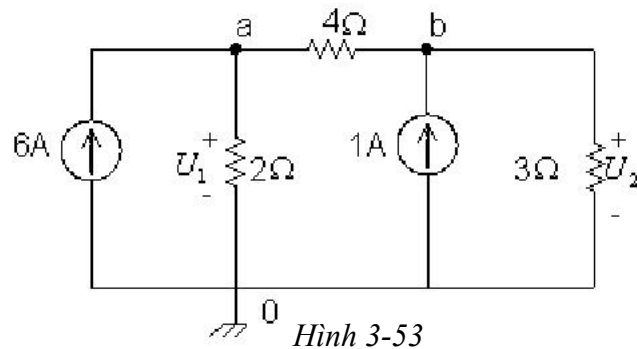
$$I_e = 8 - 4 = 4(A)$$

$$I_2 = 4(4 - 6) = -8(A)$$

$$I_1 = 12 + (-3) = 9(A)$$

Bài 3.44 : Cho mạch điện như hình (3-53)

Tìm U_1 và U_2



Hình 3-53

Lời Giải

Nút a : $\left(\frac{1}{2} + \frac{1}{4}\right)V_a - \frac{1}{4}V_b = 0$

Nút b : $-\frac{1}{4}V_a + \left(\frac{1}{4} + \frac{1}{3}\right)V_b = 1$

$$\Leftrightarrow \begin{cases} \frac{3}{4}V_a - \frac{1}{4}V_b = 6 \\ -\frac{1}{4}V_a + \frac{7}{12}V_b = 1 \end{cases}$$

suy ra

$$\Delta = \begin{vmatrix} \frac{3}{4} & -\frac{1}{4} \\ -\frac{1}{4} & \frac{7}{12} \end{vmatrix} = \frac{3}{8}$$

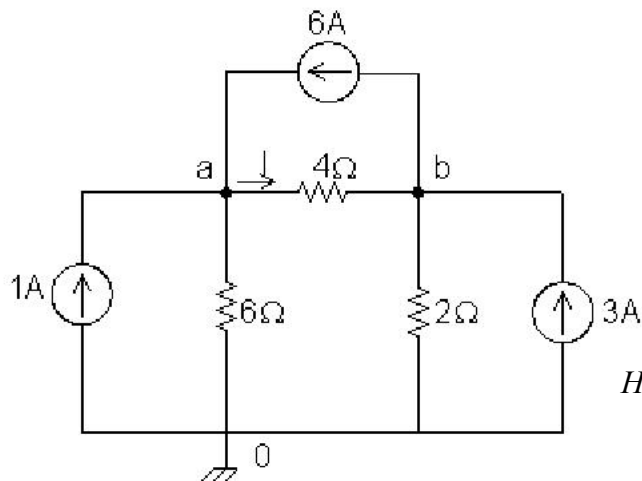
$$V_a = \frac{\begin{vmatrix} 6 & -\frac{1}{4} \\ 1 & \frac{7}{12} \end{vmatrix}}{\Delta} = \frac{6 \cdot \frac{7}{12} + \frac{1}{4}}{\Delta} = \frac{15}{4} \cdot \frac{8}{3} = 10(V)$$

$$V_b = \frac{\begin{vmatrix} \frac{3}{4} & 6 \\ -\frac{1}{4} & 1 \end{vmatrix}}{\Delta} = \frac{9}{3} \cdot \frac{8}{3} = 6(V)$$

Vậy : $V_a = V_1 = 10V$
 $V_b = V_2 = 6V$

Chương 3. Các phương pháp giải mạch điện

Bài 3.45 : Cho mạch điện như hình (3-54)



Hình 3-54

Tìm I

Lời Giải

Nút a : $\left(\frac{1}{4} + \frac{1}{6}\right)V_a - \frac{1}{4}V_b = 1 + 6 = 7$

Nút b : $-\frac{1}{4}V_a + \left(\frac{1}{4} + \frac{1}{2}\right)V_b = 3 - 6 = -3$

$$\begin{cases} \frac{5}{12}V_a - \frac{1}{4}V_b = 7 \\ -\frac{1}{4}V_a + \frac{3}{4}V_b = -3 \end{cases}$$

$$\Delta = \begin{vmatrix} \frac{5}{12} & -\frac{1}{4} \\ -\frac{1}{4} & \frac{3}{4} \end{vmatrix} = \frac{5}{12} \cdot \frac{3}{4} - \frac{1}{4} \cdot \frac{1}{4} = \frac{1}{4}$$

$$V_a = \frac{\begin{vmatrix} 7 & -\frac{1}{4} \\ -3 & \frac{3}{4} \end{vmatrix}}{\Delta} = \frac{7 \cdot \frac{3}{4} - \frac{3}{4}}{\frac{1}{4}} = \frac{9}{2} = 4.5(V)$$

$$V_b = \frac{\begin{vmatrix} \frac{5}{12} & 7 \\ -\frac{1}{4} & -3 \end{vmatrix}}{\Delta} = \frac{-\frac{15}{12} \cdot 3 + \frac{1}{4} \cdot 7}{\frac{1}{4}} = \frac{1}{2} = 0.5(V)$$

$$I = \frac{V_a - V_b}{4} = \frac{4.5 - 0.5}{4} = 1A$$

Chương 3. Các phương pháp giải mạch điện

§3.5. PHƯƠNG PHÁP DÒNG MÁT LƯỚI (DÒNG ĐIỆN MẠCH VÒNG)

Bước 1 : Đặt ẩn số là dòng điện mất lưới tức là những dòng điện tưởng tượng coi như chạy khép kín theo các lối đi của vòng độc lập

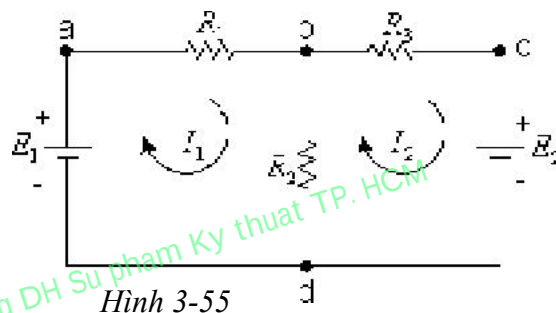
Bước 2 : viết định luật K₂ cho dòng 1 về là tổng đại số các suất điện động có trong vòng ấy về kia là tổng đại số các điện áp rơi trên mỗi nhánh gây ra bởi các dòng điện mất lưới chạy qua của lối đi vòng

Bước 3 : Giải hệ phương trình tìm dòng mất lưới

Bước 4 : Tìm dòng điện nhánh bằng tổng đại số các dòng mất lưới chạy qua

Bài 3-46 : Cho mạch điện như hình (3-55)

Tính I_{R1} , I_{R2} , I_{R3}



Lời Giải

Ta chọn 2 dòng điện lưới I_1 , I_2 có chiều như hình vẽ

Lưới 1 (a , b, c ,d)

Lưới 2 (b , c , d, b)

I_1 , I_2 chọn chiều tùy ý

Khảo sát lưới 1 : $U_{ab} + U_{bd} + U_{da} = 0$

$$U_{ab} = I_1 \cdot R_1$$

$$U_{bd} = (I_1 - I_2) R_2$$

$$U_{da} = - E_1$$

Suy ra $I_1 R_1 + (I_1 - I_2) R_2 - E_1 = 0$

$$I_1(R_1 + R_2) - I_2 R_2 = E_1 \text{ (lưới 1)}$$

Khảo sát lưới 2 : $U_{bc} + U_{cd} + U_{db} = 0$

$$U_{bc} = I_2 R_3$$

Chương 3. Các phương pháp giải mạch điện

$$U_{cd} = E_2$$

$$U_{db} = (I_2 - I_1) R_2$$

Suy ra $-I_1 R_2 + I_2 (R_3 + R_2) = -E_2$ (phương trình lưới 2)

Từ đây ta có hệ phương trình lưới

$$I_1 (R_1 + R_2) - I_2 R_2 = E_1 \quad (1)$$

$$-I_1 R_2 + I_2 (R_2 + R_3) = -E_2 \quad (2)$$

Giải hệ phương trình (1) và (2) ta tìm được I_1 và I_2 . Từ dòng điện lưới ta suy ra dòng điện qua các nhánh:

$$I_{R1} = I_1$$

$$I_{R2} = I_1 - I_2$$

$$I_{R3} = I_2$$

Điều kiện để viết trực tiếp : thì mạch phải có nguồn áp , phương trình lưới phải chọn cùng chiều (thường là cùng chiều quay đồng hồ)

$R_1 + R_2$: là tổng các phần tử điện trở trong lưới 1

R_2 : điện trở của phần tử chung lưới 1 và lưới 2

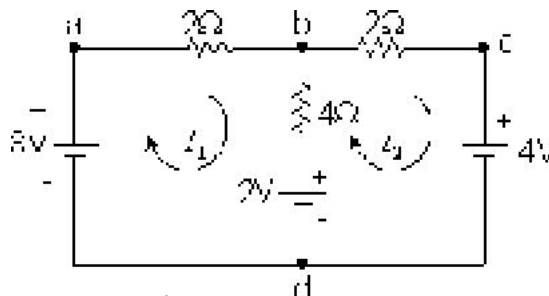
E_1 : tổng suất điện động trong lưới 1 : nó mang dấu dương (+) nếu dòng điện lưới chảy ra từ đầu dương của nguồn và mang dấu trừ (-) nếu như dòng điện lưới chảy ra từ đầu âm của nguồn

$R_2 + R_3$: tổng điện trở các phần tử trong lưới 2

E_2 : tổng suất điện động trong lưới 2

Bài 3-47: Cho mạch điện như hình (3-56)

Tính I_{R1} , I_{R2} , I_{R3}



Hình 3-56

Chương 3. Các phương pháp giải mạch điện

Lời Giải

$$\text{Lưới 1 : } I_1 (2 + 4) - I_2 \cdot 4 = 8 - 2 = 6$$

$$\text{Lưới 2 : } -I_1 \cdot 4 + I_2 (2 + 4) = 2 - 4 = -2$$

Ta có

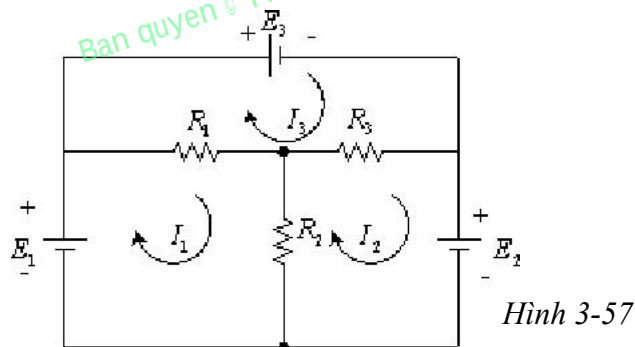
$$\Delta = \begin{vmatrix} 6 & -4 \\ -4 & 6 \end{vmatrix} = 36 - 16 = 20$$

$$I_1 = \frac{\begin{vmatrix} 6 & -4 \\ -2 & 6 \end{vmatrix}}{\Delta} = \frac{36 - 8}{20} = 1,4A$$

$$I_2 = \frac{\begin{vmatrix} 6 & 6 \\ -4 & -2 \end{vmatrix}}{\Delta} = \frac{-12 + 24}{20} = 0,6A$$

Trường hợp 3 vòng mắt lưới

Cho mạch điện như hình (3-57)



Chọn chiều 3 dòng điện như hình vẽ

$$I_{R1} = I_1 - I_3$$

$$I_{R2} = I_1 - I_2$$

$$I_{R3} = I_2 - I_3$$

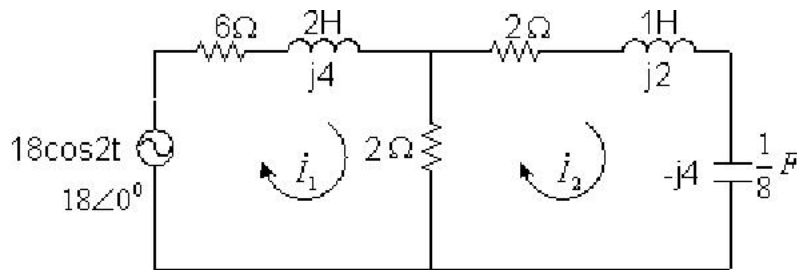
$$\text{Lưới 1 : } I_1 (R_1 + R_2) - I_2 R_2 - I_3 R_1 = E_1$$

$$\text{Lưới 2 : } -I_1 R_2 + I_2 (R_2 + R_3) - I_3 R_3 = -E_2$$

$$\text{Lưới 3 : } -I_1 R_1 - I_2 R_3 + I_3 (R_1 + R_3) = -E_3$$

Chương 3. Các phương pháp giải mạch điện

Bài 3-48: Cho mạch điện như hình vẽ (3-58)



Hình 3-58

Viết phương trình lưới 1 và lưới 2

$$\begin{cases} i_1(6 + j4 + 2) - i_2 \cdot 2 = 18\angle 0^\circ \\ -i_1 \cdot 2 + i_2(2 + 2 + j2 - j4) = 0 \end{cases}$$

$$\Delta = \begin{vmatrix} 8 + j4 & -2 \\ -2 & 4 - j2 \end{vmatrix} = 32 - j16 + j16 + 8 - 4 = 36$$

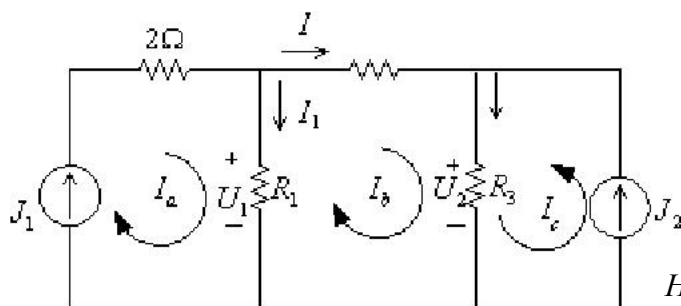
$$i_1 = \frac{\begin{vmatrix} 18 & -2 \\ 0 & 4 - j2 \end{vmatrix}}{\Delta} = \frac{18(4 - j2)}{36} = 2 - j = \sqrt{5}\angle -26^\circ$$

Suy ra : $i_1 = \sqrt{5} \cos(2t - 26^\circ)$ (A)

$$i_2 = \frac{\begin{vmatrix} 8 + j4 & 18 \\ -2 & 0 \end{vmatrix}}{\Delta} = \frac{36}{36} = 1$$

Suy ra : $i_2 = \cos 2t$

Bài 3-49: Cho mạch điện như hình (3-59)



Hình 3-59

Chương 3. Các phương pháp giải mạch điện

Cho biết :

$$J_1 = 9A, J_2 = 3A$$

$$R_1 = 8\Omega, R_2 = 16\Omega$$

$$R_3 = 12\Omega$$

Tìm I, U_1, U_2 ?

Lời giải

$$\text{Ta có } J_1 = I_a = 9(A), I_c = 3(A)$$

Áp dụng phương pháp dòng mắt lưới

$$\text{Ta có : } (R_1 + R_2 + R_3)I_b - 8I_a + 12I_c = 0$$

$$\Rightarrow 36I_b - 72 + 36 = 0$$

$$\Rightarrow I_b = 1(A)$$

$$\text{Ta có } I_1 = I_a - I_b = 9 - 1 = 8(A)$$

$$\Rightarrow U_1 = I_1 R_1 = 8 \cdot 8 = 64(V)$$

$$\text{Ta cũng có : } I_2 = I_b + I_c = 3 + 1 = 4(A)$$

$$\Rightarrow U_2 = R_3 I_2 = 12 \cdot 4 = 48(V)$$

$$\Rightarrow I = I_b = 1(A)$$

Ban quyền © Truong DH Su pham Ky thuat TP. HCM

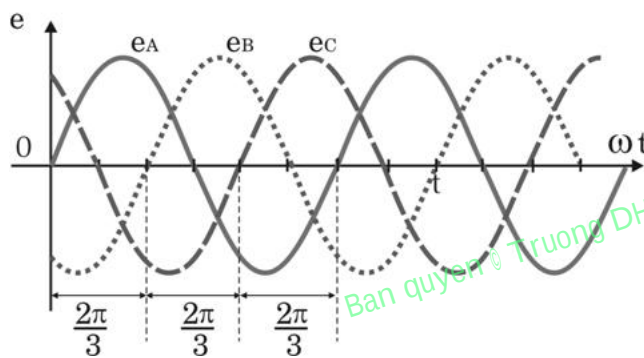
Chương 4. Mạch điện xoay chiều ba pha

CHƯƠNG 4 MẠCH ĐIỆN XOAY CHIỀU BA PHA

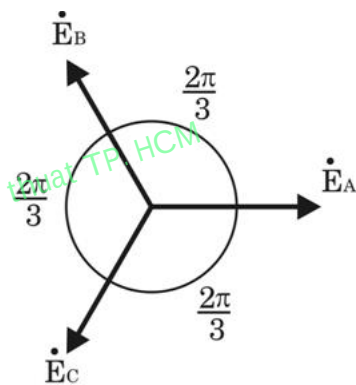
§4.1. KHÁI NIỆM CHUNG VỀ MẠCH ĐIỆN XOAY CHIỀU BA PHA

4.1.1. Định nghĩa:

Nguồn điện xoay chiều ba pha là một hệ thống gồm 3 sức điện động một pha có cùng biên độ, cùng tần số, nhưng lệch pha nhau 120° hay $\frac{1}{3}$ chu kỳ. Mạch điện ba pha gồm nguồn điện 3 pha, đường dây truyền tải và tải 3 pha.



Hình 4-1a



Hình 4-1b

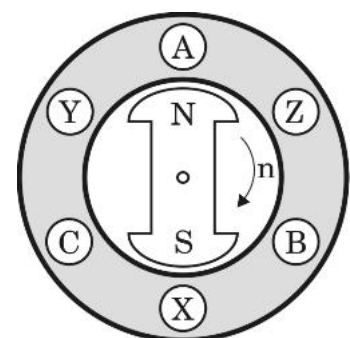
Hình 4-1

4.1.2. Cách tạo ra dòng điện xoay chiều ba pha:

Để tạo ra dòng điện xoay chiều 3 pha người ta dùng máy phát điện đồng bộ 3 pha, cấu tạo gồm:

- Phần tĩnh (stator) gồm có 3 cuộn dây AX, BY, CZ đặt lệch nhau 120° ($\frac{2\pi}{3}$) trong không gian, gọi là dây quấn pha A, B, C.
- Phần quay (rotor) là một nam châm điện có cực N – S.
- Khi quay, từ trường của rotor lần lượt quét qua các cuộn dây trên stator và cảm ứng thành các sức điện động sin cùng tần số, cùng biên độ, lệch pha nhau 120° .
- Biểu thức tức thời của 3 sức điện động:

Pha A:
$$e_A = E \cdot \sqrt{2} \cdot \sin \omega t$$



Hình 4-2

Chương 4. Mạch điện xoay chiều ba pha

Pha B: $e_B = E \cdot \sqrt{2} \cdot \sin(\omega t - \frac{2\pi}{3})$

Pha C: $e_C = E \cdot \sqrt{2} \cdot \sin(\omega t - \frac{2\pi}{3}) = E \cdot \sqrt{2} \cdot \sin(\omega t + \frac{2\pi}{3})$

Chuyển sang hiệu dụng phức:

- $\dot{E}_A = E \cdot e^{j0^\circ} = E \angle 0^\circ$

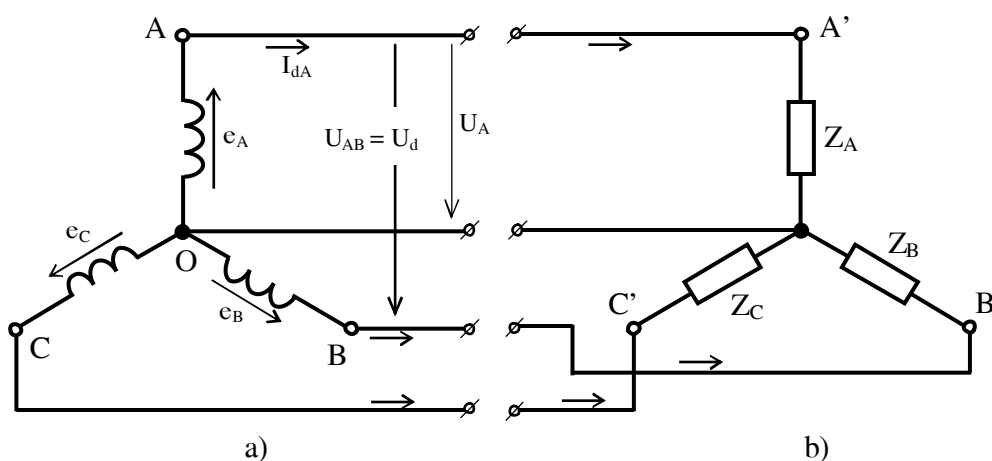
- $\dot{E}_B = E \cdot e^{-j2\pi/3} = E \angle -120^\circ$

- $\dot{E}_C = E \cdot e^{j2\pi/3} = E \angle 120^\circ$

§4.2. CÁCH NỐI MẠCH BA PHA

4.2.1. Nối hình Sao (Y):

- Mạch điện ba pha mắc hình sao là đầu ba điểm cuối X, Y, Z thành một điểm chung gọi là điểm trung tính (điểm 0).
- Dây dẫn nối với các điểm đầu A, B, C gọi là dây pha.
- Dây dẫn nối với điểm 0 gọi là dây trung tính hay dây trung hoà.
- Nếu mạch chỉ có ba dây pha A, B, C gọi là mạch ba pha ba dây. Còn nếu có cả dây trung hoà A, B, C, O thì gọi là mạch ba pha bốn dây (hình 4-3).
- Dòng điện đi trong các cuộn dây pha gọi là dòng điện pha: I_p .
- Dòng điện đi trên các dây pha gọi là dòng điện dây: I_d .
- Dòng điện đi trong dây trung tính ký hiệu là: I_0 .
- Điện áp giữa hai đầu cuộn dây pha gọi là điện áp pha: U_p .
- Điện áp giữa hai dây pha gọi là điện áp dây: U_d .



Hình 4-3. Máy phát và phụ tải mắc hình sao

Quan hệ giữa các đại lượng dây và pha

Theo như sơ đồ hình sao (hình 4-3).

Chương 4. Mạch điện xoay chiều ba pha

- Dòng điện đi trong cuộn dây pha chính là dòng điện đi trên dây pha tương ứng. Suy ra dòng điện dây bằng dòng điện pha:

$$I_d = I_p.$$

- Điện áp dây bằng hiệu hai điện áp pha tương ứng. Hình 4-3c vẽ đồ thị vector hệ điện áp ba pha đầu sao đối xứng. Từ hình vẽ ta thấy:

Từ hình 4.3-(a) ta thấy: U_{AB}, U_{BC}, U_{CA} quan hệ với U_A, U_B, U_C như sau:

$$\dot{U}_{AB} = \dot{U}_A - \dot{U}_B$$

$$\dot{U}_{BC} = \dot{U}_B - \dot{U}_C$$

$$\dot{U}_{CA} = \dot{U}_C - \dot{U}_A$$

Xét tam giác OAB ta thấy:

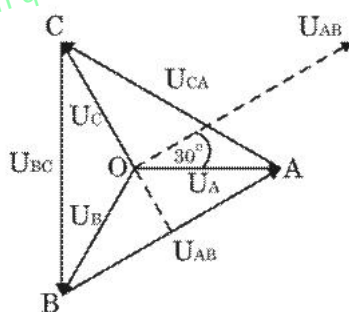
$$AB = 2.OA.\cos 30^\circ = 2.OA.\frac{\sqrt{3}}{2} = \sqrt{3}.OA$$

AB là điện áp dây U_d , OA là điện áp pha U_p

- Về góc pha: Điện áp dây vượt trước điện áp pha tương ứng một góc 30° .

- Về trị số: Điện áp dây bằng $\sqrt{3}$ lần điện áp pha.

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

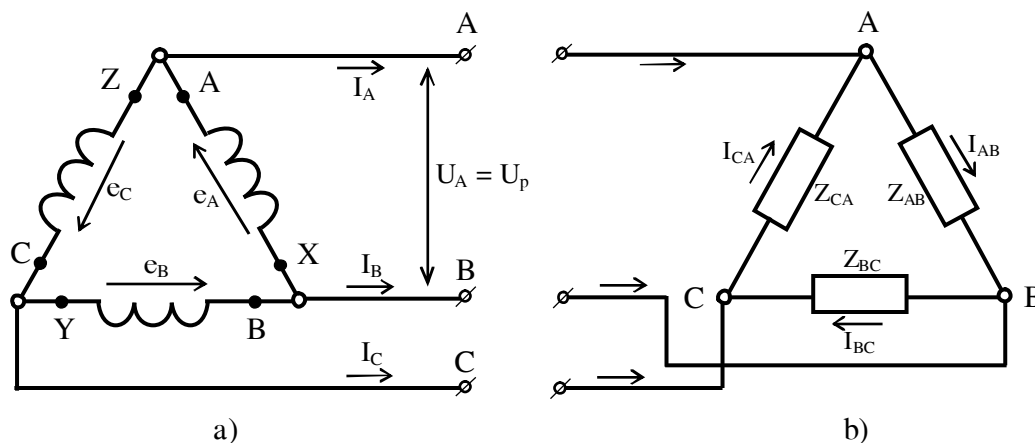


Hình 4.3.c)

4.2.2. Nối hình tam giác (Δ)

Mạch ba pha mắc hình tam giác là lấy điểm cuối pha A đầu vào đầu pha B, cuối pha B vào đầu pha C và cuối cuộn pha C đầu vào đầu pha A tạo một mạch vòng hình tam giác và ba đỉnh tam giác nối với ba dây dẫn gọi là ba dây pha (hình 4-4).

Chương 4. Mạch điện xoay chiều ba pha



Hình 4-4. Máy phát và phụ tải mắc hình tam giác

Quan hệ giữa các đại lượng điện áp, dòng điện dây và pha.

Theo sơ đồ đầu tam giác (hình 4-4).

- Điện áp đặt vào đầu mỗi pha chính là điện áp dây:

$$U_d = U_p$$

- Theo định luật Kirchhoff 1 tại ba đỉnh A, B, C:

$$\dot{I}_A = \dot{I}_{AB} - \dot{I}_{CA}$$

$$\dot{I}_B = \dot{I}_{BC} - \dot{I}_{AB}$$

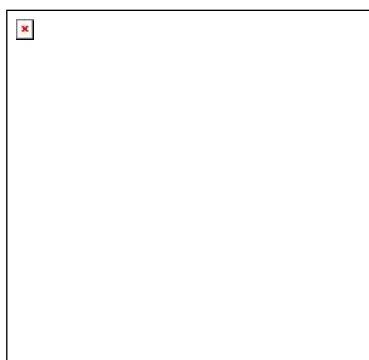
$$\dot{I}_C = \dot{I}_{CA} - \dot{I}_{BC}$$

Dòng điện dây bằng hiệu hai dòng điện pha tương ứng. Hình 4.4c vẽ đồ thị vector dòng điện ba pha đầu sao đối xứng. Từ hình vẽ ta thấy:

+ Về góc pha: Dòng điện dây chậm pha sau dòng điện pha một góc 30° .

+ Về trị số: Dòng điện dây bằng $\sqrt{3}$ lần dòng điện pha:

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



(Hình 4.4c)

Chương 4. Mạch điện xoay chiều ba pha

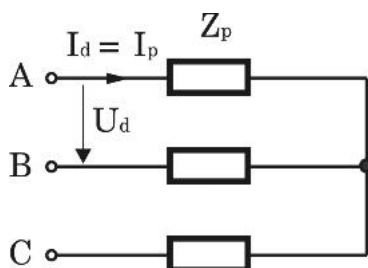
§4.3. CÁCH GIẢI MẠCH BA PHA

4.3.1. Mạch ba pha đối xứng:

Mạch điện 3 pha đối xứng có dòng điện các pha có trị số bằng nhau về độ lớn nhưng lệch pha nhau 120° . Khi giải mạch điện 3 pha đối xứng ta tách từng pha riêng rẽ để tính. Ta có một số trường hợp thường gặp:

a. Tải nối hình Y đối xứng:

❖ Khi không xét đến tổng trở đường dây pha:



Hình 4.5

- Điện áp đặt lên mỗi pha của tải là:

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

- Tổng trở pha của tải:

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

- Dòng điện pha của tải:

$$I_p = \frac{U_p}{Z_p} = \frac{U_d}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{R_p^2 + X_p^2}}$$

- Góc lệch pha φ giữa U_p và I_p :

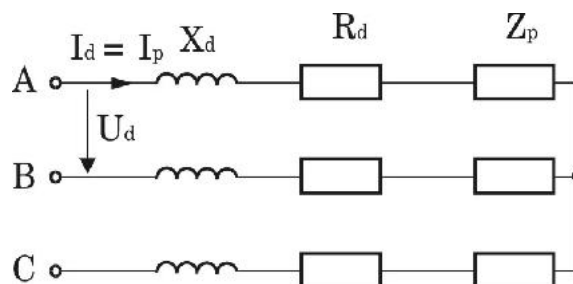
$$\varphi = \arctg \frac{X_p}{R_p}$$

- Vì tải nối Y nên $I_d = I_p$

❖ Khi có xét đến tổng trở đường dây pha:

Cách tính toán cũng tương tự như trên, nhưng ta gộp tổng trở đường dây với tổng trở pha của tải

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

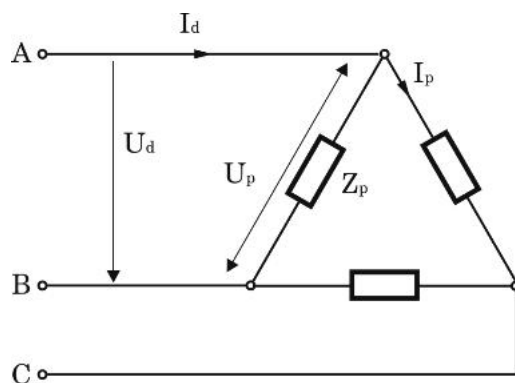


Hình 4.6

Chương 4. Mạch điện xoay chiều ba pha

b. Tải nối tam giác đối xứng:

❖ **Khi không xét đến tổng trở đường dây pha:**



Hình 4.7

- Điện áp đặt lên mỗi pha của tải bằng điện áp dây:

$$U_d = U_p$$

- Tổng trở pha của tải:

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

- Dòng điện pha của tải:

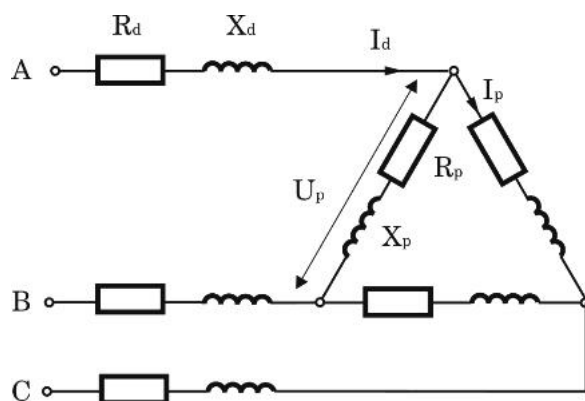
$$I_p = \frac{U_p}{Z_p} = \frac{U_d}{\sqrt{R_p^2 + X_p^2}}$$

- Góc lệch pha φ giữa U_p và I_p :

$$\varphi = \arctg \frac{X_p}{R_p}$$

- Vì tải nối Δ nên $I_d = \sqrt{3} \cdot I_p$

❖ **Khi có xét đến tổng trở đường dây pha:**



Hình 4.8

Chương 4. Mạch điện xoay chiều ba pha

Biến đổi tương đương từ $\Delta \rightarrow Y$ rồi giải tương tự

- Tổng trở mỗi pha khi nối tam giác:

$$\bar{Z}_{\Delta} = R_p + j.X_p$$

- Biến đổi sang Y:

$$\bar{Z}_Y = \frac{\bar{Z}_{\Delta}}{3} = \frac{R_p}{3} + j.\frac{X_p}{3}$$

- Dòng điện dây của tải:

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

- Dòng điện pha của tải

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

4.3.2. Công suất mạch ba pha đối xứng:

Đối với mạch ba pha đối xứng.

Do trị số dòng điện hiệu dụng, điện áp và góc lệch pha ở ba pha như nhau nên Công suất của các pha cũng bằng nhau.

- Công suất tác dụng ba pha.

$$P_{3\text{pha}} = 3.P_{1\text{f}} = 3.U_p.I_p \cdot \cos\varphi = \sqrt{3} U_d \cdot I_d \cdot \cos\varphi = 3 R_p \cdot I_p^2$$

- + Nếu mạch ba pha đấu sao thì:

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

$$I_d = I_p$$

- + Nếu mạch đấu tam giác thì:

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

$$U_d = U_p$$

- Công suất phản kháng ba pha.

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

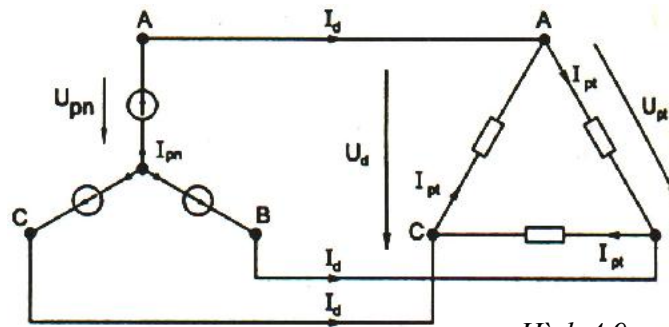
- Công suất biểu kiến ba pha.

$$S_{3P} = 3 U_p \cdot I_p = \sqrt{3} U_d \cdot I_d = \sqrt{P^2 + Q^2}$$

Ví dụ 4.1: Cho một mạch điện 3 pha, nguồn điện nối hình sao, tải nối hình tam giác. Điện áp pha của nguồn là $U_{pn} = 200V$, tổng trở pha tải $\bar{Z}_p = 4 + j 3 (\Omega)$

- Tính điện áp pha tải, I_p và I_d .
- Tính công suất tác dụng, công suất phản kháng và công suất biểu kiến trên tải 3 pha.

Chương 4. Mạch điện xoay chiều ba pha



Hình 4.9

Lời Giải

Vì nguồn nối hình sao nên $U_d = \sqrt{3} U_{pn} = 200\sqrt{3} \text{ (V)}$

Vì tải nối tam giác nên $U_p = U_d = 200\sqrt{3} \text{ (V)}$

Dòng điện pha của tải:

$$I_p = \frac{U_p}{Z_p} = \frac{U_d}{\sqrt{R_p^2 + X_p^2}} = \frac{200\sqrt{3}}{\sqrt{4^2 + 3^2}} = 40\sqrt{3} \text{ (A)}$$

Vì tải nối Δ nên $I_d = \sqrt{3} \cdot I_p = 120 \text{ (A)}$

Công suất tác dụng ba pha.

$$P_{3\text{ pha}} = 3 \cdot P_{1\text{ f}} = 3 \cdot U_p \cdot I_p \cdot \cos \varphi = \sqrt{3} U_d \cdot I_d \cdot \cos \varphi = 3 R_p \cdot I_p^2 = 3 \cdot 4 \cdot (40\sqrt{3})^2 = 57600 \text{ W}$$

Công suất phản kháng ba pha.

$$Q_{3\text{ p}} = 3 \cdot U_p \cdot I_p \cdot \sin \varphi = \sqrt{3} U_d \cdot I_d \cdot \sin \varphi = 3 X_p \cdot I_p^2 = 3 \cdot 3 \cdot (40\sqrt{3})^2 = 43200 \text{ Var}$$

Công suất biểu kiến ba pha.

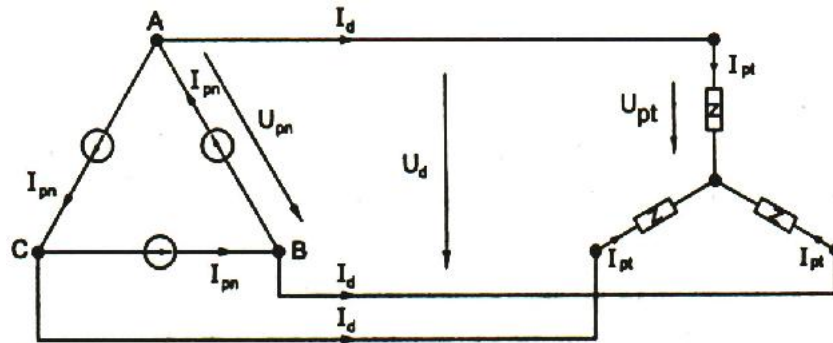
$$S_{3\text{ p}} = 3 U_p \cdot I_p = \sqrt{3} U_d \cdot I_d = \sqrt{P^2 + Q^2} = 3 \cdot 200\sqrt{3} \cdot 40\sqrt{3} = 72000 \text{ VA}$$

Ví dụ 4.2: Cho mạch điện 3 pha, tải nối sao, nguồn nối tam giác. Nguồn và tải đều đối xứng. Dòng điện pha của tải là $I_{pt} = 50 \text{ A}$, điện áp pha của tải là $U_{pt} = 220 \text{ V}$.

- Hãy vẽ sơ đồ nối dây mạch 3 pha trên, ghi rõ các đại lượng trên sơ đồ.
- Tính dòng điện pha và điện áp pha của nguồn I_{pn} và U_{pn} .

Lời giải:

Chương 4. Mạch điện xoay chiều ba pha



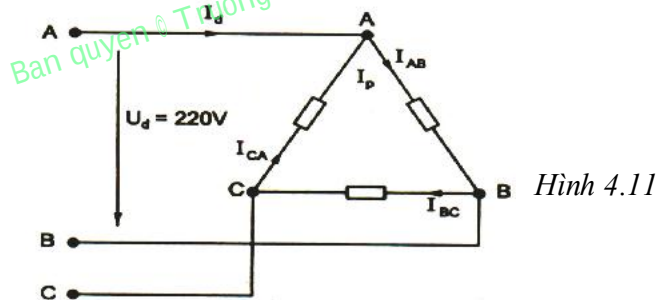
Hình 4.10

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

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

$$I_{ph} = \frac{I_d}{\sqrt{3}} = \frac{50}{\sqrt{3}} = 28,86(A)$$

Ví dụ 4.3: Một tải 3 pha có điện trở mỗi pha $R_p = 6\Omega$, điện kháng pha $X_p = 8\Omega$, nối tam giác, đấu vào mạng điện có $U_d = 220V$.



Hình 4.11

- Tính dòng điện pha I_p , dòng điện dây I_d
- Tính công suất tác dụng, công suất phản kháng và công suất biểu kiến trên tải 3 pha.

Lời giải:

$$U_p = U_d = 220(V)$$

Tổng trở pha của tải:

$$Z_p = \sqrt{R_p^2 + X_p^2} = \sqrt{6^2 + 8^2} = 10(\Omega)$$

Dòng điện pha của tải:

$$I_p = \frac{U_p}{Z_p} = \frac{220}{10} = 22(A)$$

Dòng điện dây của tải:

$$I_d = \sqrt{3} \cdot I_p = 22\sqrt{3}(A)$$

Hệ số công suất của tải:

$$\cos \varphi = \frac{R_p}{Z_p} = \frac{6}{10} = 0,6 \quad \Rightarrow \sin \varphi = 0,8$$

Công suất tải tiêu thụ:

Chương 4. Mạch điện xoay chiều ba pha

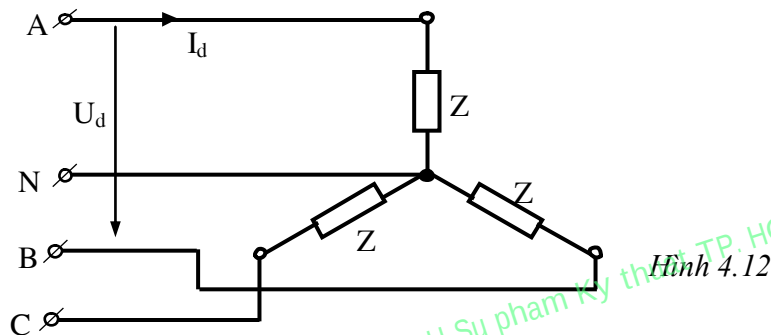
$$P = 3.U_p.I_p.\cos\varphi = 3.220.22.0,6 = 8712(W)$$

$$Q = 3.U_p.I_p.\sin\varphi = 3.220.22.0,8 = 11616(VAR)$$

$$S = 3.U_p.I_p = 3.220.22 = 14520(VA)$$

Ví dụ 4.4: Cho mạch điện 3 pha tải nối hình sao đối xứng đầu vào mạng điện 3 pha có điện áp dây là 380V, điện trở $R = 20\Omega$, điện kháng $X_L = 15\Omega$.

- Tính dòng điện pha I_p và dòng điện dây I_d
- Tính công suất tác dụng, công suất phản kháng và công suất biểu kiến trên tải 3 pha.



Lời giải:

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

Tổng trở pha của tải:

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

Dòng điện pha của tải:

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

Dòng điện dây của tải:

$$I_d = I_p = 8,8(A)$$

Hệ số công suất của tải:

$$\cos\varphi = \frac{R_p}{Z_p} = \frac{20}{25} = 0,8 \quad \Rightarrow \sin\varphi = 0,8$$

Công suất tải tiêu thụ:

$$P = 3.U_p.I_p.\cos\varphi = 3.220.8,8.0,8 = 4464,4(W)$$

$$Q = 3.U_p.I_p.\sin\varphi = 3.220.8,8.0,6 = 3484,8(VAR)$$

$$S = 3.U_p.I_p = 3.220.8,8 = 5808(VA)$$

Ví dụ 4.5: Một mạch điện 3 pha có dây trung tính 380V/220V cung cấp điện cho 90 bóng đèn sợi đốt, số hiệu định mức của mỗi đèn $U_{dm} = 220V$, $P_{dm} = 60W$.

Số bóng đèn được phân đều cho 3 pha.

- Vẽ sơ đồ mạch điện 3 pha.

Chương 4. Mạch điện xoay chiều ba pha

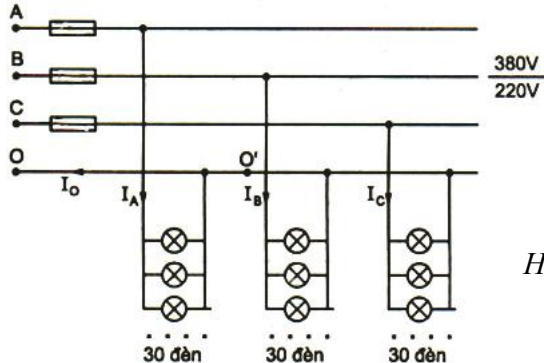
- Tính I_A, I_B, I_C, I_0, P khi tất cả bóng đèn đều bật sáng.
- Tính I_A, I_B, I_C, I_0, P khi pha A có 10 đèn bật sáng, pha B có 20 đèn bật sáng, pha C cắt điện.
- Tính điện áp đặt lên các đèn pha A và pha B ở câu c) trong trường hợp dây trung tính bị đứt.

Lời giải:

a) Mạch điện 3 pha 380V/220V là mạch 3 pha 4 sợi và có dây trung tính.

380V là điện áp dây. 220V là điện áp pha.

Bóng đèn 220V mắc song song với nhau giữa dây pha và dây trung tính. Sơ đồ mắc như sau:



Hình 4.13

Điện áp đặt lên các bóng đèn là 220V cũng chính là điện áp định mức của đèn, như vậy đèn sẽ làm việc tốt, đúng thông số tiêu chuẩn.

b) Vì điện áp đặt lên bóng đèn bằng định mức công suất bóng đèn tiêu thụ bằng định mức 60W. Tất cả bóng đèn đều bật sáng thì mạch 3 pha đối xứng, công suất điện các pha bằng nhau:

$$P_A = P_B = P_C = P_p = 30.60 = 1800(W)$$

Công suất 3 pha:

$$P = 3.P_p = 3.1800 = 5400(W)$$

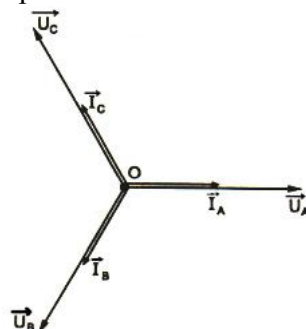
Tải các bóng đèn, thuần điện trở R, góc lệch pha $\varphi = 0 \Rightarrow \cos\varphi = 1$ nên dòng điện các pha là:

$$I_A = I_B = I_C = I_p = \frac{P_p}{U_p \cdot \cos\varphi} = \frac{1800}{220.1} \approx 8,18(A)$$

Vì nguồn và tải đối xứng nên:

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

Đồ thị vector giữa dòng điện và điện áp:



Khi pha C cắt điện $\Rightarrow I_C = 0$, còn các pha khác vẫn bình thường.

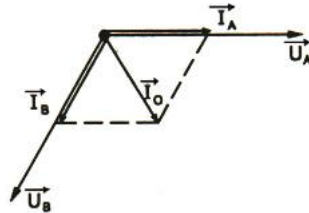
Chương 4. Mạch điện xoay chiều ba pha

$$I_A = \frac{P_A}{U \cdot \cos \varphi} = \frac{10.60}{220.1} = 2,73(A)$$

$$I_B = \frac{P_B}{U \cdot \cos \varphi} = \frac{20.60}{220.1} = 5,45(A)$$

$$P = P_A + P_C = 10.60 + 20.60 = 1800(W)$$

Đồ thị vector:

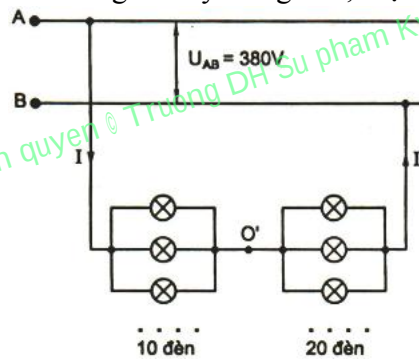


$$\Rightarrow \vec{I}_0 = \vec{I}_A + \vec{I}_B$$

$$\Rightarrow I_0 = \sqrt{I_A^2 + I_B^2 + 2 \cdot I_A \cdot I_B \cdot \cos 120^\circ}$$

$$= \sqrt{2,73^2 + 5,45^2 + 2 \cdot 2,73 \cdot 5,45 \cdot \cos 120^\circ} = 4,72(A)$$

d) Khi pha C cắt điện và đồng thời không có dây trung tính, mạch điện sẽ như sau:



Lúc này điện áp đặt lên các bóng đèn không còn bằng định mức nữa.

Điện trở của mỗi bóng đèn:

$$R_{den} = \frac{U_{dm}^2}{P_{dm}} = \frac{220^2}{60} = 806,6(\Omega)$$

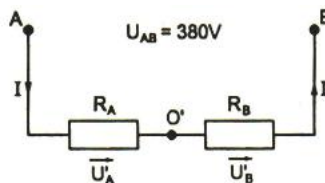
Vì các bóng đèn mắc song song nên điện trở pha A là R_A bằng điện trở tương đương của 10 bóng đèn mắc song song:

$$R_A = \frac{R_{den}}{10} = \frac{806,6}{10} = 80,66(\Omega)$$

Pha B có 20 đèn mắc song song nên điện trở pha B là:

$$R_B = \frac{R_{den}}{20} = \frac{806,6}{20} = 40,33(\Omega)$$

Mạch điện tương đương:



$$\Rightarrow I = \frac{U_{AB}}{R_A + R_B} = \frac{380}{80,66 + 40,33} = 3,14(A)$$

Chương 4. Mạch điện xoay chiều ba pha

Điện áp đặt lên đèn pha A là:

$$U'_A = R_A \cdot I = 80,66,3,14 = 253,27(V)$$

Điện áp đặt lên đèn pha B là:

$$U'_B = R_B \cdot I = 40,33,3,14 = 126,63(V)$$

Như vậy điện áp đặt lên các đèn ở pha A là lớn hơn so với định mức của đèn, trong khi điện áp ở pha B là nhỏ hơn so với định mức, điều này làm cho đèn ở pha A có thể bị cháy trong khi đèn ở pha B thì sáng yếu.

4.3.3. Cách giải mạch ba pha không đối xứng:

Khi tải không đối xứng, $\bar{Z}_A \neq \bar{Z}_B \neq \bar{Z}_C$, dòng điện và điện áp trên các pha không đối xứng.

a. Tải nối hình Y, có dây trung tính tổng trở Z_O :

- Điện áp giữa 2 nút O và O':

$$\dot{U}_{O'O} = \frac{\dot{U}_A \bar{Y}_A + \dot{U}_B \bar{Y}_B + \dot{U}_C \bar{Y}_C}{\bar{Y}_A + \bar{Y}_B + \bar{Y}_C + \bar{Y}_O}$$

- Trường hợp nguồn đối xứng thì:

$$\dot{U}_A = \dot{U}_p$$

$$\dot{U}_B = \dot{U}_p \cdot e^{-j120^\circ}$$

$$\dot{U}_C = \dot{U}_p \cdot e^{-j240^\circ}$$

Ta có:
$$\dot{U}_{O'O} = U_p \cdot \frac{\bar{Y}_A + \bar{Y}_B \cdot e^{-j120^\circ} + \bar{Y}_C \cdot e^{-j240^\circ}}{\bar{Y}_A + \bar{Y}_B + \bar{Y}_C + \bar{Y}_O}$$

- Sau khi tính được $\dot{U}_{O'O}$ như trên, ta tính điện áp trên các pha của tải như sau:

$$\dot{U}'_A = \dot{U}_A - \dot{U}_{O'O}$$

$$\dot{U}'_B = \dot{U}_B - \dot{U}_{O'O}$$

$$\dot{U}'_C = \dot{U}_C - \dot{U}_{O'O}$$

- Dòng điện pha:

$$\dot{I}_A = \frac{\dot{U}'_A}{\bar{Z}_A} = \dot{U}'_A \cdot \bar{Y}_A$$

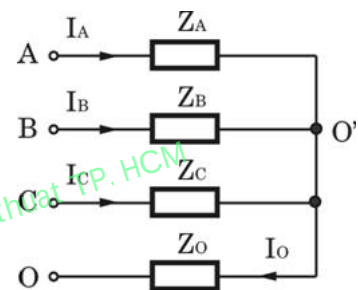
$$\dot{I}_B = \frac{\dot{U}'_B}{\bar{Z}_B} = \dot{U}'_B \cdot \bar{Y}_B$$

$$\dot{I}_C = \frac{\dot{U}'_C}{\bar{Z}_C} = \dot{U}'_C \cdot \bar{Y}_C$$

$$\dot{I}_O = \frac{\dot{U}'_{O'O}}{\bar{Z}_O} = \dot{U}'_{O'O} \cdot \bar{Y}_O$$

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

- Nếu xét đến tổng trở dây dẫn, phương pháp tính toán vẫn như trên, nhưng lúc đó tổng trở các pha phải gồm cả tổng trở dây dẫn $\bar{Z}_d$



Hình 4.14

Chương 4. Mạch điện xoay chiều ba pha

$$\bar{Y}_A = \frac{1}{\bar{Z}_A + \bar{Z}_d} \quad \bar{Y}_B = \frac{1}{\bar{Z}_B + \bar{Z}_d} \quad \bar{Y}_C = \frac{1}{\bar{Z}_C + \bar{Z}_d}$$

b. Tải nối hình Y, tổng trở dây trung tính $Z_0 = 0$:

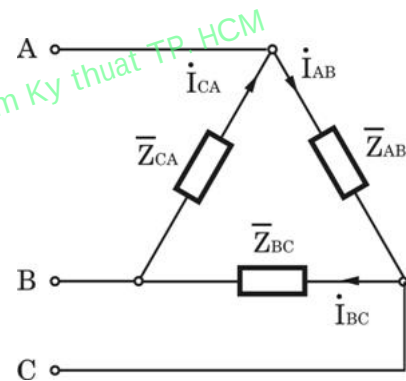
Điểm O' trùng với O, điện áp pha của tải bằng điện áp pha tương ứng của nguồn.

$$\begin{aligned} \dot{I}_A &= \frac{\dot{U}_A}{\bar{Z}_A} & I_A &= \frac{U_A}{Z_A} \\ \dot{I}_B &= \frac{\dot{U}_B}{\bar{Z}_B} & I_B &= \frac{U_B}{Z_B} \\ \dot{I}_C &= \frac{\dot{U}_C}{\bar{Z}_C} & I_C &= \frac{U_C}{Z_C} \end{aligned}$$

c. Tải nối hình Δ không đối xứng:

Nguồn điện có điện áp dây $\dot{U}_{AB}$, $\dot{U}_{BC}$, $\dot{U}_{CA}$

$$\begin{aligned} \dot{I}_{AB} &= \frac{\dot{U}_{AB}}{\bar{Z}_{AB}} \Rightarrow I_{AB} = \frac{U_{AB}}{Z_{AB}} \\ \dot{I}_{BC} &= \frac{\dot{U}_{BC}}{\bar{Z}_{BC}} \Rightarrow I_{BC} = \frac{U_{BC}}{Z_{BC}} \\ \dot{I}_{CA} &= \frac{\dot{U}_{CA}}{\bar{Z}_{CA}} \Rightarrow I_{CA} = \frac{U_{CA}}{Z_{CA}} \\ \dot{I}_A &= \dot{I}_{AB} - \dot{I}_{CA} \\ \dot{I}_B &= \dot{I}_{BC} - \dot{I}_{AB} \\ \dot{I}_C &= \dot{I}_{CA} - \dot{I}_{BC} \end{aligned}$$



Hình 4.15

4.3.4. Công suất mạch ba pha không đối xứng:

Đối với mạch ba pha không đối xứng.

Hệ thống điện ba pha là tập hợp ba mạch điện một pha, nên công suất chung của hệ thống là tổng công suất của các pha.

Công suất tác dụng của mỗi pha:

$$P_A = U_A \cdot I_A \cdot \cos \varphi_A$$

$$P_B = U_B \cdot I_B \cdot \cos \varphi_B$$

$$P_C = U_C \cdot I_C \cdot \cos \varphi_C$$

Trong đó: U_A , U_B , U_C là các điện áp pha.

I_A , I_B , I_C là dòng điện các pha.

φ_A , φ_B , φ_C là góc lệch pha giữa dòng điện và điện áp mỗi pha.

- Công suất tác dụng của ba pha.

$$P_{3pha} = P_A + P_B + P_C$$

Chương 4. Mạch điện xoay chiều ba pha

$$= U_A \cdot I_A \cdot \cos \varphi_A + U_B \cdot I_B \cdot \cos \varphi_B + U_C \cdot I_C \cdot \cos \varphi_C$$

- Công suất phản kháng ba pha.

$$Q_{3 \text{ pha}} = Q_A + Q_B + Q_C$$

$$= U_A \cdot I_A \cdot \sin \varphi_A + U_B \cdot I_B \cdot \sin \varphi_B + U_C \cdot I_C \cdot \sin \varphi_C$$

- Công suất biểu kiến ba pha.

$$S_{3 \text{ pha}} = \sqrt{P_{3 \text{ pha}}^2 + Q_{3 \text{ pha}}^2}$$

§4.4. CÂU HỎI ÔN TẬP CHƯƠNG 4

- 3.1. Nêu những ưu điểm của mạch điện 3 pha.
- 3.2. Các đặc điểm của mạch điện 3 pha đối xứng.
- 3.3. Định nghĩa điện áp pha, điện áp dây, dòng điện pha, dòng điện dây và quan hệ giữa chúng khi nối sao và nối tam giác.
- 3.4. Trình bày các bước giải mạch điện 3 pha đối xứng.
- 3.5. Các biểu thức của công suất P, Q, S trong mạch 3 pha đối xứng.
- 3.6. Vai trò của dây trung tính trong mạch điện 3 pha tải không đối xứng.

§4.5. BÀI TẬP CHƯƠNG 4

Bài 4.1. Cho mạch điện 3 pha tải đối xứng như hình vẽ (4-16). Tổng trở mỗi pha $\bar{Z} = 3 + j4\Omega$. Ở trạng thái bình thường Vôn mét chỉ 220V. Tính số chỉ các Ampe mét khi:

- Mạch bình thường.
- Mạch đứt đường dây pha C.

Lời giải:

a) Mạch bình thường:

$$\diamond Z = \sqrt{3^2 + 4^2} = 5\Omega$$

$$\diamond I_{A1} = \frac{U_V}{Z} = 44 \text{ A}$$

$$\diamond I_A = \sqrt{3} I_{A1} = 76,2 \text{ A}$$

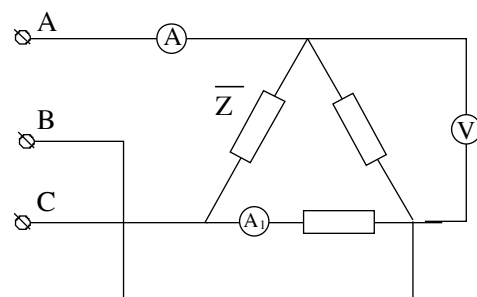
b) Đứt pha C:

$$\diamond I_1 = \frac{U}{Z + Z} = 22 \text{ A}$$

$$\diamond I_2 = \frac{U}{Z} = 44 \text{ A}$$

$\diamond$ Vì góc lệch pha bằng nhau :

$$I_A = I_1 + I_2 = 66 \text{ A}$$



Hình 4-16

Chương 4. Mạch điện xoay chiều ba pha

Bài 4.2. Máy phát điện 3 pha cung cấp điện cho hai tải đối xứng.

- Tải 1 nối sao có tổng trở

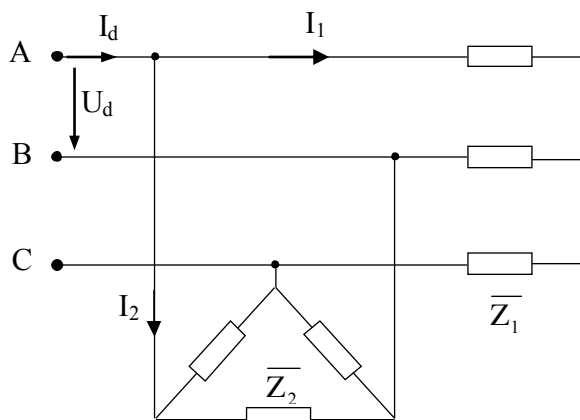
pha: $\bar{Z}_1 = 8 + j6 \Omega$

- Tải 2 nối tam giác có tổng trở

$\bar{Z}_2 = 16 + j12$

Biết $U_d = 220V$.

Tính dòng điện I_d và công suất P toàn mạch.



Hình 4-17

Lời giải:

$$\diamond Z_1 = \sqrt{8^2 + 6^2} = 10 \Omega$$

$$\diamond Z_2 = \sqrt{16^2 + 12^2} = 20 \Omega$$

$$\diamond I_1 = \frac{U_p}{Z_1} = \frac{U_d}{\sqrt{3}Z_1} = 12,7 \text{ A}$$

$$\diamond I_{p2} = \frac{U_p}{Z_2} = \frac{U_d}{Z_2} = 11 \text{ A} \Rightarrow I_2 = \sqrt{3} I_{p2} = 11\sqrt{3} \text{ A}$$

$$\diamond I_d = I_1 + I_2 = 23,7 \text{ A} \quad (\text{Vì góc lệch pha bằng nhau})$$

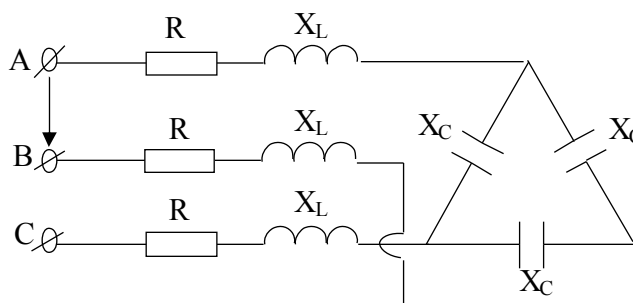
$$\diamond P = P_1 + P_2 = 3 \cdot I_1^2 \cdot 8 + 3 I_{p2}^2 \cdot 16 = 9678,96 \text{ W}$$

Bài 4.3. Một mạch điện 3 pha đối xứng, tổng trở đường dây

$\bar{Z} = R + jX_L = 4 + j2\Omega$. Tải nối tam giác

tổng trở pha tải $\bar{Z}_t = -jX_c = -j15\Omega$. Điện

áp nguồn $U_d = 220V$. Tính dòng điện dây và dòng điện pha.



Hình 4-18

Đáp số: Biến đổi tải đầu $\Delta \rightarrow Y$:

$$\diamond Z_p = \sqrt{R^2 + (X_L - \frac{X_C}{3})^2} = 5 \Omega$$

$$\diamond I_{dY} = I_{d\Delta} = \frac{U_p}{Z_p} = \frac{U_d}{\sqrt{3}Z_p} = 25,4 \text{ A}$$

$$\diamond I_{p\Delta} = \frac{I_{d\Delta}}{\sqrt{3}} = 14,66 \text{ A}$$

Chương 4. Mạch điện xoay chiều ba pha

Bài 4.4. Cho mạch điện 3 pha tải đối xứng như hình vẽ (4-19). Biết điện áp dây của nguồn

$$U_d = 200\sqrt{3} \text{ V.}$$

- Tính: U_p ; I_f ; I_d .

- Tính công suất tác dụng P và công suất phản kháng Q trên tải ba pha.

Lời giải

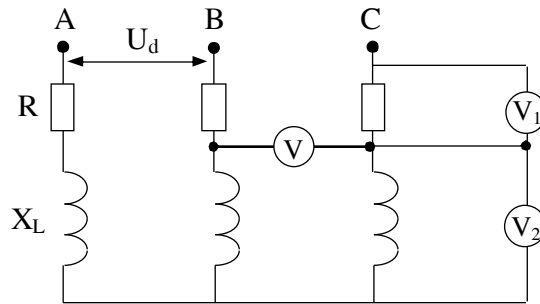
$$\diamond U_p = \frac{U_d}{\sqrt{3}} = 200 \text{ V}$$

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

$$\diamond I_p = \frac{U_p}{Z_p} = 20 \text{ A} = I_d$$

$$\diamond P = 3 \cdot I_p^2 \cdot R = 9600 \text{ W}$$

$$\diamond Q = 3 \cdot I_p^2 \cdot X = 7200 \text{ Var}$$



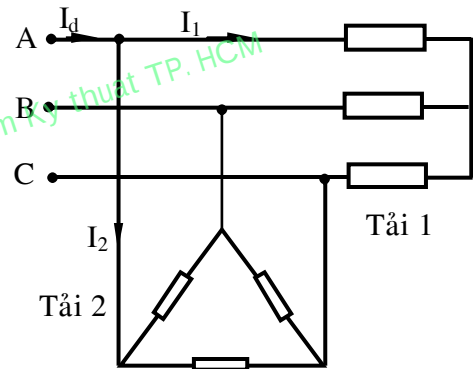
Hình 4-19

Bài 4.5. Cho mạch ba pha đối xứng có điện áp

$$U_d = 1000\text{V. Tải 1 có } I_1 = 50\text{A; } \cos\varphi_1 = 0,8.$$

$$\text{Tải 2 có } P_2 = 70\text{KW; } \cos\varphi_2 = 0,8.$$

Tính dòng điện dây I_d của mạch.



Hình 4-20

Bài 4.6. Một nguồn điện 3 pha nối sao có điện áp pha $U_{pn} = 120\text{V}$ cung cấp điện cho tải nối sao có dây trung tính. Tải có điện trở pha $R_p = 180\Omega$. Tính U_d , I_d , I_p , I_0 , P của mạch 3 pha.

Bài 4.7. Một nguồn điện 3 pha đối xứng đấu sao cung cấp điện cho tải 3 pha đối xứng nối tam giác. Biết dòng điện pha của nguồn $I_{pn} = 17,32\text{A}$, điện trở mỗi pha của tải $R_p = 38\Omega$. Tính điện áp pha của nguồn và công suất P của nguồn cung cấp cho tải 3 pha.

Bài 4.8. Một tải 3 pha đối xứng nối tam giác, biết $R_p = 15\Omega$, $X_p = 6\Omega$, đấu vào mạng điện 3 pha $U_p = 380\text{V}$. Tính I_p , I_d , P , Q của tải.

Bài 4.9. Một động cơ điện 3 pha đấu sao, đấu vào mạng 3 pha $U_d = 380\text{V}$, biết dòng điện dây $I_d = 26,81\text{A}$, hệ số công suất $\cos\varphi = 0,85$. Tính dòng điện pha của động cơ, công suất điện động cơ tiêu thụ.

Bài 4.10. Một động cơ không đồng bộ có số liệu định mức sau: công suất cơ định mức $P_{dm} = 14\text{kW}$, hiệu suất $\eta_{dm} = 0,88$, hệ số công suất $\cos\varphi_{dm} = 0,89$, thông số ghi trên nhãn: Y/ Δ - 380V/220V. Người ta đấu động cơ vào mạng 220V/127V.

- Xác định cách đấu dây động cơ.
- Tính công suất điện động cơ tiêu thụ khi định mức.
- Tính dòng điện dây I_d và dòng điện pha I_p của động cơ.

Chương 4. Mạch điện xoay chiều ba pha

Bài 4.11. Một động cơ điện đấu hình sao, làm việc với mạng điện có $U_d = 380V$, động cơ tiêu thụ công suất điện $20kW$, $\cos\varphi = 0,885$. Tính công suất phản kháng của động cơ tiêu thụ, dòng điện dây I_d và dòng điện pha của động cơ.

Bài 4.12. Một mạng điện 3 pha 4 sợi $380V/220V$ cung cấp điện cho 60 đèn phóng điện cao áp công suất đèn $P = 250W$, công suất chấn lưu $25W$, hệ số công suất $\cos\varphi = 0,85$, điện áp đèn $U_{dm} = 220V$. Đèn được phân bố đều cho 3 pha.

- Xác định dòng điện dây khi cả 3 pha đều làm việc bình thường. Tính dòng điện trong dây trung tính I_0 .
- Khi đèn pha A bị cắt điện. Xác định dòng điện dây I_B , I_C , dòng điện I_0 trong dây trung tính khi các đèn pha B và pha C làm việc bình thường.
- Khi đèn pha A và đèn pha B bị cắt điện. Xác định dòng điện I_C và dòng điện I_0 trong dây trung tính khi đèn pha C làm việc bình thường.

Bài 4.13. Một mạng điện 3 pha 4 sợi $380V/220V$, các tải một pha nối giữa dây pha và dây trung tính. Tải pha A và pha B thuần trở $R_A = R_B = 10\Omega$, tải pha C là cuộn dây $R_C = 5\Omega$, $Z_L = 8,666\Omega$. Tính dòng điện các pha I_A , I_B , I_C và dòng điện trong dây trung tính I_0 .

Bản quyền © Truong DH Su pham Ky thuat TP HCM

Chương 5. Máy biến áp

CHƯƠNG 5 MÁY BIẾN ÁP

§5.1. KHÁI NIỆM CHUNG VỀ MÁY BIẾN ÁP

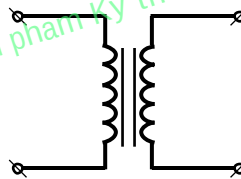
5.1.1. Định nghĩa:

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



hoặc



Hình 5-1

5.1.2. 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:

a. Điện áp định mức

- a. Điện áp sơ cấp định mức (U_{1dm}) : là điện áp đã qui định cho dây quấn sơ cấp, đối với máy biến áp ba pha là điện áp dây.
- b. Điện áp thứ cấp định mức (U_{2dm}) : 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

b. Dòng điện định mức

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

Chương 5. Máy biến áp

cấp là dòng điện sơ cấp định mức (I_{1dm}) và dòng điện đo được trên cuộn dây thứ cấp là dòng điện thứ cấp định mức (I_{2dm}).

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.

c. 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_{dm} , đơn vị là VA hoặc kVA.

Đối với máy biến áp một pha, công suất định mức là:

$$S_{dm} = U_{2dm} \cdot I_{2dm} = U_{1dm} \cdot I_{1dm} \quad (5-1)$$

Đối với máy biến áp ba pha, công suất định mức là:

$$S_{dm} = \sqrt{3} U_{2dm} \cdot I_{2dm} = \sqrt{3} U_{1dm} \cdot I_{1dm} \quad (5-2)$$

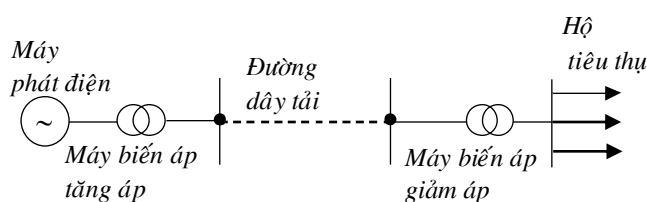
Ngoài ra trên nhãn máy còn ghi tần số, số pha, sơ đồ nối dây, điện áp ngắn mạch, chế độ làm việc... của máy biến áp đó.

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.

5.1.3. Vai trò của máy biến áp:

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.

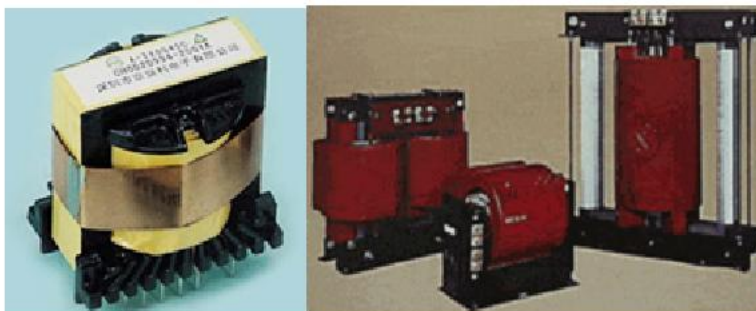


Sơ đồ mạng truyền tải điện đơn giản

Hình 5-2

Chương 5. Máy biến áp

Một số hình dạng của MBA:

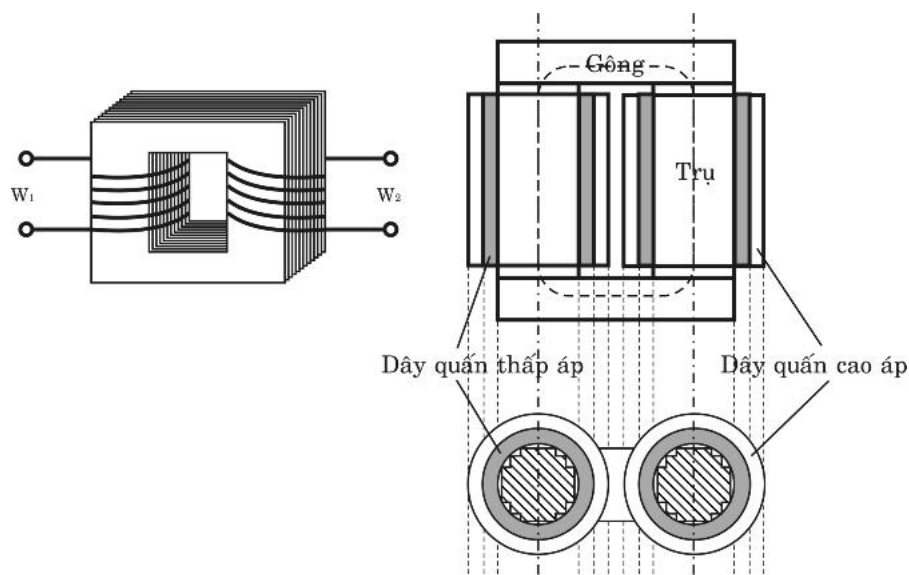


§5.2. CẤU TẠO VÀ NGUYÊN LÝ LÀM VIỆC

5.2.1. Cấu tạo

Máy biến áp có hai bộ phận chính là lõi thép và dây quấn.

Chương 5. Máy biến áp



Hình 5-3. Sơ đồ cấu tạo máy biến áp một pha

a. Lõi thép

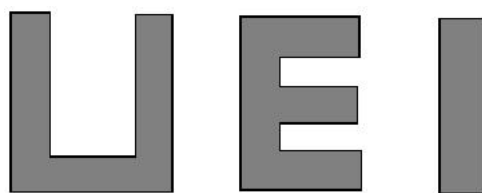
Lõi thép máy biến áp dùng để dẫn từ thông chính của máy biến áp, được chế tạo từ những vật liệu dẫn từ tốt, thường là lá thép kỹ thuật điện. Lõi thép gồm hai bộ phận:

- Trụ: là nơi để đặt dây quấn.
- Gông: là phần khép kín mạch từ giữa các trụ.

Trụ và gông tạo thành mạch từ khép kín.

Để giảm dòng điện xoáy trong lõi thép, người ta dùng thép lá kỹ thuật điện (dày khoảng 0,35mm đến 0,5mm, mặt ngoài có sơn cách điện) ghép lại với nhau thành lõi thép.

Các dạng lá thép kỹ thuật điện thường sử dụng có hình chữ U, E, I như hình vẽ:

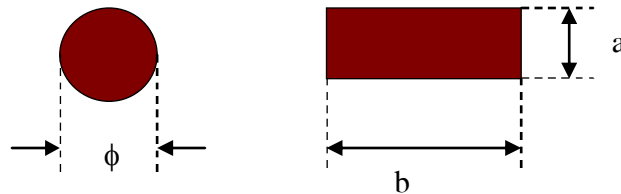


Hình 5-4. Hình dạng lá thép kỹ thuật điện

Chương 5. Máy biến áp

b. Dây quấn máy biến áp.

Dây quấn máy biến áp thường được chế tạo bằng dây đồng (hoặc nhôm), có tiết diện tròn hoặc hình chữ nhật, bên ngoài dây dẫn có bọc cách điện.



Hình 5-5. 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 trụ 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.

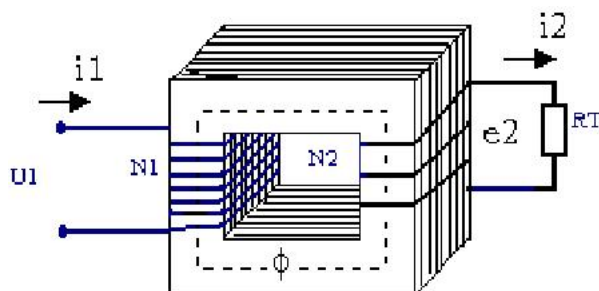
Để làm mát và tăng cường cách điện cho máy biến áp, người ta thường đặt lõi thép và dây quấn trong một thùng dầu máy biến áp. Máy biến áp công suất lớn, vỏ thùng dầu có cánh tản nhiệt, ngoài ra còn có các đầu sứ để nối các đầu dây quấn ra ngoài, bộ phận chuyển mạch để điều chỉnh điện áp, rơle hơi để bảo vệ máy.

5.2.2. Nguyên lý làm việc:

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 ϕ . 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.

$$\text{Với cuộn sơ cấp là: } e_1 = -N_1 \frac{d\phi}{dt} \quad (5-3)$$

$$\text{Với cuộn thứ cấp là: } e_2 = -N_2 \frac{d\phi}{dt} \quad (5-4)$$



Hình 5-6. 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:

$$\phi = \phi_{\max} \sin \omega t \quad (\text{Wb}) \quad (5-5)$$

Chương 5. Máy biến áp

Sau khi lấy đạo hàm và thay vào phương trình 5-3 ta được:

$$\begin{aligned} e_1 &= -\omega N_1 \phi_{\max} \cos \omega t \\ \text{Vì } \cos \omega t &= -\sin(\omega t - 90^\circ) \\ \text{Nên } e_1 &= \omega N_1 \phi_{\max} \sin(\omega t - 90^\circ) \end{aligned} \quad (5-6)$$

Biểu thức này chỉ rõ sức điện động e_1 chậm pha so với từ thông ϕ một góc 90° .

Trị số cực đại của sức điện động $E_{1\max}$:

$$E_{1\max} = \omega N_1 \phi_{\max} \quad (5-7)$$

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:

$$E_1 = \frac{E_{1\max}}{\sqrt{2}} = \frac{2\pi f}{\sqrt{2}} N_1 \phi_{\max} = 4,44fN_1 \phi_{\max} \quad (5-8)$$

Thực hiện thay thế, tính toán tương tự đối với phương trình 5-4 ta được biểu thức sức điện động hiệu dụng của cuộn thứ cấp như sau:

$$E_2 = 4,44fN_2 \phi_{\max} \quad (5-9)$$

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 $E_2 = U_{20}$ (U_{20} 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 5-8 và 5-9, bằng tỷ số vòng dây của các cuộn dây.

Tỷ số này kí hiệu bằng chữ k và gọi là tỷ số biến áp:

$$k = \frac{E_1}{E_2} = \frac{U_1}{U_{20}} = \frac{N_1}{N_2}$$

- 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.

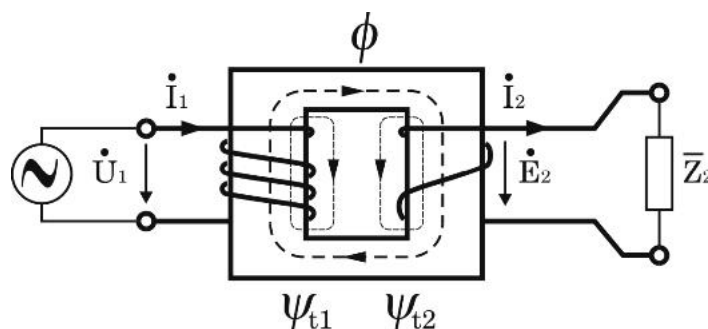
Khi nối cuộn dây thứ cấp với tải, nếu bỏ qua tổn hao trong máy biến áp, có thể coi gần đúng quan hệ giữa các đại lượng sơ cấp và thứ cấp như sau:

$$U_1 I_1 = U_2 I_2$$

$$\text{Hoặc: } \frac{U_1}{U_2} = \frac{I_2}{I_1} = k$$

§5.3. QUAN HỆ ĐIỆN TỪ TRONG MÁY BIẾN ÁP

5.3.1. Quá trình điện từ trong máy biến áp:



Hình 5.7

Chương 5. Máy biến áp

Ta xét máy biến áp một pha hai dây quấn như hình 5-8. Khi đặt vào cuộn dây sơ cấp một điện áp xoay chiều u_1 thì trong đó sẽ có dòng điện i_1 chạy qua. Nếu phía thứ cấp có tải thì sẽ có dòng điện i_2 chạy qua. Những dòng điện i_1 và i_2 sẽ tạo nên các sức từ động $i_1 N_1$ và $i_2 N_2$. Phần lớn từ thông do $i_1 N_1$ và $i_2 N_2$ sinh ra được khép mạch qua lõi thép móc vòng với cả dây quấn sơ cấp và thứ cấp và được gọi là từ thông chính ϕ . Từ thông chính gây nên trong các dây quấn sơ cấp và thứ cấp những sức điện động chính là:

$$\begin{aligned} e_1 &= -N_1 \frac{d\phi}{dt} = -\frac{d\psi_1}{dt} \\ e_2 &= -N_2 \frac{d\phi}{dt} = -\frac{d\psi_2}{dt} \end{aligned} \quad (5-10)$$

Trong đó: $\psi_1 = N_1 \phi$ và $\psi_2 = N_2 \phi$ là từ thông móc vòng với dây quấn sơ cấp và thứ cấp ứng với từ thông chính ϕ .

Còn một phần rất nhỏ từ thông do các sức từ động $i_1 N_1$ và $i_2 N_2$ sinh ra bị tản ra ngoài lõi thép và khép mạch qua không khí hay dầu gọi là từ thông tản. Từ thông tản cùng gây nên các sức điện động tản tương ứng:

$$\begin{aligned} e_{\sigma 1} &= -N_1 \frac{d\phi_{\sigma 1}}{dt} = -\frac{d\psi_{\sigma 1}}{dt} \\ e_{\sigma 2} &= -N_2 \frac{d\phi_{\sigma 2}}{dt} = -\frac{d\psi_{\sigma 2}}{dt} \end{aligned} \quad (5-11)$$

5.3.2. Phương trình cân bằng điện áp cuộn sơ cấp:

Xét mạch điện sơ cấp gồm : u_1 , e_1 , điện trở dây quấn R_1 , L_1

Áp dụng định luật Kirchhoff 2 cho vòng mạch:

- Viết dưới dạng trị số tức thời:

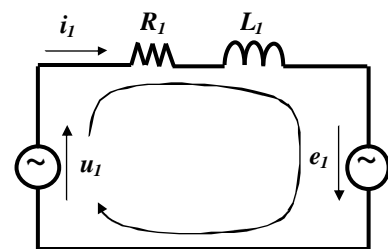
$$\begin{aligned} R_1 \cdot i_1 + L_1 \cdot \frac{di_1}{dt} &= u_1 + e_1 \\ u_1 &= R_1 \cdot i_1 + L_1 \cdot \frac{di_1}{dt} - e_1 \end{aligned}$$

- Viết dưới dạng phức:

$$\dot{U}_1 = R_1 \cdot \dot{I}_1 + j \cdot X_1 \cdot \dot{I}_1 - \dot{E}_1 = \bar{Z}_1 \cdot \dot{I}_1 - \dot{E}_1 \quad (5-12)$$

Với: $\bar{Z}_1 = R_1 + j \cdot \omega \cdot L_1 = R_1 + j \cdot X_1$

$X_1 = \omega \cdot L_1$ là điện kháng tản của dây quấn sơ cấp



Hình 5-8

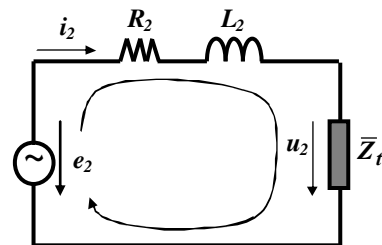
5.3.3. Phương trình cân bằng điện áp cuộn thứ cấp:

Xét mạch điện thứ cấp gồm : e_2 , điện trở dây quấn R_2 , L_2

Áp dụng định luật Kirchhoff 2 cho vòng mạch:

- Viết dưới dạng trị số tức thời:

$$\begin{aligned} R_2 \cdot i_2 + L_2 \cdot \frac{di_2}{dt} + u_2 &= -e_2 \\ u_2 &= -e_2 - R_2 \cdot i_2 + L_2 \cdot \frac{di_2}{dt} \end{aligned}$$



Hình 5-9

Chương 5. Máy biến áp

- Viết dưới dạng phức:

$$\dot{U}_2 = -\dot{E}_2 - R_2 \cdot \dot{I}_2 + j \cdot X_2 \cdot \dot{I}_2 = -\dot{E}_2 - \bar{Z}_2 \cdot \dot{I}_2 = \bar{Z}_{\text{tải}} \cdot \dot{I}_2 \quad (5-13)$$

$$\text{Với: } \bar{Z}_2 = R_2 + j \cdot \omega \cdot L_2 = R_2 + j \cdot X_2$$

$X_2 = \omega \cdot L_2$ là điện kháng tản của dây quấn thứ cấp

5.3.4. Phương trình cân bằng sức từ động:

- Vì điện trở cuộn dây sơ cấp nhỏ nên sụt áp $R_1 \cdot I_1$ nhỏ hơn nhiều E_1 nên có thể xem gần đúng $U_1 \approx E_1$.

- Vì $U_1 = \text{const}$ nên $E_1 = \text{const} \Rightarrow \phi_{\text{max}} = \text{const}$

• Ở chế độ không tải $\phi = \phi_0 = i_0 \cdot W_1$, trong đó i_0 là dòng không tải của sơ cấp.

• Ở chế độ có tải $\phi = i_1 \cdot W_1 - i_2 \cdot W_2$

• $\phi_{\text{max}} = \text{const}$ nên sức từ động lúc không tải bằng sức từ động lúc có tải

$$i_0 \cdot W_1 = i_1 \cdot W_1 - i_2 \cdot W_2$$

Chia 2 vế cho W_1

$$i_0 = i_1 - i_2 \cdot \frac{W_2}{W_1} = i_1 - \frac{i_2}{k} = i_1 - i'_2$$

Hoặc

$$i_1 = i_0 + i'_2$$

$i'_2 = \frac{i_2}{k}$ là dòng điện i_2 đã qui đổi về phía sơ cấp

- Phương trình sức từ động viết dưới dạng phức: $\dot{I}_1 = \dot{I}_0 + \dot{I}'_2 \quad (5-14)$

Phương trình sức từ động cho ta thấy rõ quan hệ giữa dòng điện sơ cấp và thứ cấp.

Hệ 3 phương trình *điện áp sơ cấp, điện áp thứ cấp và sức từ động* ta có mô hình toán học của MBA.

§5.4. MẠCH ĐIỆN THAY THẾ MÁY BIẾN ÁP

Từ Mô hình toán

$$\begin{cases} \dot{U}_1 = \bar{Z}_1 \cdot \dot{I}_1 - \dot{E}_1 & (5-12) \\ \dot{U}_2 = -\dot{E}_2 - \bar{Z}_2 \cdot \dot{I}_2 & (5-13) \\ \dot{I}_1 = \dot{I}_0 + \dot{I}'_2 & (5-14) \end{cases}$$

Ta xây dựng *Mô hình mạch* là mạch điện thay thế phản ánh đầy đủ quá trình năng lượng trong MBA, giúp thuận lợi cho việc tính toán, thí nghiệm và nghiên cứu MBA.

5.4.1. Qui đổi các đại lượng thứ cấp về sơ cấp:

Nhân (5-13) với k , ta được:

$$k \cdot \dot{U}_2 = -k \cdot \dot{E}_2 - k \cdot \bar{Z}_2 \cdot \dot{I}_2 = -k \cdot \dot{E}_2 - k^2 \cdot \bar{Z}_2 \cdot \frac{\dot{I}_2}{k} \quad (5-15)$$

$$\text{Đặt: } \dot{E}'_2 = k \cdot \dot{E}_2 = \dot{E}_1 \quad (5-16)$$

$$\dot{U}'_2 = k \cdot \dot{U}_2 \quad (5-17)$$

$$\bar{Z}'_2 = k^2 \cdot \bar{Z}_2 \quad R'_2 = k^2 \cdot R_2 \quad X'_2 = k^2 \cdot X_2 \quad (5-18)$$

Phương trình (5-15) trở thành:

Chương 5. Máy biến áp

$$\dot{U}'_2 = -\dot{E}_1 - \bar{Z}'_2 \cdot \dot{I}'_2 \quad (5-19)$$

Mặt khác: $\dot{U}_2 = \bar{Z}_t \cdot \dot{I}_2$ nhân (5-13) về với k, ta được

$$k \cdot \dot{U}_2 = k \cdot \bar{Z}_t \cdot \dot{I}_2 = k^2 \cdot \bar{Z}_t \cdot \frac{\dot{I}_2}{k}$$

$$\Leftrightarrow \dot{U}_2 = \bar{Z}'_t \cdot \dot{I}'_2$$

$$\text{Trong đó: } \bar{Z}'_t = k^2 \cdot \bar{Z}_t \quad R'_t = k^2 \cdot R_t \quad X'_t = k^2 \cdot X_t \quad (5-20)$$

$$\dot{I}'_2 = \frac{\dot{I}_2}{k} \quad (5-21)$$

- Phương trình (5-19) là phương trình điện áp thứ cấp qui đổi về sơ cấp.
- (5-16), (5-17), (5-18), (5-19), (5-20) và (5-21) là các công thức qui đổi các đại lượng thứ cấp về sơ cấp.

5.4.2. Mạch điện thay thế máy biến áp:

Xét MBA trường hợp không tải, ta thấy ngoài một lượng tổn hao do sụt áp trên dây quấn sơ cấp, trong MBA còn tổn hao một lượng năng lượng để từ hóa lõi thép.

Khi không tải: phương trình điện áp sơ cấp

$$\dot{U}_1 = \bar{Z}_1 \cdot \dot{I}_1 - \dot{E}_1$$

- Trong đó: $\bar{Z}_1 \cdot \dot{I}_1$ là sụt áp trên dây quấn sơ cấp
- $\dot{E}_1$ chính là sụt áp trên tổng trở từ hóa $\bar{Z}_{th}$. Đặc trưng cho quá trình từ hóa lõi thép là từ thông chính ϕ do I_0 sinh ra, nên:

$$-\dot{E}_1 = -\bar{Z}_{th} \cdot \dot{I}_0 = (R_{th} + j \cdot X_{th}) \cdot \dot{I}_0$$

➤ R_{th} : là điện trở từ hóa đặc trưng cho tổn hao sắt từ

➤ Tổn hao sắt từ: $\Delta P_{st} = R_{th} \cdot I_0^2$

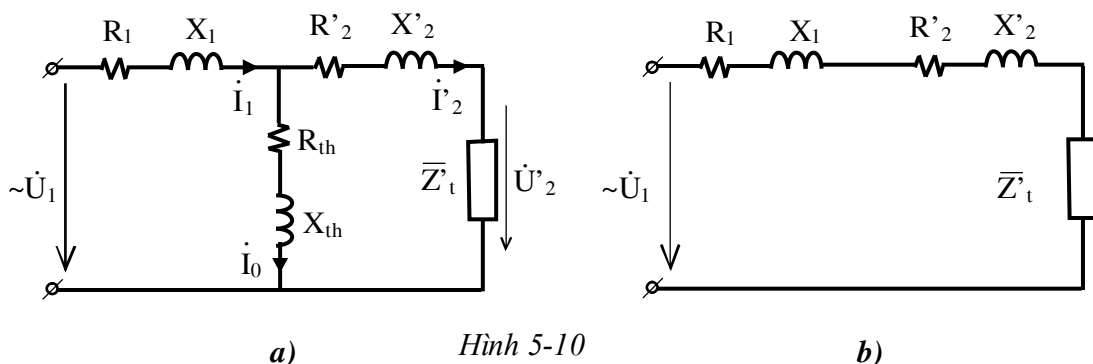
Mô hình toán của MBA bây giờ trở thành:

$$\begin{cases} \dot{U}_1 = \bar{Z}_1 \cdot \dot{I}_1 + \bar{Z}_{th} \cdot \dot{I}_0 & (5-22) \end{cases}$$

$$\begin{cases} \dot{U}'_2 = \bar{Z}_{th} \cdot \dot{I}_0 - \bar{Z}'_2 \cdot \dot{I}'_2 & (5-23) \end{cases}$$

$$\begin{cases} \dot{I}_1 = \dot{I}_0 + \dot{I}'_2 & (5-24) \end{cases}$$

Hệ (5-22), (5-23), (5-24) chính là hệ của 2 phương trình Kirchhoff 2 và 1 phương trình Kirchhoff 1 viết cho mạch có dạng hình 5-6 (a)



Hình 5-10

Chương 5. Máy biến áp

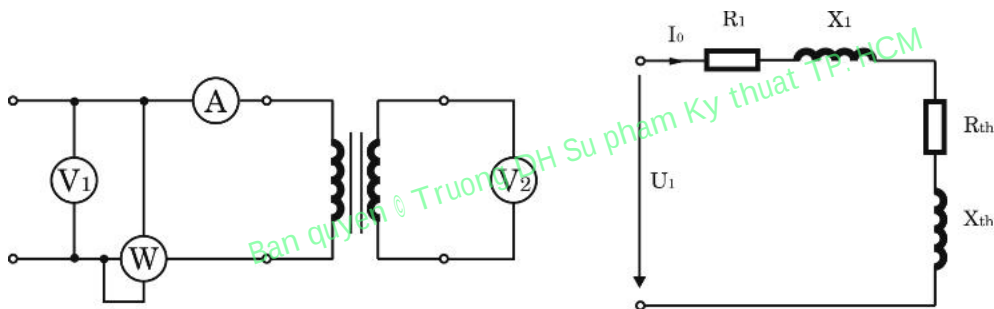
- Nhánh có $Z_{th} = R_{th} + jX_{th}$ gọi là nhánh từ hóa.
- Thông thường, Z_{th} rất lớn nên I_0 rất nhỏ. Nếu bỏ qua nhánh từ hóa, ta có sơ đồ thay thế gần đúng của MBA như hình 5-6 (b).

- Trong đó: $R_n = R_1 + R'_2$
 $X_n = X_1 + X'_2$

§5.5. XÁC ĐỊNH CÁC THÔNG SỐ MÁY BIẾN ÁP

5.5.1. Thí nghiệm không tải:

- Để xác định tỷ số k của MBA, tổn hao sắt từ và các thông số của máy ở chế độ không tải.
- Sơ đồ mạch thí nghiệm như hình 5-11



Hình 5.11

- Ta có các số liệu sau:
 - Watt kế chỉ công suất không tải: $P_0 \approx \Delta P_{st}$
 - Ampe kế chỉ dòng không tải: I_0
 - Các Vôn kế V_1 và V_2 chỉ các giá trị U_{10} và U_{20} .

Từ các số liệu trên ta tính được:

a. Tỷ số MBA k:

$$k = \frac{W_1}{W_2} = \frac{E_1}{E_2} \approx \frac{U_1}{U_{20}}$$

b. Dòng điện không tải phần trăm: $I_0\%$

$$I_0\% = \frac{I_0}{I_{dm}} \cdot 100 = 3\% \div 10\%$$

c. Điện trở không tải: R_0

$$R_0 = \frac{P_0}{I_0^2} = R_1 + R_{th}$$

Vì $R_{th} \gg R_1$ nên lấy gần đúng $R_0 \approx R_{th}$

Chương 5. Máy biến áp

d. Tổng trở không tải: Z_0

$$Z_0 = \frac{U_{1dm}}{I_0} \quad \text{Gần đúng: } Z_0 = Z_{th}$$

e. Điện kháng không tải: X_0

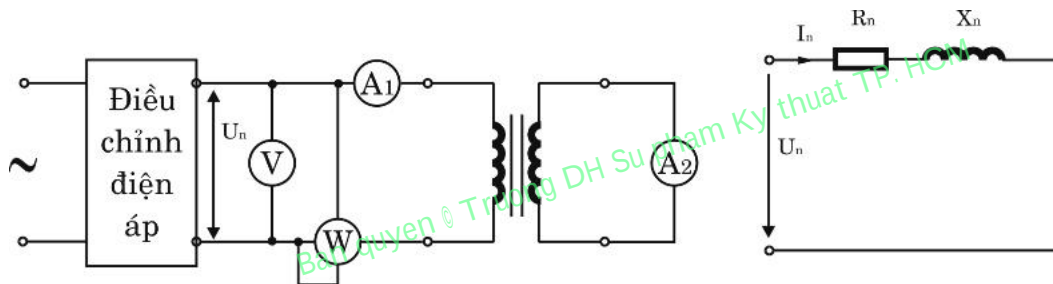
$$X_0 = \sqrt{Z_0^2 - R_0^2} \quad \text{Gần đúng: } X_0 = X_{th}$$

f. Hệ số công suất không tải: $\cos \varphi_0$

$$\cos \varphi_0 = \frac{P_0}{U_{1dm} \cdot I_0} = 0,1 \div 0,3$$

5.5.2. Thí nghiệm ngắn mạch:

- Để xác định tổn hao trên dây quấn (tổn hao đồng) và xác định các thông số của sơ cấp và thứ cấp.
- Sơ đồ mạch thí nghiệm như hình 5-12



Hình 5.12

- Điều chỉnh điện áp thí nghiệm U_n đặt lên sơ cấp MBA bằng 1 bộ điều chỉnh điện áp.
- A_1, A_2 chỉ dòng điện ngắn mạch sơ cấp và thứ cấp I_{1n} và I_{2n} .
- Vôn kế chỉ điện áp ngắn mạch sơ cấp U_n .
- Watt kế chỉ công suất ngắn mạch $P_n \approx \Delta P_{cu}$
- Lúc ngắn mạch: $U_2 = 0$, do đó U_n là điện áp ngắn mạch rơi trên điện trở dây quấn. Vì $U_n \ll U_{dm}$ nên $\phi \ll \phi_{dm}$, có thể bỏ qua tổn hao sắt từ.

a. Điện trở ngắn mạch: R_n

$$R_n = \frac{P_n}{I_{1dm}^2} \quad (5-25)$$

b. Tổng trở ngắn mạch: Z_n

$$Z_n = \frac{U_n}{I_{1dm}} \quad (5-26)$$

c. Điện kháng ngắn mạch: X_n

$$X_n = \sqrt{Z_n^2 - R_n^2} \quad (5-27)$$

Để tính các thông số của dây quấn MBA, ta dùng các công thức gần đúng sau:

$$R_1 \approx R'_2 = \frac{R_n}{2} \quad X_1 \approx X'_2 = \frac{X_n}{2}$$

Nếu biết tỷ số k, ta tính được thông số dây quấn thứ cấp khi chưa qui đổi:

Chương 5. Máy biến áp

$$R_2 = \frac{R'_2}{k^2} \quad X_2 = \frac{X'_2}{k^2}$$

d. Điện áp ngắn mạch tác dụng %: $U_{nR}\%$

$$U_{nR}\% = \frac{R_n \cdot I_{1dm}}{U_{1dm}} \cdot 100 = U_n\% \cdot \cos \varphi_n \quad (5-28)$$

e. Điện áp ngắn mạch phản kháng %: $U_{nX}\%$

$$U_{nX}\% = \frac{X_n \cdot I_{1dm}}{U_{1dm}} \cdot 100 = U_n\% \cdot \sin \varphi_n \quad (5-29)$$

5.5.3. Hiệu suất máy biến áp:

❖ Khi MBA làm việc, có các tổn hao sau:

– Tổn hao trên điện trở dây quấn sơ cấp và thứ cấp, gọi là tổn hao đồng. Tổn hao đồng phụ thuộc vào dòng tải.

$$\Delta P_{cu} = I_1 \cdot R_1 + I_2 \cdot R_2 = I_1^2 \cdot (R_1 + R'_2)$$

$$\Delta P_{cu} = I_1^2 \cdot R_n = k_t^2 \cdot I_{2dm}^2 \cdot R_n$$

Trong đó: K_t gọi là hệ số tải $k_t = \frac{I_2}{I_{2dm}} = \frac{I_1}{I_{1dm}}$

$$\Rightarrow \Delta P_{cu} = k_t^2 \cdot P_n$$

– Tổn hao sắt từ do dòng điện xoáy và từ trễ gây ra. Tổn hao sắt từ chỉ phụ thuộc vào từ thông chính, nghĩa là phụ thuộc vào điện áp.

$$\Delta P_{st} \approx P_0$$

❖ Hiệu suất của MBA:

$$\eta = \frac{P_1}{P_2} = \frac{P_1}{P_2 + \Delta P_{st} + \Delta P_{cu}} \quad (5-30)$$

○ P_2 là công suất tác dụng ở đầu ra (tải tiêu thụ).

$$P_2 = S_2 \cdot \cos \varphi_{t\ddot{a}i} = k_t \cdot S_{dm} \cdot \cos \varphi_{t\ddot{a}i}$$

$$\Rightarrow k_t = \frac{I_2}{I_{2dm}} = \frac{S_2}{S_{dm}}$$

Vậy:
$$\eta = \frac{k_t \cdot S_{dm} \cdot \cos \varphi_{t\ddot{a}i}}{k_t \cdot S_{dm} \cdot \cos \varphi_{t\ddot{a}i} + P_0 + k_t^2 \cdot P_n} \quad (5-31)$$

– Nếu $\cos \varphi_{t\ddot{a}i} = \text{const}$, hiệu suất cực đại khi $\Delta P_{cu} = \Delta P_{st}$

– Hiệu suất cực đại khi: $k_t^2 \cdot P_n = P_0 \Leftrightarrow k_t = \sqrt{\frac{P_0}{P_n}} \quad (5-33)$

– Đối với MBA công suất trung bình và lớn, hiệu suất cực đại khi

Chương 5. Máy biến áp

$$k_t = 0,5 \div 0,7$$

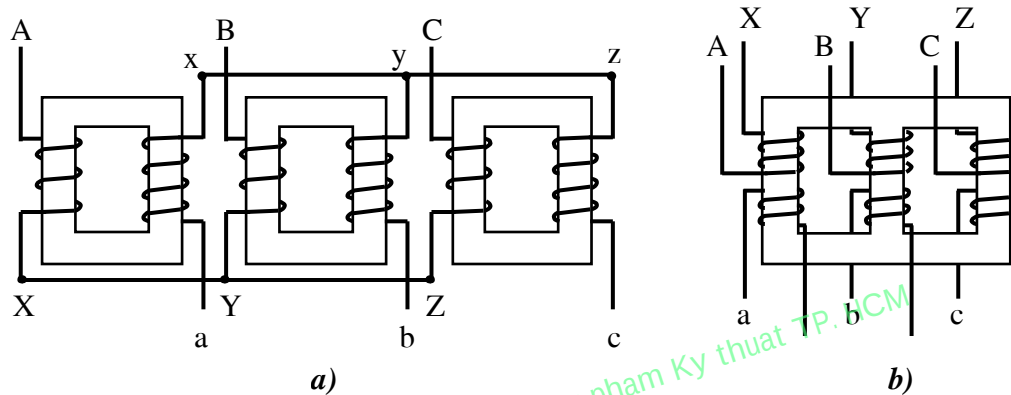
và hiệu suất thay đổi không đáng kể trong phạm vi

$$0,4 < k_t < 1,2$$

§5.6. MÁY BIẾN ÁP BA PHA

5.6.1. Cấu tạo

Để thực hiện biến đổi điện áp trong hệ thống dòng điện ba pha, người ta có thể sử dụng ba máy biến áp một pha như hình 5-13a, hoặc dùng máy biến áp ba pha như hình 5-13b.



Hình 5-13. Sơ đồ cấu tạo máy biến áp ba pha

Về cấu tạo, lõi thép của máy biến áp ba pha gồm ba trụ như hình 5-13b. Dây quấn sơ cấp ký hiệu bằng chữ in hoa:

Pha A ký hiệu là A – X.

Pha B là B – Y.

Pha C là C – Z.

Dây quấn thứ cấp ký hiệu bằng các chữ in thường: pha a là a – x, pha b là b – y, pha c là c – z.

Dây quấn sơ cấp và thứ cấp có thể nối hình sao hoặc tam giác. Nếu sơ cấp nối hình sao, thứ cấp nối hình tam giác ta ký hiệu là Δ/Y . Nếu sơ cấp nối hình sao, thứ cấp nối hình sao có dây trung tính thì ta ký hiệu là Y/Y_0 .

Gọi số vòng dây một pha sơ cấp là N_1 , số vòng dây một pha thứ cấp là N_2 , tỷ số điện áp pha giữa sơ cấp và thứ cấp sẽ là:

$$\frac{U_{p1}}{U_{p2}} = \frac{N_2}{N_1} \quad (5-33)$$

Tỷ số điện áp dây không những phụ thuộc vào tỷ số số vòng dây mà còn phụ thuộc vào cách nối hình sao hay tam giác.

Khi nối Δ/Y (hình 5-14a), bên sơ cấp nối tam giác nên ta có $U_{d1} = U_{p1}$, thứ cấp nối hình sao ta có $U_{d2} = \sqrt{3} U_{p2}$. Vậy tỷ số điện áp dây là:

$$\frac{U_{d1}}{U_{d2}} = \frac{U_{p2}}{U_{p1} \sqrt{3}} = \frac{N_1}{N_2 \sqrt{3}} \quad (5-34)$$

Khi nối Δ/Δ (hình 5-12b), sơ cấp có $U_{d1} = U_{p1}$ và thứ cấp có $U_{d2} = U_{p2}$ cho nên:

Chương 5. Máy biến áp

$$\frac{U_{d1}}{U_{d2}} = \frac{U_{p2}}{U_{p1}} = \frac{N_1}{N_2} \quad (5-35)$$

Khi nối Y/Y (hình 5-12c), sơ cấp có $U_{d1} = \sqrt{3} U_{p1}$ và thứ cấp có $U_{d2} = \sqrt{3} U_{p2}$ cho nên:

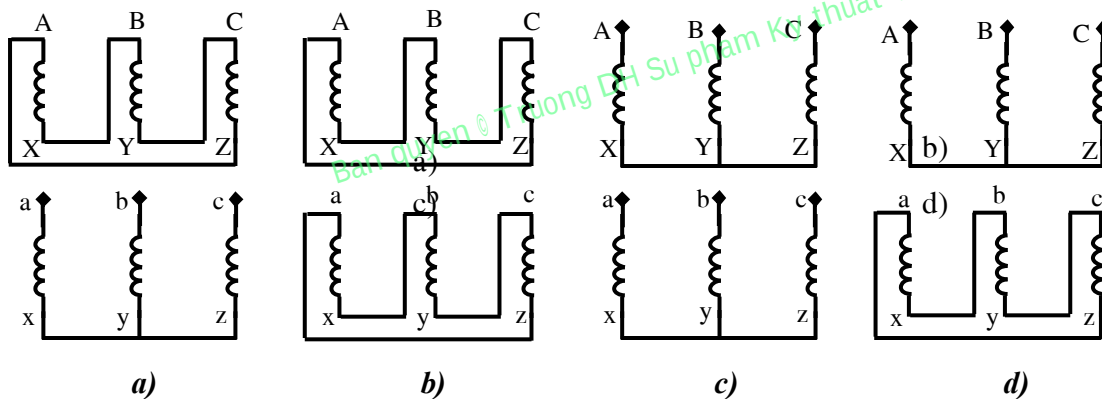
$$\frac{U_{d1}}{U_{d2}} = \frac{U_{p2} \sqrt{3}}{U_{p1} \sqrt{3}} = \frac{N_1}{N_2} \quad (5-36)$$

Khi nối Y/ Δ (hình 5-12d), sơ cấp có $U_{d1} = \sqrt{3} U_{p1}$ và thứ cấp có $U_{d2} = U_{p2}$ cho nên:

$$\frac{U_{d1}}{U_{d2}} = \frac{U_{p2} \sqrt{3}}{U_{p1}} = \frac{\sqrt{3} N_1}{N_2} \quad (5-37)$$

Ở trên ta mới chú ý đến tỷ số điện áp dây, trong thực tế khi có nhiều máy biến áp làm việc song song với nhau, ta phải chú ý đến góc lệch pha giữa điện áp dây sơ cấp và điện áp dây thứ cấp. Vì thế khi ký hiệu tổ đấu dây của máy biến áp, ngoài ký hiệu đầu các dây

quần (hình sao hoặc tam giác), còn ghi thêm chữ số kèm theo để chỉ góc lệch pha giữa điện áp dây sơ cấp và thứ cấp.



Hình 5-14. Các sơ đồ nối dây máy biến áp ba pha.

5.6.2. Tổ nối dây máy biến áp ba pha:

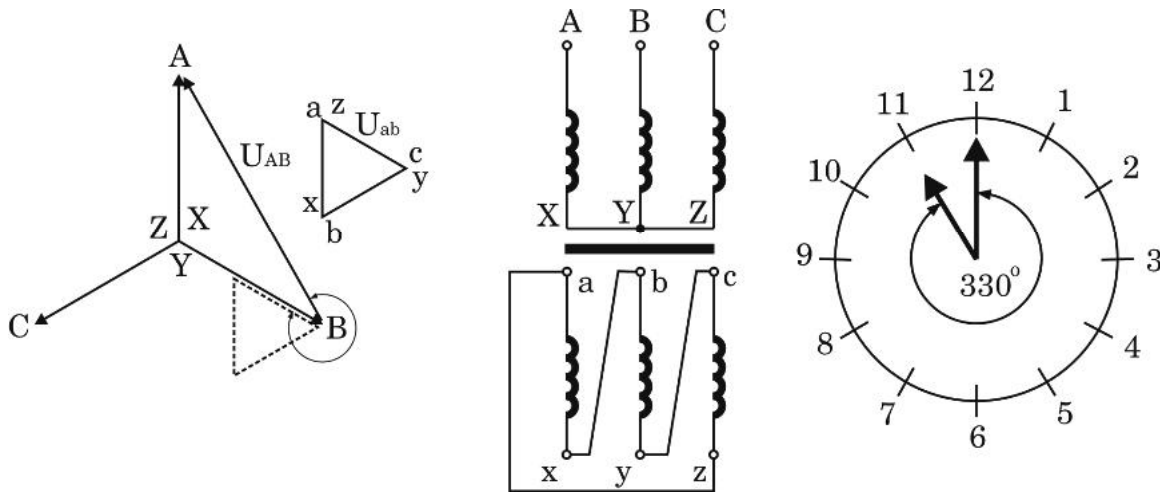
Khi vận hành nhiều MBA 3 pha song song với nhau, ngoài ký hiệu cách đấu dây ta còn phải chú ý đến góc lệch pha giữa điện áp sơ cấp và thứ cấp. Vì vậy nên sau ký hiệu đầu dây người ta còn ghi thêm một chỉ số chỉ góc lệch pha.

Ví dụ:

○ Y/Y – 12 nghĩa là: sơ cấp đấu Y, thứ cấp đấu Y, góc lệch pha giữa điện áp dây sơ cấp và thứ cấp là $= 12 \times 30^\circ = 360^\circ$.

○ Y/ Δ - 11 nghĩa là: sơ cấp đấu Y, thứ cấp đấu Δ , góc lệch pha giữa điện áp dây sơ cấp và thứ cấp là $= 11 \times 30^\circ = 330^\circ$.

Chương 5. Máy biến áp



Hình 5-15

§5.7. MÁY BIẾN ÁP LÀM VIỆC SONG SONG

Trong hệ thống điện, trong các lưới điện, các máy biến áp thường làm việc song song với nhau. Nhờ làm việc song song, công suất lưới điện lớn rất nhiều so với công suất mỗi máy, đảm bảo nâng cao hiệu quả kinh tế của hệ thống và an toàn cung cấp điện, khi một máy hỏng hóc hoặc phải sửa chữa.

Điều kiện để cho các máy làm việc song song là:

- a. **Điện áp định mức sơ cấp và thứ cấp của mỗi máy phải bằng nhau tương ứng**

$$U_{I1} = U_{I2}$$

$$U_{21} = U_{22}$$

Nghĩa là $k_I = k_{II}$

Trong đó k_I là hệ số biến áp của máy I.

k_{II} là hệ số biến áp của máy II.

Trong thực tế, cho phép hệ số biến áp k của các máy khác nhau không quá 0,5%.

- b. **Các máy phải có cùng tổ nối dây**

Ví dụ: không cho phép hai máy có tổ nối dây Y/Δ - 11 và Y/Y - 12 làm việc song song với nhau vì điện áp thứ cấp của hai máy này không trùng pha nhau.

Điều kiện 1 và 2 đảm bảo cho không có dòng điện cân bằng lớn chạy qua trong các máy do sự chênh lệch điện áp thứ cấp của chúng.

- c. **Điện áp ngắn mạch của các máy phải bằng nhau**

$$U_{nI}\% = U_{nII}\% = \dots$$

Trong đó $U_{nI}\%$ là điện áp ngắn mạch phần trăm của máy I.

$U_{nII}\%$ là điện áp ngắn mạch phần trăm của máy II.

Chương 5. Máy biến áp

Cần đảm bảo điều kiện này, để tải phân bố trên các máy tỷ lệ với công suất định mức của chúng.

Nếu không đảm bảo điều kiện thứ 3, ví dụ $U_{nI}\% < U_{nII}\%$ thì khi máy I nhận tải định mức, máy II còn non tải. Thật vậy ở trường hợp này, dòng điện máy I đạt định mức I_{dm} , điện áp rơi trong máy I là $I_{dm} \cdot Z_{nI}$, dòng điện máy II là I_{II} , điện áp rơi trên máy II là $I_{II} \cdot Z_{nII}$. vì hai máy làm việc song song, điện áp rơi trong hai máy phải bằng nhau, ta có:

$$I_{dm} \cdot Z_{nI} = I_{II} \cdot Z_{nII} \quad (5-38)$$

Z_{nI} , Z_{nII} là tổng trở ngắn mạch của máy I và II. vì $U_{nI}\% < U_{nII}\%$ do đó:

$$I_{dm} \cdot Z_{nI} < I_{II} \cdot Z_{nII} \quad (5-39)$$

So sánh (5-38) với (5-39) ta có: $I_{II} < I_{dm}$

Dòng điện máy II nhỏ hơn định mức, vậy máy II đang non tải, trong khi máy I đã định mức. nếu máy II tải định mức thì máy I sẽ quá tải. Trong thực tế cho phép điện áp ngắn mạch của các máy sai khác nhau 10%.

Hệ số tải của mỗi máy khi làm việc song song β_i :

$$\beta_i = \frac{S_i}{S_{dm}} = \frac{S}{u_{ni}\% \cdot \sum \frac{S_{idm}}{u_{ni}\%}} \quad (5-40)$$

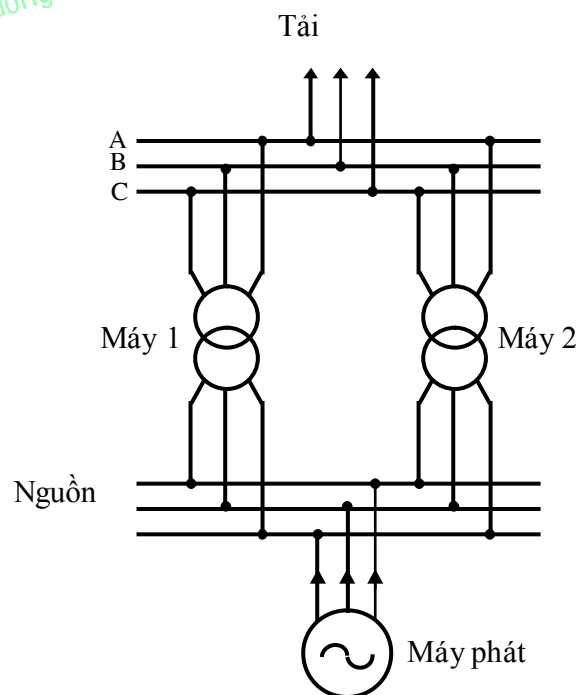
S_i là công suất của máy biến áp thứ i cung cấp cho tải.

S_{dm} là công suất định mức của máy biến áp thứ i.

S là tổng công suất truyền tải của các máy.

Hình 5-16 giới thiệu sơ đồ hai máy biến

áp ba pha làm việc song song.



Hình 5-16. Sơ đồ hai máy biến áp làm việc song song

Chương 5. Máy biến áp

§5.8. CÂU HỎI ÔN TẬP CHƯƠNG 5

1. Cấu tạo và nguyên lý làm việc của máy biến áp
2. Mô hình toán học của máy biến áp
3. Qui đổi và sơ đồ thay thế máy biến áp
4. Thí nghiệm không tải và thí nghiệm ngắn mạch
5. Cách xác định các thông số máy biến áp bằng số liệu thí nghiệm
6. Tổn hao và hiệu suất của máy biến áp

§5.9. BÀI TẬP CHƯƠNG 5

Bài 5.1: Máy biến áp 1 pha có $S_{dm} = 700 \text{ kVA}$, $U_{1dm} = 35 \text{ kV}$, $U_{2dm} = 0,4 \text{ kV}$, $P_0 = 502 \text{ W}$, $P_n = 1200 \text{ W}$.

- Tính dòng điện định mức trong dây quấn sơ cấp và thứ cấp.
- Tính hệ số tải khi hiệu suất cực đại. Tính hiệu suất cực đại đó biết $\cos \varphi = 0,8$.

Lời giải:

$$S_m = U_{1m} \cdot I_{1m} = U_{2m} \cdot I_{2m}$$

$$\diamond I_{1m} = \frac{S_{dm}}{U_{1dm}} = \frac{700}{35} = 20 \text{ A}$$

$$\diamond I_{2m} = \frac{S_{dm}}{U_{2dm}} = \frac{700}{0,4} = 1750 \text{ A}$$

$$\diamond \beta = k_t = \sqrt{\frac{P_0}{P_n}} = \sqrt{\frac{502}{1200}} = 0,647$$

$$\diamond \eta = \frac{k_t S_{dm} \cos \varphi}{k_t S_{dm} \cos \varphi + P_0 + k_t^2 P_n} = 0,997$$

Bài 5.2: Máy biến áp 1 pha có $U_{1dm} = 35 \text{ kV}$, $U_{2dm} = 0,4 \text{ kV}$, $I_{2dm} = 150 \text{ A}$, $P_0 = 0,5 \text{ kW}$, $I_0\% = 10\%$, $P_n = 1,2 \text{ kW}$.

Tính: công suất biểu kiến định mức, công suất biểu kiến không tải và công suất biểu kiến khi hiệu suất cực đại.

Lời giải:

$$S_{dm} = U_{1dm} \cdot I_{1dm} = U_{2dm} \cdot I_{2dm} = 0,4 \cdot 150 = 60 \text{ KVA}$$

$$\diamond I_{1dm} = \frac{S_{dm}}{U_{1dm}} = \frac{60}{35} = 1,714 \text{ A}$$

$$\diamond I_0 = \frac{I_0\%}{100} \cdot I_{1dm} = \frac{10}{100} \cdot 1,714 = 0,171 \text{ A}$$

$$\diamond S_0 = U_{1dm} \cdot I_0 = 35 \cdot 0,171 = 5,985 \text{ KVA}$$

Khi hiệu suất cực đại

$$\diamond \beta = k_t = \sqrt{\frac{P_0}{P_n}} = \sqrt{\frac{0,5}{1,2}} = 0,645$$

$$\diamond k_t = \frac{I_2}{I_{2dm}} = \frac{S_2}{S_{dm}} = \frac{I_1}{I_{1dm}}$$

$$\Rightarrow S_2 = k_t \cdot S_{dm} = 0,645 \cdot 60 = 38,7 \text{ KVA}$$

Chương 5. Máy biến áp

Bài 5.3: Máy biến áp 1 pha có $R_1 = 200\Omega$, $R_2 = 2\Omega$, điện kháng $X_{L1} = 1570\Omega$, $X_{L2} = 15,7\Omega$;

$\frac{W_1}{W_2} = 10$, sơ cấp máy biến áp nối với máy phát sin có điện trở trong $R_{tr} = 1600\Omega$, sức điện động

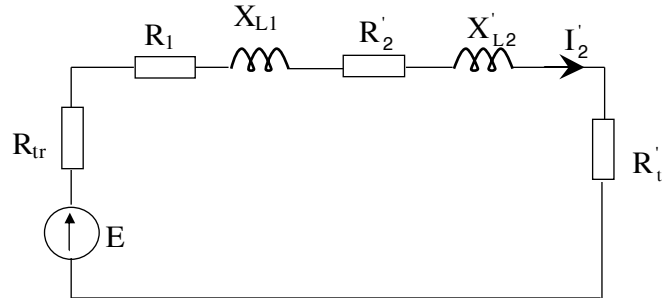
$E = 120V$, thứ cấp nối với tải có $R_{t\ddot{a}i} = 18\Omega$.

1. Xác định công suất tải tiêu thụ.
2. Xác định điện áp đặt lên tải.

Lời giải:

Qui đổi các đại lượng thứ cấp về sơ cấp

- ❖ $R'_2 = k^2 \cdot R_2 = 10^2 \cdot 2 = 200 \Omega$
- ❖ $X'_{L2} = k^2 \cdot X_{L2} = 10^2 \cdot 15,7 = 1570 \Omega$
- ❖ $R'_t = k^2 \cdot R_t = 10^2 \cdot 18 = 1800 \Omega$



$$I'_2 = \frac{E}{\sqrt{(R_{tr} + R_1 + R'_2 + R'_t)^2 + (X_{L1} + X'_{L2})^2}}$$

$$= \frac{120}{\sqrt{(1600 + 200 + 200 + 1800)^2 + (1570 + 1570)^2}} = 0,0243 A$$

- ❖ $I_2 = K \cdot I'_2 = 10 \cdot 0,0243 = 0,243 A$
- ❖ $P_t = I_2^2 \cdot R_t = 0,243^2 \cdot 18 = 1,063 W$
- ❖ $U_2 = I_2 \cdot R_t = 0,243 \cdot 18 = 4,374 (V)$

Bài 5.4: Máy biến áp 3 pha có $S_{dm} = 450kva$, $U_{1dm} = 35KV$, $U_{2dm} = 0,4KV$, $P_0 = 5020W$, $I_0\% = 5\%$, $U_n\% = 8\%$, $P_n = 12KW$.

Tính: dòng điện trong dây quấn sơ cấp và thứ cấp khi hiệu suất cực đại.

Lời giải:

Khi hiệu suất cực đại

- ❖ $\beta = k_t = \sqrt{\frac{P_0}{P_n}} = \sqrt{\frac{5,02}{12}} = 0,647$
- ❖ $I_{1dm} = \frac{S_{dm}}{\sqrt{3}U_{1dm}} = \frac{450}{\sqrt{3} \cdot 35} = 7,423 A$
- ❖ $I_{2dm} = \frac{S_{dm}}{\sqrt{3}U_{2dm}} = \frac{450}{\sqrt{3} \cdot 0,4} = 649,52 A$
- ❖ $k_t = \frac{I_2}{I_{2dm}} = \frac{S_2}{S_{dm}} = \frac{I_1}{I_{1dm}}$

$$\Rightarrow I_1 = k_t \cdot I_{1dm} = 0,647 \cdot 7,423 = 4,8A$$

$$\Rightarrow I_2 = k_t \cdot I_{2dm} = 0,647 \cdot 649,52 = 420 A$$

Bài 5.5: Máy biến áp 1 pha $S_{dm} = 150KVA$; $U_{1dm} = 2400V$; $U_{2dm} = 240V$; $R_1 = 0,2 \Omega$; $X_1 = 0,45 \Omega$; $R_2 = 2 m\Omega$; $X_2 = 4,5 m\Omega$

a. Tính R_n ; X_n ; I_{1dm} ; I_{2dm}

b. Tính P_n ; P_0 biết rằng khi $\cos\varphi = 0,85$; hệ số $K = 1$; hiệu suất $\eta = 0,98$

Chương 5. Máy biến áp

Lời giải:

$$\begin{aligned}
 \diamond k_{ba} &= \frac{U_{1dm}}{U_{2dm}} = \frac{2400}{240} = 10 \\
 \diamond R'_2 &= K^2 \cdot R_2 = 10^2 \cdot 2 = 200 \text{ m}\Omega = 0,2 \Omega \\
 \diamond R_n &= R_1 + R'_2 = 0,2 + 0,2 = 0,4 \Omega \\
 \diamond X'_2 &= K^2 \cdot X_2 = 10^2 \cdot 4,5 = 450 \text{ m}\Omega = 0,45 \Omega \\
 \diamond X_n &= X_1 + X'_2 = 0,45 + 0,45 = 0,9 \Omega \\
 \diamond I_{1m} &= \frac{S_{dm}}{U_{1dm}} = \frac{150 \cdot 10^3}{2400} = 62,5 \text{ A} \\
 \diamond I_{2m} &= \frac{S_{dm}}{U_{2dm}} = \frac{150 \cdot 10^3}{240} = 625 \text{ A} \\
 \diamond P_n &= R_n \cdot I_{1dm}^2 = 0,4 \cdot 62,5^2 = 1562,5 \text{ W} \\
 \diamond P_0 &= \frac{S_{dm} \cos \varphi}{\eta} - S_{m.} \cos \varphi - P_n = 1039,5 \text{ W} \approx 1,04 \text{ Kw}
 \end{aligned}$$

Bài 5.6: Máy biến áp 1 pha có $R_1 = 200\Omega$, $R_2 = 2\Omega$, điện cảm tản $L_1 = 50\text{mH}$, $L_2 = 0,5\text{mH}$; $\frac{W_1}{W_2} = 10$, sơ cấp máy biến áp nối với máy phát sin có $f = 5000\text{Hz}$, điện trở trong $R_{tr} = 1600\Omega$,

sức điện động $E = 100\text{V}$, thứ cấp nối với tải có $R_{t\grave{a}i} = 16\Omega$.

- Xác định công suất tải tiêu thụ.
- Xác định điện áp đặt lên tải.

Đáp số:

$$P_{t\grave{a}i} = 0,7\text{W}; U_2 = 3,348 \text{ V}$$

Bài 5.7: Một máy biến áp 1 pha có: $S_{dm} = 150\text{KVA}$, $U_{1dm} = 2400\text{V}$, $U_{2dm} = 240\text{V}$. Điện trở $R_1 = 0,2\Omega$, $R_2 = 2\text{m}\Omega$. Khi máy làm việc với tải R , L , hệ số tải $K_t = 0,8$ và hệ số $\cos \varphi_t = 0.80$ thì hiệu suất của máy $\eta = 0,98$.

Tính: Tổn hao ngắn mạch P_n và tổn hao không tải P_0 của máy.

Bài 5.8: Máy biến áp 3 pha có $U_{1dm} = 35\text{KV}$, $U_{2dm} = 0,4\text{KV}$, $I_{2dm} = 150\text{A}$, $P_0 = 0,5\text{KW}$, $I_0\% = 10\%$, $P_n = 1,2\text{KW}$.

Tính: công suất biểu kiến định mức, công suất biểu kiến không tải và công suất biểu kiến khi hiệu suất cực đại.

Bài 5.9: Một máy biến áp 3 pha có : $S_{dm} = 7000\text{KVA}$; $U_{1dm} = 35\text{KV}$; $U_{2dm} = 10\text{KV}$; $P_0 = 20\text{KW}$; $P_n = 53.5\text{KW}$.

- Tính dòng điện định mức ở bên cuộn sơ cấp và thứ cấp
- Tính hệ số tải khi hiệu suất cực đại. Tính hiệu suất cực đại đó biết $\cos \varphi = 0,9$.

Đáp số:

$$\begin{aligned}
 I_{1m} &= \frac{S_{dm}}{\sqrt{3}U_{1dm}} = \frac{7000}{\sqrt{3} \cdot 35} = 115,47 \text{ A} \\
 I_{2m} &= \frac{S_{dm}}{\sqrt{3}U_{2dm}} = \frac{7000}{\sqrt{3} \cdot 10} = 404,14 \text{ A} \\
 \beta = k_t &= \sqrt{\frac{P_0}{P_n}} = \sqrt{\frac{20}{53,5}} = 0,611
 \end{aligned}$$

Chương 5. Máy biến áp

$$\eta_{\max} = \frac{k_t S_{\text{dm}} \cos \varphi}{k_t S_{\text{dm}} \cos \varphi + P_0 + k_t^2 P_n} = 0,99$$

Bài 5.10: Một máy biến áp 3 pha có : $S_{\text{dm}} = 175\text{KVA}$; $U_{1\text{dm}} = 35\text{KV}$; $U_{2\text{dm}} = 400\text{V}$; $P_0 = 500\text{W}$; $P_n = 1000\text{W}$.

- Tính dòng điện định mức ở bên cuộn sơ cấp và thứ cấp
- Tính hệ số tải khi hiệu suất cực đại. Tính hiệu suất cực đại đó biết $\cos \varphi = 0,8$
- Tính hiệu suất khi hệ số tải $k_t = 0,5$

Bản quyền © Truong DH Su pham Ky thuat TP. HCM

Chương 6. Máy điện không đồng bộ

CHƯƠNG 6

MÁY ĐIỆN KHÔNG ĐỒNG BỘ

§6.1. KHÁI NIỆM CHUNG

Máy điện không đồng bộ là loại máy điện xoay chiều, làm việc theo nguyên lý cảm ứng điện từ, có tốc độ quay của rotor là n (tốc độ của máy) khác với tốc độ quay của từ trường (n_1). Cũng như các máy điện quay khác, Máy điện không đồng bộ có tính thuận nghịch, nghĩa là có thể làm việc ở chế độ động cơ cũng như ở chế độ máy phát.

Máy phát điện không đồng bộ có đặc tính làm việc không tốt bằng máy phát điện đồng bộ, nên ít được sử dụng.

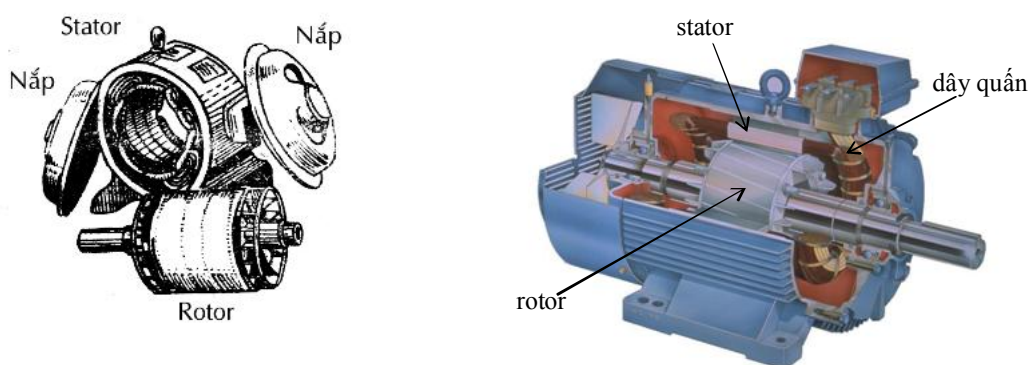
Động cơ điện không đồng bộ có cấu tạo và vận hành đơn giản, giá thành rẻ, làm việc tin cậy nên được sử dụng nhiều trong sản xuất và sinh hoạt.

Động cơ điện không đồng bộ có công suất lớn trên 600W thường là loại ba pha có ba dây quấn làm việc, trục các dây quấn lệch nhau trong không gian một góc 120° điện.

Các động cơ không đồng bộ công suất nhỏ dưới 600W thường là động cơ một pha hoặc hai pha. Động cơ hai pha có hai dây quấn làm việc, trục của hai dây quấn đặt lệch nhau trong không gian một góc 90° điện.

§6.2. CẤU TẠO

Cấu tạo của máy điện không đồng bộ (hình 6-1) gồm hai bộ phận chính là stator và rotor; ngoài ra còn có vỏ máy, nắp máy, bảng đấu dây.



Hình 6-1

Chương 6. Máy điện không đồng bộ

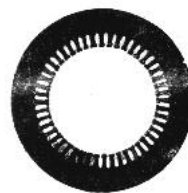


a) Phần tĩnh (Stator):

- Gồm 2 bộ phận chính là lõi thép và dây quấn stator.
- Lõi thép stator hình trụ do các lá thép kỹ thuật điện có dập rãnh bên trong ghép lại tạo thành các rãnh theo hướng trục. Lõi thép được ép chặt vào trong vỏ máy.
- Dây quấn stator làm bằng dây dẫn có bọc cách điện.



Kết cấu Stator không có dây quấn



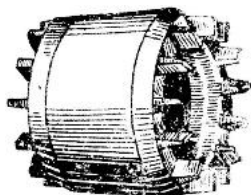
Lá thép Stator

Hình 6-2

b) Phần quay (Rotor):

- Gồm lõi thép, dây quấn và trục máy.
- Lõi thép gồm các lá thép kỹ thuật điện có dập rãnh ghép lại tạo thành các rãnh theo hướng trục, ở giữa có lỗ để lắp trục.
- Dây quấn rotor: có 2 kiểu rotor dây quấn và rotor ngắn mạch (còn gọi là rotor lồng sóc).

Chương 6. Máy điện không đồng bộ



Rotor lồng sóc

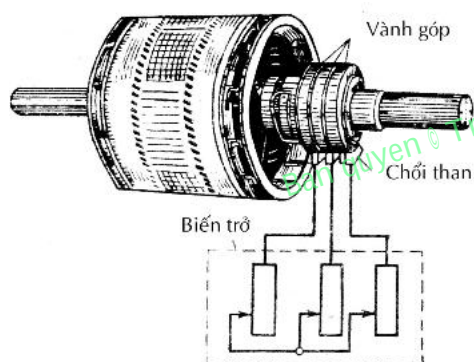


Lá thép của rotor dây quấn

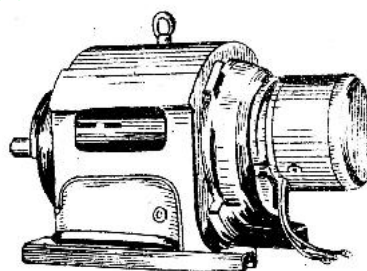
Hình 6-3

c) Các bộ phận phụ:

- Vỏ máy thường được đúc bằng nhôm hoặc bằng gang.
- Chổi than và vành trượt để nối dây quấn rotor với điện trở bên ngoài (đối với máy loại rotor dây quấn).

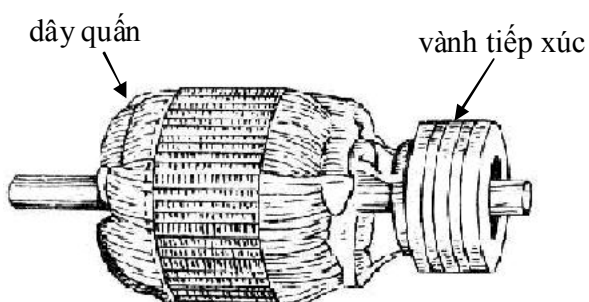


Cấu tạo Rotor dây quấn



Hình dạng bên ngoài của động cơ KĐB

Hình 6-4



a)



b)

Hình 6-5. Rotor dây quấn và ký hiệu máy điện rotor dây quấn

Chương 6. Máy điện không đồng bộ

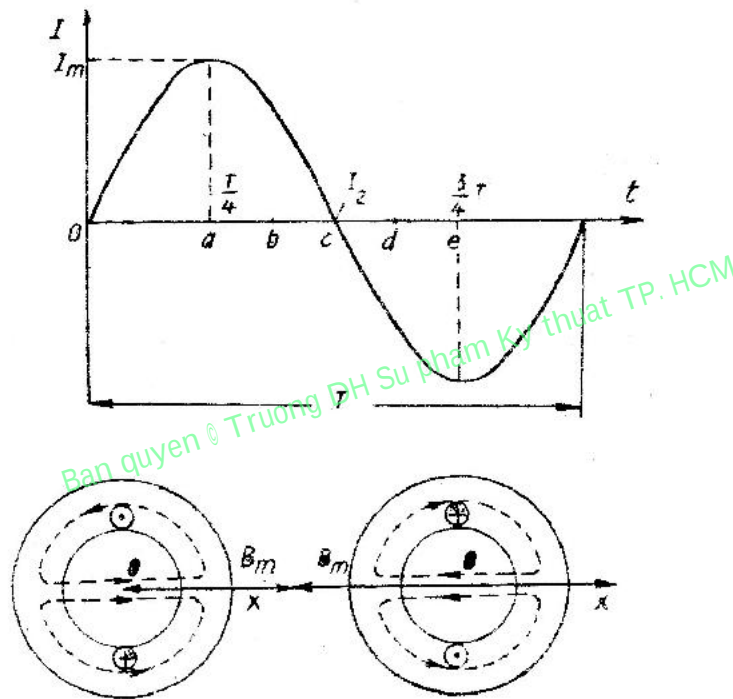
§6.3. TỪ TRƯỜNG QUAY

6.3.1. Sự tạo thành từ trường quay:

❖ Từ trường đập mạch của dây quấn 1 pha:

Từ trường của dây quấn 1 pha có phương không đổi, song trị số và chiều biến đổi theo thời gian gọi là từ trường đập mạch.

– Xét 1 máy điện có cấu tạo đơn giản, stator chỉ có 1 cuộn dây gồm 1 vòng dây đặt như hình vẽ.



Hình 6-6: Sự hình thành từ trường đập mạch trong dây quấn 1 pha

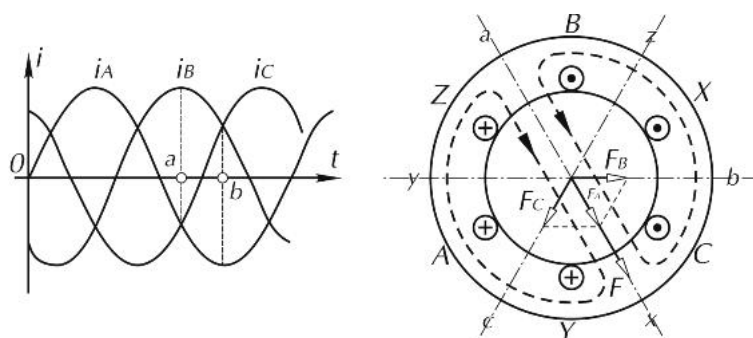
– Cho dòng điện sin đi qua cuộn dây. Trong $\frac{1}{2}$ chu kỳ đầu, dòng điện dương, vectơ từ trường B hướng theo trục Ox, độ lớn tăng dần từ 0 đến B_m rồi từ B_m trở về 0. Nửa chu kỳ sau, dòng điện đổi chiều, vectơ B hướng theo chiều ngược lại và độ lớn cũng thay đổi tương tự $\frac{1}{2}$ chu kỳ đầu. Vectơ B có hướng không đổi như vậy gọi là từ trường đập mạch (không phải từ trường quay).

❖ Từ trường quay của dây quấn 3 pha:

Dòng điện xoay chiều 3 pha có ưu điểm lớn là tạo ra từ trường quay trong các máy điện.

– Xét một máy KĐB đơn giản gồm có 3 cuộn dây stator AX, BY, CZ đặt trong 6 rãnh. Trục của các dây quấn lệch nhau trong không gian 1 góc 120° điện.

Chương 6. Máy điện không đồng bộ



Hình 6.7

- Giả thiết trong dây quấn 3 pha có dòng điện 3 pha đối xứng chạy qua.

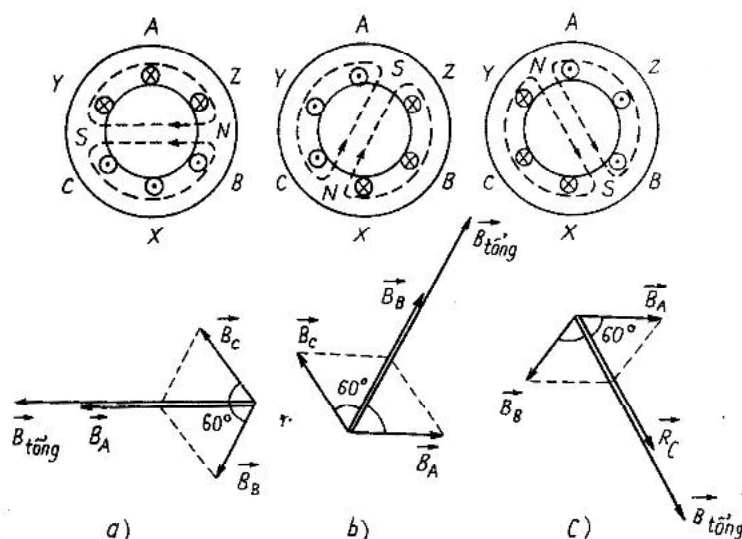
$$i_A = I_{\max} \cdot \sin \omega t$$

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

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

- Thời điểm $\omega t = 90^\circ$, I_A max, I_B & $I_C < 0$ $\vec{B} \equiv \vec{I}_A$
- Thời điểm $\omega t = 90^\circ + 120^\circ$, I_B max, I_A & $I_C < 0$ $\vec{B} \equiv \vec{I}_B$
- Thời điểm $\omega t = 90^\circ + 240^\circ$, I_C max, I_B & $I_A < 0$ $\vec{B} \equiv \vec{I}_C$

Như vậy ta thấy, từ trường tổng của 3 pha đã lần lượt quay 120° , 240° . Từ trường quay này gọi là từ trường quay 1 đôi cực, nếu thay đổi cách cấu tạo dây quấn stator ta có từ trường quay 2, 3, 4 ... p đôi cực.



Hình 6-8

6.3.2. Tính chất của từ trường quay:

Chương 6. Máy điện không đồng bộ

❖ Tốc độ của từ trường quay:

- Tốc độ của từ trường quay phụ thuộc vào tần số f và số đôi cực p .
 - Khi từ trường có 1 đôi cực, tốc độ của từ trường quay $n_1 = f$ vòng/giây
 - Khi từ trường có 2 đôi cực thì $n_1 = f/2$ vòng/giây
 - Tổng quát, khi có p đôi cực thì tốc độ của từ trường quay

$$n_1 = \frac{f}{p} \text{ vòng/giây}$$

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

❖ Chiều quay của từ trường quay:

- Chiều quay của từ trường phụ thuộc vào thứ tự pha của dòng điện.
- Muốn thay đổi chiều quay của từ trường, ta đảo thứ tự 2 trong 3 pha với nhau.

❖ Biên độ của từ trường quay:

- Từ trường quay sinh ra từ thông Φ xuyên qua mỗi dây quấn. Từ thông này biến thiên hình sin và có biên độ bằng $3/2$ từ thông cực đại của mỗi pha.

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

Tổng quát, đối với dây quấn m pha:
$$\Phi_{\max} = \frac{m}{2} \Phi_{p\max}$$

§6.4. NGUYÊN LÝ LÀM VIỆC

6.4.1. Động cơ điện không đồng bộ:

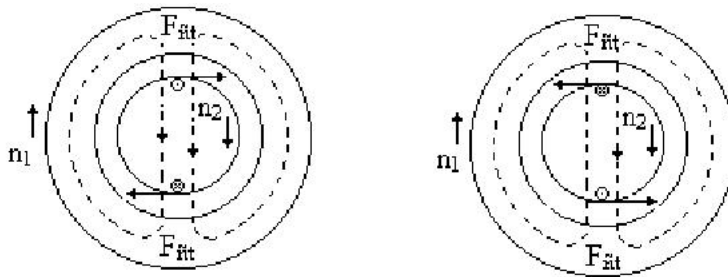
Khi cho dòng điện 3 pha tần số f vào 3 dây quấn stator sẽ sinh ra từ trường quay p đôi cực, quay với tốc độ $n_1 = \frac{60f}{p}$. Từ trường quay này cắt các thanh dẫn của dây quấn rotor cảm ứng thành các sức điện động. Vì rotor nối ngắn mạch nên sức điện động này sinh ra dòng điện trong các thanh dẫn của rotor, lực điện từ tác dụng tương hỗ giữa từ trường và thanh dẫn có dòng điện sẽ kéo rotor quay theo chiều quay của từ trường quay với tốc độ n .

Để minh họa, trên hình 6-9a vẽ từ trường quay tốc độ n_1 , chiều sức điện động và dòng điện cảm ứng trong thanh dẫn rotor, chiều của lực điện từ.

Khi xác định sức điện động cảm ứng theo qui tắc bàn tay phải, ta căn cứ vào chiều chuyển động tương đối của thanh dẫn đối với từ trường. Nếu coi từ trường đứng yên thì chiều chuyển động của thanh dẫn ngược chiều n_1 , từ đó áp dụng qui tắc bàn tay phải xác định được chiều sức điện động như hình vẽ (dấu $\otimes$ chỉ chiều đi từ ngoài vào trong). Chiều lực điện từ xác định theo qui tắc bàn tay trái, trùng với chiều quay n_1 .

Tốc độ n của máy luôn nhỏ hơn tốc độ n_1 vì nếu $n = n_1$ thì không có sự chuyển động tương đối giữa các thanh dẫn rotor và từ trường quay, trong dây quấn rotor sẽ không có dòng điện cảm ứng, lực điện từ sẽ bằng 0.

Chương 6. Máy điện không đồng bộ



Hình 6-9. Sơ đồ nguyên lý làm việc của động cơ không đồng bộ

Độ chênh lệch tốc độ giữa từ trường quay và rotor gọi là tốc độ trượt: n_2

$$n_2 = n_1 - n$$

Hệ số trượt của tốc độ là:

$$s = \frac{n_2}{n_1} = \frac{n_1 - n}{n_1}$$

Khi rotor đứng yên ($n = 0$), hệ số trượt $s = 1$. Khi rotor quay tốc độ định mức $s = 0,02 \div 0,06$. Tốc độ động cơ là:

$$n = n_1(1 - s) = \frac{60 \cdot f}{p}(1 - s) \text{ vòng/phút}$$

6.4.2. Nguyên lý làm việc của máy phát điện không đồng bộ

Nếu stato vẫn nối với lưới điện, nhưng trục rotor không nối với tải mà nối với một động cơ sơ cấp.

Dùng động cơ sơ cấp kéo rotor quay cùng chiều với n_1 (như trên) và với tốc độ quay n lớn hơn tốc độ từ trường n_1 . Lúc này, chiều dòng điện rôto I_2 ngược lại với chế độ động cơ và lực điện từ đổi chiều. Lực điện từ tác dụng lên rotor ngược với chiều quay, gây ra moment hãm cân bằng với moment quay của động cơ sơ cấp, hình 6-4b, máy điện làm việc ở chế độ máy phát. Hệ số trượt là:

$$s = \frac{n_1 - n}{n_1} < 0$$

Nhờ từ trường quay, cơ năng động cơ sơ cấp đưa vào rotor 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 cho hệ số công suất $\cos\varphi$ của lưới điện thấp đi. Nếu khi máy phát làm việc riêng lẻ, ta phải dùng tụ điện nối đầu cực máy để kích từ cho máy. Đó là nhược điểm của máy phát điện không đồng bộ, vì thế trên thực tế ít dùng máy phát điện không đồng bộ.

6.4.3. Nguyên lý làm việc của động cơ không đồng bộ khi làm việc ở chế độ hãm điện từ

Trong thực tế khi người ta muốn động cơ điện ngừng quay một cách nhanh chóng và bằng phẳng khi cắt điện đưa vào động cơ điện hoặc cần giảm bớt tốc độ như ở cần trục lúc đưa hàng xuống hay trong các máy ở tàu điện. Để giải quyết vấn đề trên người ta dùng các phương pháp

Chương 6. Máy điện không đồng bộ

hãm cơ hay điện, ở đây ta khảo sát nguyên lý làm việc của động cơ điện không đồng bộ khi làm việc ở chế độ hãm điện từ.

Khi động cơ điện làm việc ở chế độ hãm điện từ thì ta có $1 < s < +\infty$, nghĩa là rotor quay ngược chiều với từ trường quay.

Khi động cơ làm việc bình thường thì tốc độ quay n của động cơ luôn nhỏ hơn tốc độ từ trường quay n_1 , nhưng khi trục động cơ được tác động bởi một lực nào đó làm cho động cơ quay nhanh hơn tốc độ quay của từ trường, có nghĩa là $n > n_1$, lúc này:

$$P_{\text{cơ}} = m_1 I_2'^2 \left(\frac{1-s}{s} \right) r_2' < 0$$

nên máy lấy công suất từ ngoài vào. Công suất điện từ:

$$P_{\text{đt}} = m_1 I_2'^2 \frac{r_2'}{s} > 0$$

nên máy cũng lấy công suất điện từ lưới vào. Lúc này động cơ chuyển sang chế độ máy phát, moment điện từ sinh ra có chiều ngược với chiều quay của rotor.

Để hãm động cơ bằng phương pháp hãm điện từ, người ta sử dụng các phương pháp hãm sau:

- **Phương pháp hãm đổi thứ tự pha:** khi động cơ đang làm việc bình thường rotor quay cùng chiều với từ trường quay. Sau khi cắt mạch điện, muốn động cơ ngừng quay nhanh chóng, ta đóng cầu dao về phía khác để đổi thứ tự pha đặt vào stator. Do quán tính của phần quay, rotor vẫn quay theo chiều cũ trong lúc từ trường quay do đổi thứ tự pha nên đã quay ngược lại nên động cơ chuyển sang chế độ hãm, moment điện từ sinh ra có chiều ngược với chiều quay của rotor và có tác dụng hãm nhanh chóng và bằng phẳng tốc độ quay của động cơ. Khi rotor ngừng quay, phải cắt ngay mạch điện nếu không động cơ sẽ quay theo chiều ngược lại.
- **Phương pháp hãm đổi thành máy phát điện:** tức là đổi động cơ sang chế độ máy phát, tốc độ từ trường quay bé hơn tốc độ rotor nhưng vẫn cùng chiều. Ta biết rằng khi làm việc ở chế độ động cơ điện, tốc độ rotor gần bằng tốc độ của từ trường quay cho nên khi hãm cần đổi nối làm tăng số đôi cực của dây quấn phần ứng lên, lúc đó tốc độ của rotor sẽ lớn hơn tốc độ của từ trường sau khi đổi nối, động cơ sẽ trở thành máy phát điện trả năng lượng về nguồn, đồng thời xuất hiện moment hãm động cơ lại.
- **Phương pháp hãm động năng:** ở phương pháp này, sau khi cắt nguồn điện xoay chiều vào động cơ, thì lập tức đóng nguồn điện một chiều vào dây quấn stato. dòng điện một chiều lấy từ bộ chỉnh lưu đi qua dây quấn stato tạo thành từ trường một chiều trong máy. Rotor do còn quán tính, quay trong từ trường và trong dây quấn rotor cảm ứng nên sức điện động và dòng điện cảm ứng tác dụng với từ trường nói trên tạo thành moment điện từ chống lại chiều quay của máy.

6.4.4. Các tình trạng làm việc

6.4.4.1. Tình trạng ngắn mạch

Là tình trạng dây quấn stato bị hư cách điện làm chạm số vòng dây quấn, lúc này giá trị dòng điện chạy trong động cơ rất lớn sẽ làm cháy động cơ.

Chương 6. Máy điện không đồng bộ

Hoặc khi động cơ đang hoạt động bình thường, vì lý do gì đó mà rôto bị giữ chặt không quay được cũng gây nên tình trạng ngắn mạch cho động cơ.

6.4.4.2. Tình trạng không tải

Là tình trạng không có gắn phụ tải (phụ tải cơ) vào trục động cơ. Lúc này toàn bộ công suất phát ra ở đầu trục động cơ không được tiêu thụ bởi phụ tải sẽ chuyển hóa thành nhiệt năng làm nóng lõi thép, lâu ngày sẽ làm già cách điện dẫn đến chạm vòng dây quấn, do đó sẽ gây cháy động cơ.

6.4.4.3. Tình trạng mất điện 1 pha

Khi động cơ 3 pha đang làm việc bình thường với phụ tải phù hợp, lúc này từ trường quay bên trong stato là quay đều. Vì một lý do nào đó mà mất điện 1 pha, lúc này từ trường bên trong stato sẽ bị lệch về một phía làm bó chặt không cho rôto quay, dòng điện chạy trong các cuộn dây stato sẽ rất lớn, gây nóng và cháy động cơ.

6.4.4.4. Tình trạng có tải

Là tình trạng có gắn phụ tải (cơ) vào đầu trục động cơ.

Nếu công suất phụ tải $\ll$ công suất động cơ tình trạng là non tải, lúc này công suất không được tiêu thụ hết sẽ chuyển hóa thành nhiệt năng gây nóng và cháy động cơ.

Nếu công suất phụ tải $\gg$ công suất động cơ tình trạng là quá tải, lúc này dòng điện chạy trong các cuộn dây stato sẽ rất lớn, gây nóng và cháy động cơ.

Còn khi công suất phụ tải $\approx$ công suất động cơ tình trạng là đủ tải, đây là tình trạng làm việc tốt nhất của động cơ.

6.4.4.5. Các nguyên nhân gây cháy động cơ

Có 5 nguyên nhân cơ bản:

- Quá tải.
- Ngắn mạch.
- Mất pha.
- Điện áp đưa vào động cơ quá lớn so với điện áp định mức của động cơ.

Điện áp đưa vào động cơ quá nhỏ so với điện áp định mức của động cơ.

§6.5. CÁC PHƯƠNG TRÌNH CÂN BẰNG ĐIỆN TỪ

6.5.1. Phương trình cân bằng điện áp stator:

– Dây quấn stator của động cơ KĐB tương tự như dây quấn MBA, nên ta có phương trình cân bằng điện áp stator là:

$$\dot{U}_1 = \bar{Z}_1 \dot{I}_1 - \dot{E}_1$$

Trong đó:

- $\bar{Z}_1 = R_1 + j.X_1$ là tổng trở dây quấn stator
 - R_1 là điện trở dây quấn stator
 - $X_1 = 2.\pi.f.L_1$ là điện kháng tản dây quấn stator
 - f là tần số của dòng điện stator
 - L_1 là điện cảm tản stator
- $\dot{E}_1$ là sức điện động pha stator do từ thông của từ trường quay sinh ra, có trị số là:

$$E_1 = 4,44.f.W_1.k_{dq1}.\phi_{\max}$$

• k_{dq1} là hệ số dây quấn của 1 pha stator. $k_{dq1} < 1$ nói lên sự suy giảm sức điện động của dây quấn do kết cấu của dây quấn rải trên các rãnh so với dây quấn tập trung như của MBA.

- $\phi_{\max}$ là biên độ cực đại của từ thông của từ trường quay.

Chương 6. Máy điện không đồng bộ

6.5.2. Phương trình cân bằng điện áp dây quấn rotor:

– Các sức điện động cảm ứng trên mạch rotor của động cơ KĐB phụ thuộc vào tần số dòng điện rotor f_2 , mà tần số này lại phụ thuộc vào tốc độ quay của rotor đối với từ trường quay. Ta chọn 2 trường hợp cụ thể để xét là:

- Khi rotor đứng yên: $f_2 = f$
- Khi rotor quay với tốc độ n : $f_2 = \frac{p \cdot n_2}{60} = \frac{s \cdot p \cdot n_1}{60} = s \cdot f$

– Sức điện động pha trong dây quấn rotor lúc quay tốc độ n là:

$$E_{2s} = 4,44 \cdot f_2 \cdot W_2 \cdot k_{dq2} \cdot \phi_{\max} = 4,44 \cdot s \cdot f \cdot W_2 \cdot k_{dq2} \cdot \phi_{\max}$$

- k_{dq2} là hệ số dây quấn của dây quấn rotor
- Sức điện động pha trong dây quấn rotor lúc đứng yên là:

$$E_2 = 4,44 \cdot f \cdot W_2 \cdot k_{dq2} \cdot \phi_{\max}$$

- Như vậy $E_{2s} = s \cdot E_2$
- Cũng tương tự như vậy:

$$X_{2s} = 2 \cdot \pi \cdot f_2 \cdot L_2 = s \cdot 2 \cdot \pi \cdot f \cdot L_2 = s \cdot X_2$$

- L_2 là điện cảm tản pha của rotor
 - $X_2 = 2\pi f L_2$ là điện kháng tản pha của rotor khi đứng yên.
- Lập tỷ số sức điện động pha giữa stator và rotor:

$$k_e = \frac{E_1}{E_2} = \frac{W_1 \cdot k_{dq1}}{W_2 \cdot k_{dq2}} \text{ gọi là hệ số qui đổi sđđ rotor}$$

– Vì dây quấn rotor ngắn mạch nên phương trình cân bằng điện áp dây quấn rotor lúc quay tốc độ n là:

$$\dot{I}_2 (R_2 + j \cdot X_{2s}) = -\dot{E}_{2s}$$

$$\text{Hay} \quad -\dot{E}_{2s} - \dot{I}_2 (R_2 + j \cdot X_{2s}) = 0$$

- Trong phương trình trên, dòng điện rotor có tần số $f_2 = s \cdot f$
- Trị số hiệu dụng của I_2 là:

$$I_2 = \frac{s \cdot E_2}{\sqrt{R_2^2 + (s \cdot X_2)^2}}$$

6.5.3. Phương trình cân bằng sức từ động:

– Khi động cơ làm việc, từ trường quay trong máy do cả 2 dòng điện stator và rotor sinh ra.

- Dòng điện stator sinh ra từ trường quay stator tốc độ n_1 đối với stator.
- Dòng điện rotor sinh ra từ trường quay rotor tốc độ n_2 đối với rotor.

$$n_2 = \frac{60 \cdot f_2}{p} = \frac{s \cdot 60 \cdot f_1}{p} = s \cdot n_1$$

Chương 6. Máy điện không đồng bộ

• Vì rotor quay với tốc độ n đối với stator nên từ trường rotor sẽ quay đối với stator tốc độ là:

$$n_2 + n = s.n_1 + n = s.n_1 + n_1(1 - s) = n_1$$

Như vậy từ trường quay rotor và từ trường quay stator không chuyển động tương đối với nhau.

– Nếu điện áp pha U_1 của stator không đổi thì từ thông $\phi_{\max}$ có trị số hầu như không đổi với chế độ không tải cũng như chế độ có tải, ta có:

• Khi có tải, sức từ động dây quấn stator: $m_1.W_1.k_{dq1}.I_1$

Sức từ động dây quấn rotor: $m_2.W_2.k_{dq2}.I_2$

m_1 và m_2 là số pha của dây quấn stator và rotor

• Khi không tải, sức từ động dây quấn stator: $m_1.W_1.k_{dq1}.I_0$

– Phương trình cân bằng sức từ động:

$$m_1.W_1.k_{dq1}.I_0 = m_1.W_1.k_{dq1}.I_1 - m_2.W_2.k_{dq2}.I_2$$

• Dấu (-) trước I_2 vì chiều của I_2 không phù hợp với chiều từ thông $\phi_{\max}$ theo qui tắc vắn nút chai.

– Chia 2 vế phương trình trên cho $m_1.W_1.k_{dq1}$ ta có:

$$\Leftrightarrow I_1 - \frac{m_2.W_2.k_{dq2}}{m_1.W_1.k_{dq1}}.I_2 = I_0$$

$$\text{Đặt: } k_i = \frac{m_1.W_1.k_{dq1}}{m_2.W_2.k_{dq2}} \Rightarrow \frac{I_2}{k_i} = I'_2$$

▪ I'_2 gọi là dòng điện rotor qui đổi.

▪ $k_i = \frac{m_1.W_1.k_{dq1}}{m_2.W_2.k_{dq2}}$ gọi là hệ số qui đổi dòng điện rotor.

– Phương trình sức từ động được viết lại: $I_1 = I_0 + I'_2$

§6.6. MẠCH ĐIỆN THAY THẾ ĐỘNG CƠ KHÔNG ĐỒNG BỘ

6.6.1. Qui đổi các đại lượng rotor về stator:

– Từ phương trình

$$-\dot{E}_{2s} - I_2(R_2 + j.X_{2s}) = 0$$

$$\Leftrightarrow -s.\dot{E}_2 - I_2(R_2 + j.s.X_2) = 0$$

Chia 2 vế cho s : $-\dot{E}_2 - I_2(\frac{R_2}{s} + j.X_2) = 0$, đây chính là phương trình cân bằng điện áp rotor lúc đứng yên. Và có thể gọi là phương trình điện áp rotor qui đổi về tần số stator.

Chương 6. Máy điện không đồng bộ

Nhân tiếp 2 vế cho k_e : $-k_e \cdot \dot{E}_2 - \dot{I}_2 \left(\frac{R_2}{s} \cdot k_e + j \cdot X_2 \cdot k_e \right) = 0$

$$\Leftrightarrow -k_e \cdot \dot{E}_2 - \frac{\dot{I}_2}{k_i} \left(\frac{R_2}{s} \cdot k_e \cdot k_i + j \cdot X_2 \cdot k_e \cdot k_i \right) = 0$$

$$\Leftrightarrow -\dot{E}'_2 - \dot{I}'_2 \left(\frac{R'_2}{s} + j \cdot X'_2 \right) = 0$$

Trong đó:

- $-\dot{E}'_2 = -k_e \cdot \dot{E}_2$
- $\dot{I}'_2 = \frac{\dot{I}_2}{k_i}$
- $R'_2 = R_2 \cdot k_e \cdot k_i, \quad X'_2 = X_2 \cdot k_e \cdot k_i$
- $k_z = k_e \cdot k_i$ gọi là hệ số tổng trở qui đổi

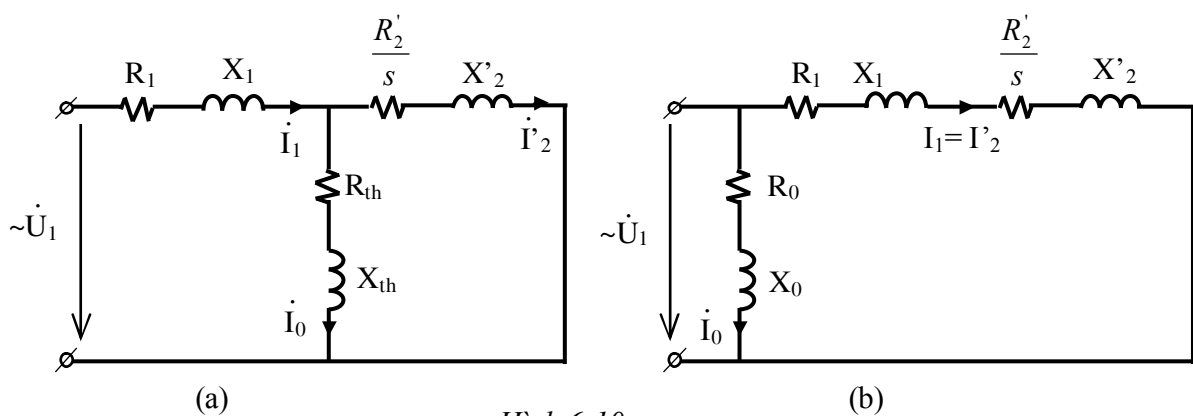
6.6.2. Mạch điện thay thế động cơ KĐB:

- Giống như máy biến áp: $-\dot{E}_1 = -\dot{E}'_2$ là điện áp rơi trên tổng trở từ hóa

$$-\dot{E}_1 = -\dot{E}'_2 = \dot{I}_0 (R_{th} + j \cdot X_{th})$$

- Ta có mô hình toán của động cơ KĐB:

$$\begin{cases} \dot{U}_1 = \dot{I}_1 (R_1 + j \cdot X_1) + \dot{I}_0 (R_{th} + j \cdot X_{th}) \\ 0 = \dot{I}_0 (R_{th} + j \cdot X_{th}) - \dot{I}'_2 \left(\frac{R'_2}{s} + j \cdot X'_2 \right) \\ \dot{I}_1 = \dot{I}_0 + \dot{I}'_2 \end{cases}$$



Hình 6-10

- Hệ phương trình trên là các phương trình Kirchhoff viết cho mạch điện sau:
- Với $R_0 = R_1 + R_{th}$, $X_0 = X_1 + X_{th}$ sơ đồ (a) có thể xem gần đúng tương đương với sơ đồ (b). Sơ đồ (b) được sử dụng nhiều khi tính toán động cơ điện KĐB.

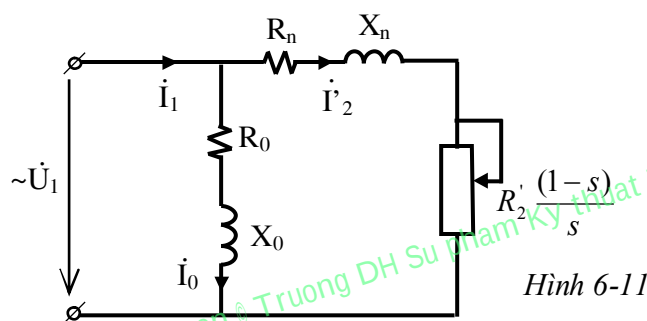
Chương 6. Máy điện không đồng bộ

- Nếu làm phép biến đổi:

$$\frac{R'_2}{s} = R'_2 + \frac{R'_2(1-s)}{s}$$

Sơ đồ thay thế của động cơ KĐB có thể vẽ như sơ đồ hình (c), trong đó:

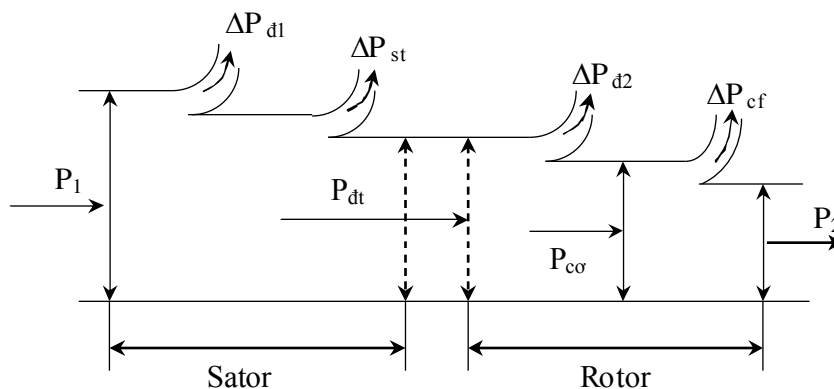
- $R_n = R_1 + R'_2$
- $X_n = X_1 + X'_2$
- $R'_2 \frac{(1-s)}{s}$ đặc trưng cho công suất cơ của động cơ.



§6.7. GIẢI ĐỒ NĂNG LƯỢNG CỦA MÁY ĐIỆN KHÔNG ĐỒNG BỘ

Động cơ điện lấy điện năng từ lưới điện vào với $P_1 = m_1 U_1 I_1 \cos \varphi_1$. Một phần nhỏ của công suất đó biến thành tổn hao đồng của dây quấn stator $\Delta P_{Cu1} = m_1 I_1^2 R_1$ và tổn hao trong lõi sắt stator $\Delta P_{st} = m_1 I_0^2 R_m$, còn phần lớn công suất đưa vào chuyển thành công suất điện từ P_{dt} truyền qua rotor.

Đồ thị quá trình năng lượng được vẽ trên hình, trong đó số pha stator $m_1 = 3$



Hình 6-12

P_1 : Công suất điện động cơ tiêu thụ của lưới điện

Chương 6. Máy điện không đồng bộ

$$P_1 = m_1 U_1 I_1 \cos \varphi_1$$

U_1, I_1 : là điện áp pha và dòng điện pha

Công suất điện từ

$$P_{dt} = P_1 - \Delta P_{d1} - \Delta P_{st}$$

$$P_{dt} = 3 I_2'^2 \frac{R_2'}{s} = 3 I_2'^2 \frac{R_2}{s}$$

$$\Delta P_{d1} = m_1 I_1^2 R_1^2$$

Công suất cơ hữu ích P_2 sẽ nhỏ hơn công suất cơ trên trục động cơ và khi máy quay có tổn hao cơ $\Delta P_{cơ}$ và tổn hao phụ ΔP_f :

$$P_2 = P_{cơ} - \Delta P_{cf}$$

Vì trong rotor có dòng điện nên có tổn hao trong đồng trong rotor

$$\Delta P_{d2} = m_1 I_2'^2 R_2' . \text{ Do đó công suất cơ trên trục động cơ } P_{cơ} \text{ bằng:}$$

$$P_{cơ} = P_{dt} - \Delta P_{d2}$$

Như vậy tổng tổn hao trong động cơ điện bằng:

$$\Sigma \Delta P = \Delta P_{st} + \Delta P_{d1} + \Delta P_{d2} + \Delta P_{cf}$$

Và công suất cơ hữu ích là:

$$P_2 = P_1 - \Sigma \Delta P$$

Hiệu suất của động cơ điện:

$$\eta = \frac{P_2}{P_1} = \frac{P_2}{P_2 + \Sigma \Delta P}$$

§6.8. MOMENT QUAY ĐỘNG CƠ KHÔNG ĐỒNG BỘ

Ở chế độ động cơ, moment điện từ của động cơ đóng vai trò là moment quay:

$$M = M_{dt} = \frac{P_{dt}}{\omega_1}$$

$$\bullet \quad P_{dt} = 3 I_2'^2 \cdot \frac{R_2'}{s}$$

$$\bullet \quad \omega_1 \text{ là tần số góc của từ trường quay, } \omega_1 = \frac{\omega}{p}$$

$$I_2' = \frac{U_1}{\sqrt{(R_1 + \frac{R_2'}{s})^2 + (X_1 + X_2')^2}}$$

Chương 6. Máy điện không đồng bộ

$$\Rightarrow M = \frac{3.U_1^2.R'_2.p}{s.\omega \left[(R_1 + \frac{R'_2}{s})^2 + (X_1 + X'_2)^2 \right]}$$

❖ Các đặc điểm của Moment quay:

– Moment quay tỷ lệ với bình phương điện áp nên khi điện áp thay đổi thì moment sẽ thay đổi rất nhiều.

– Moment có trị số cực đại ứng với giá trị sth làm cho đạo hàm $\frac{\partial M}{\partial s} = 0$

Sau khi tính đạo hàm ta được:

$$s_{th} = \frac{R'_2}{R_1 + X_1 + X'_2} \approx \frac{R'_2}{X_1 + X'_2}$$

$$M_{\max} = \frac{3.P.U_1^2}{2.\omega \left[R_1 + \sqrt{R_1^2 + (X_1 + X'_2)^2} \right]} \approx \frac{3.P.U_1^2}{2.\omega.(R_1 + X_1 + X'_2)}$$

– Hệ số trượt tới hạn tỉ lệ thuận với điện trở rotor (R'_2), còn Mmax không phụ thuộc vào điện trở rotor. Khi cho Rp vào mạch rotor, đặc tính $M = f(s)$ thay đổi như hình vẽ, tính chất này được sử dụng để điều chỉnh tốc độ và mở máy động cơ KĐB rotor dây quấn.

– Gần đúng, quan hệ giữa M, Mmax và sth.

$$M = \frac{2.M_{\max}}{\frac{s}{s_{th}} + \frac{s_{th}}{s}}$$

Thay $s = 1$ ta có moment mở máy của động cơ KĐB:

$$M_{mở} = \frac{3.P.U_1^2.R'_2}{\omega \left[(R_1 + R'_2)^2 + (X_1 + X'_2)^2 \right]}$$

– Đối với động cơ KĐB rotor lồng sóc, thường cho các tỉ số sau:

$$\frac{M_{mở}}{M_{dm}} = 1,1 \div 1,7 \qquad \frac{M_{\max}}{M_{dm}} = 1,6 \div 2,5$$

Chương 6. Máy điện không đồng bộ

§6.9. MỞ MÁY ĐỘNG CƠ KHÔNG ĐỒNG BỘ

Động cơ KĐB 3 pha muốn mở máy được thì moment mở máy phải lớn hơn moment cản (MC) của tải lúc mở máy, đồng thời moment động cơ phải đủ lớn để thời gian mở máy trong phạm vi cho phép. Khi mở máy, dòng điện mở máy lớn bằng $5 \div 7$ lần dòng định mức, đối với lưới điện công suất nhỏ thì sẽ làm ảnh hưởng đến điện áp lưới. Vì thế ta phải có biện pháp hạn chế dòng mở máy.

6.9.1. Mở máy động cơ KĐB rotor lồng sóc:

a) Mở máy trực tiếp:

Đây là phương pháp đơn giản nhất, chỉ việc đóng điện trực tiếp động cơ vào lưới điện. Khuyết điểm của phương pháp này là dòng điện mở máy lớn, ảnh hưởng đến điện áp lưới nhiều. Nếu quán tính của động cơ lớn thì thời gian mở máy sẽ rất lâu làm chảy cầu chì bảo vệ. Vì thế phương pháp này dùng được khi công suất của nguồn lớn hơn công suất động cơ nhiều.

b) Giảm điện áp stator khi mở máy:

Khi ta mở máy giảm điện áp đặt vào động cơ để làm giảm dòng mở máy thì cũng làm moment mở máy của động cơ giảm đi rất nhiều, vì thế nó chỉ được sử dụng trong những trường hợp không yêu cầu moment mở máy lớn.

Có các biện pháp làm giảm điện áp khi mở máy sau:

❖ Dùng điện kháng nối tiếp vào mạch Stator:

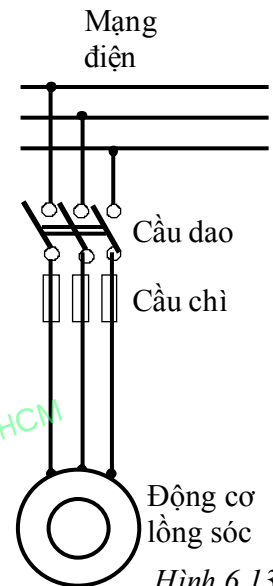
Điện áp mạng đặt vào động cơ thông qua điện kháng. Sau khi mở máy, tốc độ động cơ đã ổn định thì ta ngắn mạch điện kháng để động cơ làm việc với điện áp định mức. Nhờ có điện áp rơi trên điện kháng, điện áp đặt trực tiếp trên stator động cơ giảm k lần, dòng khởi động sẽ giảm k lần song moment khởi động giảm k^2 lần.

❖ Dùng máy biến áp tự ngẫu:

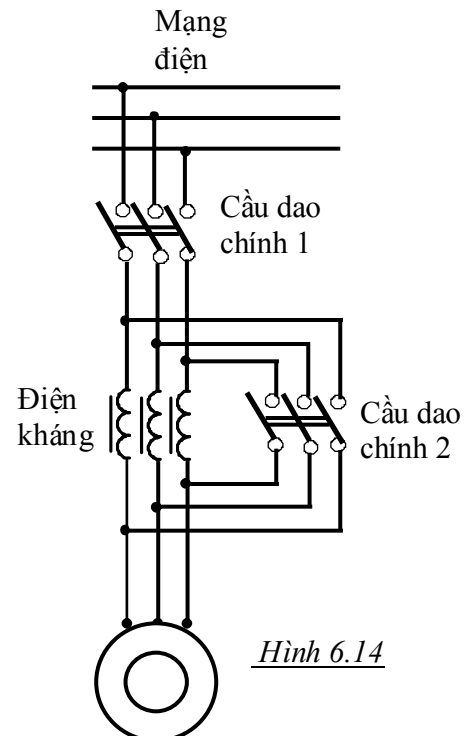
Điện áp mạng đặt vào sơ cấp của máy tự biến áp (hình 6-17), điện áp thứ cấp của MBA đưa vào động cơ. Thay đổi vị trí con chạy để điện áp đưa vào động cơ lúc khởi động nhỏ, sau đó tăng dần lên đến bằng định mức.

Gọi k là tỷ số MBA, U_1 là điện áp pha của lưới điện, Z_n là tổng trở của động cơ lúc mở máy. Điện áp pha đặt vào động cơ khi mở máy là:

$$U_{dc} = \frac{U_1}{k}$$



Hình 6.13



Hình 6.14

Chương 6. Máy điện không đồng bộ

Dòng điện chạy vào động cơ lúc có MBA:

$$I_{dc} = \frac{U_{dc}}{z_n} = \frac{U_1}{k \cdot z_n}$$

Dòng điện lưới cung cấp cho động cơ khi có MBA (dòng điện sơ cấp của máy tự biến áp)

$$I_1 = \frac{I_{dc}}{k} = \frac{U_1}{k^2 \cdot z_n}$$

Khi mở máy trực tiếp

$$I_1 = \frac{U_1}{z_n}$$

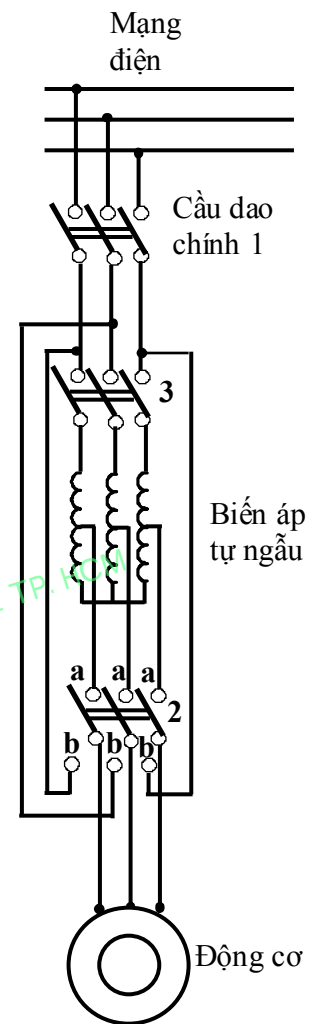
So sánh ta thấy, lúc có máy tự biến áp, dòng điện của lưới giảm đi k^2 lần, đây là một ưu điểm so với phương pháp dùng điện kháng. Vì thế phương pháp dùng máy biến áp tự ngẫu thường được dùng nhiều với những động cơ có công suất lớn.

c) Đỡ nối sao – tam giác

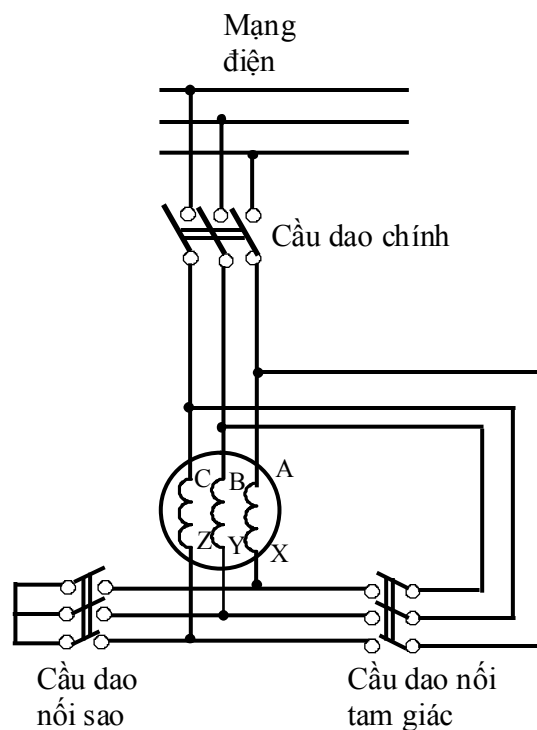
Phương pháp này chỉ dùng được khi bình thường động cơ vận hành được với lưới điện bằng cách đấu tam giác.

Khi khởi động, ta nối hình sao để điện áp đặt vào mỗi pha giảm đi $\sqrt{3}$ lần. Sau khi khởi động xong, ta nối lại thành hình tam giác như đúng qui định của máy.

Khởi động bằng phương pháp này dòng điện dây của lưới giảm đi 3 lần, moment khởi động cũng giảm đi 3 lần.



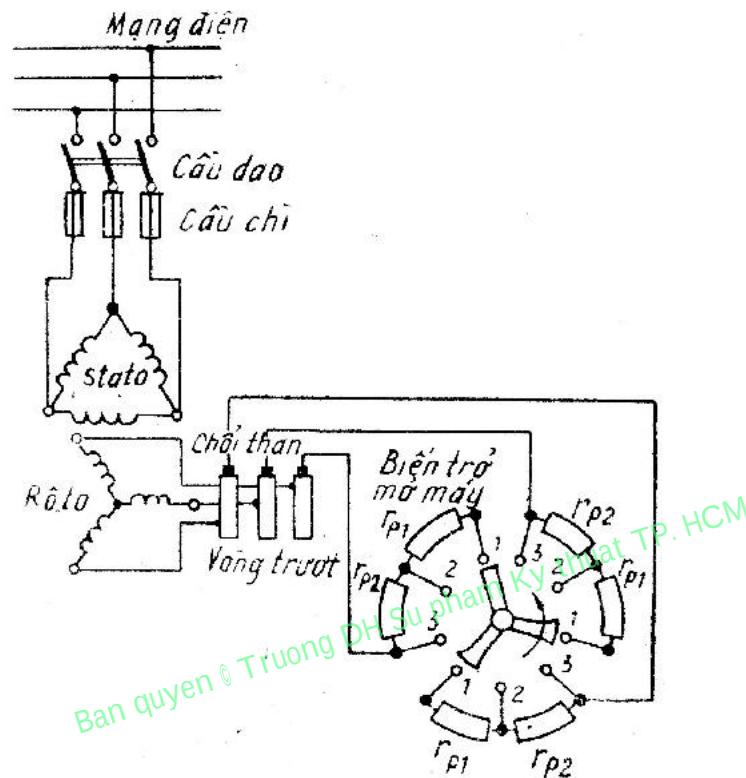
Hình 6.15



Hình 6.16

Chương 6. Máy điện không đồng bộ

6.9.2. Mở máy động cơ KĐB rotor dây quấn:



Hình 6.17

- Khi mở máy, dây quấn rotor sẽ được nối với biến trở mở máy. Đầu tiên để biến trở lớn nhất sau đó giảm dần về 0. Đường đặc tính moment ứng với các giá trị R_m vẽ trên hình 6-18.
- Muốn moment mở máy cực đại, hệ số trượt tới hạn phải bằng 1.

$$s_{th} = \frac{R'_2 + R'_m}{X_1 + X'_2} = 1$$

Từ đó xác định được điện trở R_m cần thiết.

- Khi có R_m dòng điện mở máy là:

$$I_m = \frac{U_1}{\sqrt{(R_1 + R'_2 + R'_m)^2 + (X_1 + X'_2)^2}}$$

- Như vậy, nhờ có R_m mà dòng điện mở máy giảm xuống còn moment mở máy tăng, đó chính là ưu điểm lớn nhất của động cơ KĐB rotor dây quấn.

§6.10. ĐIỀU CHỈNH TỐC ĐỘ ĐỘNG CƠ KHÔNG ĐỒNG BỘ

Từ biểu thức tốc độ của động cơ KĐB:

$$n = \frac{60 \cdot f}{p} (1 - s)$$

Ta thấy, với động cơ KĐB rotor lồng sóc có thể điều chỉnh tốc độ bằng những cách sau:

- Thay đổi tần số dòng điện stator.

Chương 6. Máy điện không đồng bộ

- Đổi nối dây quấn stator để thay đổi số đôi cực p.
- Thay đổi điện áp đặt vào stator để thay đổi hệ số trượt s.
- Đối với động cơ KĐB rotor dây quấn thì thường điều chỉnh bằng cách thay đổi điện trở rotor.

6.10.1. Thay đổi tần số:

- Thay đổi tần số dòng điện stator bằng bộ biến tần
- Từ thông $\Phi_{\max}$ tỷ lệ thuận với U và f. Khi thay đổi tần số người ta muốn giữ cho $\Phi_{\max}$ không đổi. Muốn vậy phải điều chỉnh đồng thời tần số và điện áp để giữ cho tỷ số giữa điện áp và tần số không đổi.

6.10.2. Thay đổi số đôi cực:

Số đôi cực của động cơ phụ thuộc vào kết cấu của dây quấn stator. Động cơ KĐB có cấu tạo dây quấn để thay đổi cực từ gọi là động cơ nhiều cấp tốc độ. Phương pháp này chỉ sử dụng cho loại rotor lồng sóc.

6.10.3. Thay đổi điện áp:

Giả sử điện áp đặt vào mạch stator của động cơ có thể điều chỉnh được, vì moment quay của động cơ tỷ lệ với bình phương điện áp moment sẽ thay đổi dẫn tới tốc độ thay đổi.

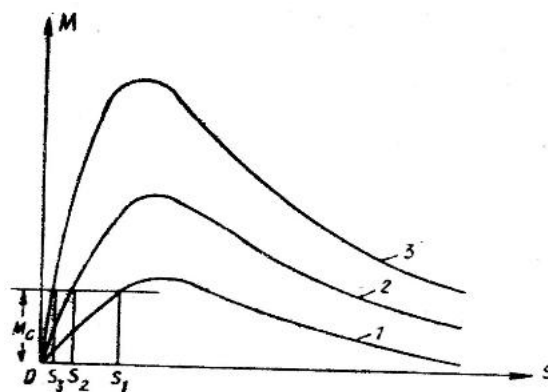
Trên đồ thị, nếu điều chỉnh điện áp lần lượt thấp dần, ta sẽ có các đặc tính tương ứng 1, 2, 3. Các đặc tính này có moment giảm rất thấp, ứng với moment phụ tải không đổi, độ trượt s sẽ tăng từ s_1 tới s_2, s_3 làm tốc độ quay giảm xuống.

Tuy nhiên, cách điều chỉnh tốc độ bằng cách thay đổi điện áp có nhiều nhược điểm: moment động cơ giảm nhiều làm giảm khả năng quá tải của động cơ, làm cho đặc tính của động cơ mềm đi, tốc độ quay không ổn định.

6.10.4. Thay đổi điện trở phụ nối vào rotor:

Đối với động cơ rotor dây quấn có thể sử dụng điện trở mạch rotor để điều chỉnh tốc độ (sơ đồ như hình 6-18). Thật vậy, ta thấy từ biểu thức:

$$s = \frac{3.I_2^2.r_2}{M.\omega_1}$$



Hình 6.18

Nếu moment phụ tải không đổi thì moment quay của động cơ cũng không đổi, vì thế khi r_2 tăng thì độ trượt s cũng tăng là cho tốc độ quay giảm.

Cách điều chỉnh này thường được sử dụng với các cơ cấu trực cần điều chỉnh tốc độ ngắn hạn.

Chương 6. Máy điện không đồng bộ

§6.11. CÂU HỎI ÔN TẬP CHƯƠNG 6

1. Cấu tạo của máy điện không đồng bộ ba pha, phân biệt vai trò và công dụng của roto lồng sóc và roto dây quấn.
2. Từ trường trong máy điện không đồng bộ. Nguyên lý làm việc của máy điện không đồng bộ.
3. Mô hình toán học của động cơ không đồng bộ
4. Sơ đồ thay thế của động cơ không đồng bộ. So sánh với sơ đồ thay thế của máy biến áp
5. Mở máy và điều chỉnh tốc độ của động cơ không đồng bộ

§6.12. BÀI TẬP CHƯƠNG 6

Bài 6.1: Một động cơ không đồng bộ rôto dây quấn có: $U_{dm}=380V$; $2p = 6$; $s = 0,03$; $f = 60Hz$. Dây quấn stato và rôto nối sao có: số vòng dây $W_1 = 112$ vòng; $W_2 = 22$ vòng. Hệ số dây quấn $K_{dq1} = 0,955$; $K_{dq2} = 0,903$. Nếu điện áp dây trên điện trở và điện kháng dây quấn stato $= 3,5\% U_1$. Tính:

- a) Tốc độ quay động cơ.
- b) sức điện động dây quấn rôto lúc đứng yên và lúc quay với hệ số trượt trên.

Đáp số: $n_{dc} = n_1 (1 - s) = \frac{60f}{p} (1 - s) = 1164$ vòng/phút

$$E_{20} = 4,44.f.W_2.K_{dq2}.\Phi_m = 39,43 \text{ V}$$

$$E_{2s} = s.E_{20} = 1,183 \text{ V}$$

Bài 6.2: Một động cơ không đồng bộ 3 pha $f = 60Hz$, tần số dòng điện rôto $f_2 = 3Hz$, $p = 2$, công suất điện từ $P_{dt} = 120KW$, tổn hao đồng ở stato $\Delta P_{dl} = 3KW$, tổn hao cơ và phụ $\Delta P_{cof} = 2KW$, tổn hao sắt từ $\Delta P_{st} = 1,7KW$.

- Tính: - Hệ số trượt s , tốc độ động cơ n .
 - Công suất điện động cơ tiêu thụ P_1 .
 - Hiệu suất động cơ.

$$s = \frac{f_2}{f} = 0,05$$

$$n = n_1(1 - s) = \frac{60f}{p} (1 - s) = 1710 \text{ v/ph}$$

$$P_1 = 124,7 \text{ Kw}$$

Hiệu suất động cơ

$$\eta = \frac{114 - 2}{127,4} = 0,898$$

Bài 6.3: Một động cơ không đồng bộ 3 pha rôto lồng sóc có: $P_{dm} = 7,5KW$; $Y/\Delta - 380V/220V$; $f = 50Hz$, số đôi cực từ $p = 2$, $\cos\phi_{dm} = 0,885$; $\eta_{dm} = 0,883$, tốc độ định mức $n_{dm} = 1460$ vòng/phút, $\frac{M_{mm}}{M_{dm}} = 1,45$ động cơ làm việc ở mạng điện $U = 220V$, mômen cản lúc mở máy bằng $0,5M_{dm}$. Các

phương pháp mở máy sau đây, phương pháp nào có thể mở máy được với tải trên:

- a, Đổi nối Y - Δ .
- b, Dùng biến áp tự ngẫu với hệ số biến áp $K_{ba} = 1,6$.

Đáp số: $M_{dm} = 49,06 \text{ Nm}$
 $M_{mm} = 71,14 \text{ N.m}$

- a) Đổi nối Y - Δ :

Chương 6. Máy điện không đồng bộ

$$M_{mmY-\Delta} = \frac{M_{mở}}{3} = 23,71 \text{ Nm}$$

$$M_{mmY-\Delta} = 23,71 \text{ Nm} < M_C = 0,5M_{dm} = 24,57 \text{ Nm}: \text{không mở máy được động cơ.}$$

$$b) M_{mmBA} = 27,79 > M_C = 24,53 \text{ Nm}: \text{mở máy được động cơ.}$$

Bài 6.4: Một động cơ điện không đồng bộ 3 pha Rotor lồng sóc có: $P_{dm} = 14\text{KW}$, $p = 2$, $n_{dm} = 1450$ vòng/phút; hiệu suất $\eta_{dm} = 0.885$; $\cos\varphi_{dm} = 0.88$; $f = 50\text{Hz}$. Dây quấn Stator và Rotor nối: **Y/Δ - 380/220 V**. Điện áp dây của mạng là 380V.

Tính: - Dòng điện định mức của động cơ.
- Công suất tác dụng và công suất phản kháng động cơ tiêu thụ.

$$\text{Đáp số: } I_{dm} = 27,31 \text{ A}; \quad P_1 = \frac{P_{dm}}{\eta_{dm}} = 15,82 \text{ Kw}$$

$$Q_1 = P_1 \tan\varphi = P_1 \tan 28,36^\circ = 8,54 \text{ Kvar}$$

$$n_1 = \frac{60f}{p} = 1500 \text{ vòng/phút}; \quad s_{dm} = 0,03; \quad f_{2s} = s_{dm} \cdot f = 1,67 \text{ Hz.}$$

Bài 6.5: Một động cơ điện không đồng bộ ba pha Rotor lồng sóc có: $P_{dm} = 15 \text{ KW}$, $p = 2$, $n_{dm} = 1460$ vòng/phút, $f = 50 \text{ Hz}$. Hiệu suất $\eta = 0.88$, $\cos\varphi = 0.80$; $\frac{M_{mm}}{M_{dm}} = 1,3$, $\frac{I_{mm}}{I_{dm}} = 5,5$. Dây quấn Stator nối **Y/Δ - 380/220 V**. Điện áp dây của mạng là 220 V.

Tính: Dòng điện và momen mở máy khi mở máy bằng phương pháp nối cuộn kháng vào Stator để điện áp giảm đi 30%. Động cơ có thể mở máy được không khi momen cản $M_C = 0.5M_{dm}$.

$$\begin{aligned} \text{Đáp số: } I_{dm} &= 55,92 \text{ A}; & I_{mở} &= 307,55 \text{ A}; & M_{dm} &= 98,12 \text{ Nm} \\ M_{mở} &= 128 \text{ Nm}; & I_{mởCK} &= 215,28 \text{ A}; & M_{mởCK} &= 48,08 \text{ Nm} \\ M_C &= 49,06 \text{ Nm}; & M_{mởCK} &< M_C: & \text{Động cơ không mở máy được.} \end{aligned}$$

Bài 6.6: Một động cơ không đồng bộ 3 pha rô to lồng sóc có: $P_{dm}=15\text{kW}$; $n_{dm}=1470\text{v/p}$; $\eta_{dm}=86\%$; $\cos\varphi_{dm}=0,85$; **Y/Δ -380/220V**; tỉ số dòng điện mở máy $\frac{I_{mm}}{I_{dm}} = 5$; $\frac{M_{mm}}{M_{dm}} = 1,5$; $\frac{M_{max}}{M_{dm}} = 2,4$; $U_{dm} = 380\text{V}$; $n_1 = 1500\text{v/p}$.

- Tính công suất tác dụng P và công suất phản kháng Q tiêu thụ của động cơ khi làm việc ở định mức.
- Tính dòng điện định mức của động cơ I_{dm} , mô men định mức M_{dm} , hệ số trượt định mức s_{dm} .
- Tính dòng điện mở máy I_{mm} , mô men mở máy M_{mm} , mô men cực đại M_{max} .

$$\begin{aligned} \text{Đáp số: } P_1 &= 17441,86 \text{ W}; & Q_1 &= P_1 \tan\varphi = 10809,5 \text{ Var}; & I_{mm} &= 31,18 \text{ A} \\ M_{mm} &= 97,45 \text{ Nm}; & s_{dm} &= 0,02; & I_{mm} &= 5 I_{dm} = 155,9 \text{ A} \\ M_{mm} &= 1,5 M_{dm} = 146,17 \text{ Nm}; & M_{max} &= 2,4 M_{dm} = 233,88 \text{ Nm.} \end{aligned}$$

Bài 6.7: Một động cơ điện không đồng bộ ba pha rô to dây quấn số đôi cực $p=3$, điện trở rô to $R_2 = 0,01\Omega$. Khi rô to đứng yên $E_{20} = 212\text{V}$. khi rô to quay với tốc độ $n = 970 \text{ v/ph}$ thì dòng điện rô to $I_2 = 240 \text{ A}$. Tính điện kháng rô to lúc quay X_{2s} và lúc rô to đứng yên X_{20} .

Chương 6. Máy điện không đồng bộ

Đáp số: $n_1 = 1000$ vòng/phút; $s = \frac{n_1 - n}{n_1} = 0,03$

$$X_{2s} = sX_2 = \sqrt{\left(\frac{sE_2}{I_2}\right)^2 - R_2^2} = 0,02454\Omega$$

Khi rotor đứng yên thì $s = 1 \Rightarrow X_{2s} = X_2 = 0,02452\Omega$

$$\text{Khi rotor quay} \Rightarrow X_2 = \frac{X_{2s}}{s} = \frac{0,02454}{0,03} = 0,818\Omega$$

Bài 6.8: Một động cơ điện không đồng bộ ba pha Rotor lồng sóc có : $P_{dm} = 14KW$, $p = 3$, $S_{dm} = 0.026$, $f = 60Hz$. Hiệu suất $\eta = 0.885$, $\cos\varphi = 0,88$. Dây quấn Stator nối Y/ Δ - 380/220V. Điện áp dây của mạng là 220V.

Tính:

- Công suất tác dụng và công suất phản kháng Động cơ tiêu thụ ở chế độ định mức
- Dòng điện và Moment quay định mức.
- Tần số dòng điện trong dây quấn Rotor lúc đứng yên và lúc quay định mức.

Bài 6.9: Một động cơ điện không đồng bộ ba pha dây quấn Stator nối Y/ Δ - 380/220V, $p = 3$, $s = 0.026$, $f = 60Hz$. Mạng điện có điện áp dây $U_d = 220V$. Hiệu suất $\eta = 0.85$, $\cos\varphi = 0.8$, dòng điện trong dây quấn Stator $I_1 = 12,1A$.

Tính : - Công suất hữu ích P_2 trên trục động cơ
- Tốc độ và moment quay động cơ.

Bài 6.10: Một động cơ điện không đồng bộ ba pha $P_{dm} = 45kW$, $f = 50Hz$; dây quấn Stator nối Y/ Δ - 380/220V; $\frac{I_{mm}}{I_{dm}} = 6$; $\frac{M_{mm}}{M_{dm}} = 2,7$; $\cos\varphi_{dm} = 0.86$, Hiệu suất $\eta = 0.91$; $n_{dm} = 1460$ vòng/phút.

Động cơ làm việc với lưới điện $U_d = 380V$.

- Tính I_{dm} , M_{dm} , $I_{mở}$, $M_{mở}$
- Để mở máy với tải có moment cản ban đầu $M_C = 0,45M_{dm}$, người ta dùng biến áp tự ngẫu để $I_{mởBA} = 100A$. Xác định hệ số biến áp k , động cơ có thể mở máy được trong trường hợp này hay không.
- Cũng với tải trên, nếu dùng điện kháng mở máy với $I_{mởĐK} = 200A$. Xác định điện áp đặt lên động cơ lúc mở máy và động cơ có thể mở máy được không.

Đáp số: a) $I_{dm} = 87,36A$; $M_{dm} = 294,3Nm$
 $I_{mở} = 524,16A$; $M_{mở} = 794,6 Nm$
b) $k = 2,29$; $M_{mởBA} = 151,52Nm = 0,515M_{dm}$
 $M_{mởBA} > M_C$: động cơ mở máy được
c) $U_{mở} = 0,381U_{dm} = 145V$
 $M_{mởĐK} = 115,34Nm = 0,392M_{dm}$
 $M_{mởĐK} < M_C$: động cơ không mở máy được

Bài 6.11: Một động cơ không đồng bộ 3 pha đấu sao nối vào lưới $U_d = 380V$. Biết $R_n = 0,122\Omega$; $X_n = 0,4\Omega$; $f = 50Hz$.

- Tính dòng điện mở máy $I_{mở}$.
- Dùng điện kháng mở máy $I_{mởĐK} = 300A$. Tính điện cảm L của cuộn điện kháng mở máy.

Đáp số: $I_{mở} = 526A$; $L = 1,029 mH$

Chương 6. Máy điện không đồng bộ

Bản quyền © Truong DH Su pham Ky thuat TP. HCM

Chương 7. Máy điện đồng bộ

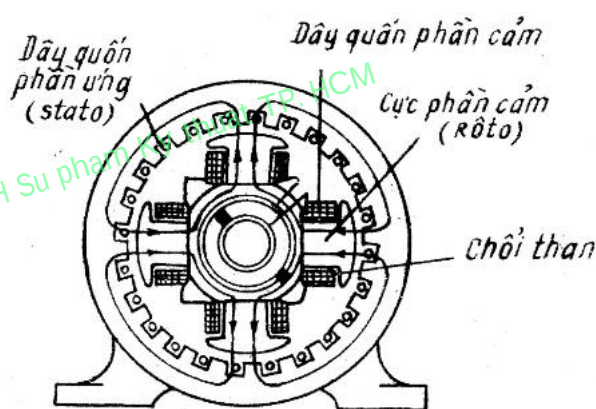
CHƯƠNG 7 MÁY ĐIỆN ĐỒNG BỘ

Những máy điện xoay chiều có tốc độ quay rotor n bằng tốc độ quay của từ trường n_1 gọi là máy điện đồng bộ. Máy điện đồng bộ có 2 dây quấn: dây quấn stator nối với lưới điện có tần số f không đổi, dây quấn rotor được kích thích bằng dòng điện một chiều. Ở chế độ xác lập máy điện đồng bộ có tốc độ quay rotor luôn không đổi khi tải thay đổi.

§7.1. CẤU TẠO

7.1.1. Phần tĩnh (Stator):

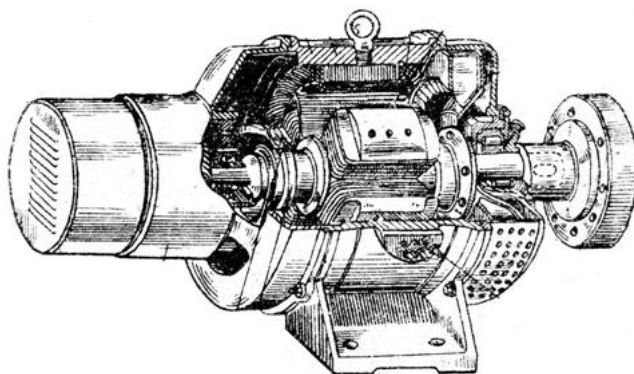
- Stator của máy đồng bộ giống như stator của máy KĐB gồm 2 bộ phận chính là lõi thép stator và dây quấn 3 pha.
- Dây quấn stator gọi là dây quấn phản ứng.



Hình 7-1

7.1.2. Phần quay (Rotor):

- Máy điện đồng bộ gồm có các cực từ và dây quấn kích từ (dây quấn phần cảm) dùng để tạo ra từ trường cho máy. Đối với máy công suất nhỏ thì rotor là nam châm vĩnh cửu.



Hình 7-2. Toàn bộ cấu tạo máy đồng bộ cực lõi

Chương 7. Máy điện đồng bộ

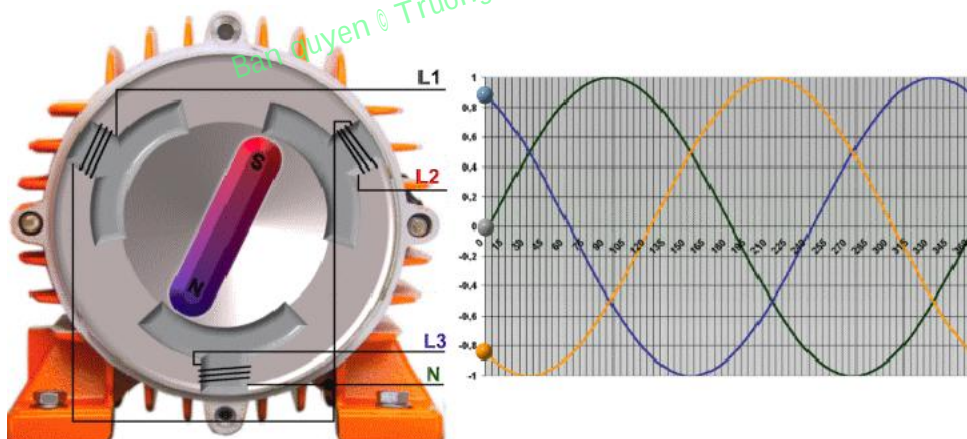
- Có hai loại rotor: rotor cực ẩn và rotor cực lồi.
 - Rotor cực lồi dùng cho các máy tốc độ thấp, có nhiều đôi cực, dây quấn kích từ được quấn xung quanh thân từ cực.
 - Rotor cực ẩn thường dùng cho máy tốc độ cao 3000 v/ph, có một đôi cực, dây quấn kích từ được đặt trong các rãnh.
- Hai đầu của dây quấn kích từ đi luồn trong trục và nối với 2 vòng trượt ở đầu trục, thông qua 2 chổi than để nối với nguồn kích từ.

7.1.3. Các bộ phận phụ:

- Vỏ máy, nắp máy và cánh quạt làm mát.
- Phần kích từ: nhiệm vụ của phần kích từ là tạo ra dòng điện một chiều cung cấp cho dây quấn phần cảm để tạo ra từ thông. Các máy phát điện xoay chiều công suất lớn thường có phần kích từ là một máy phát điện một chiều gọi là máy kích từ đặt trên cùng trục với máy phát xoay chiều.

§7.2. NGUYÊN LÝ LÀM VIỆC

7.2.1. Máy phát điện đồng bộ:



Hình 7-3

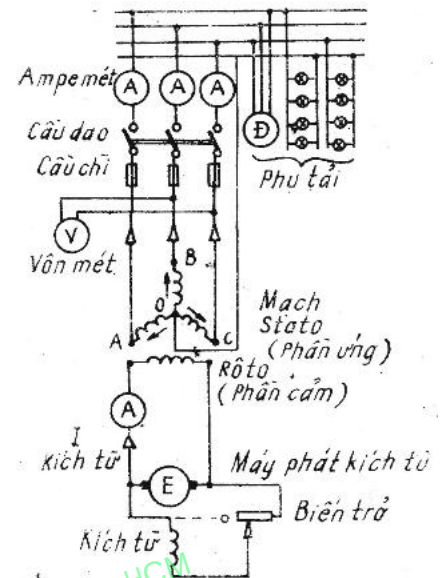
- Phần cảm khi có dòng điện một chiều kích thích tạo thành một nam châm 2 cực (N và S) quay với tốc độ n vòng/phút.
- Khi phần cảm quay, từ thông của nó quét qua các cuộn dây phản ứng, gây ra sự biến đổi từ thông trong cuộn dây theo chu kỳ. Do sự biến đổi từ thông này, trong các cuộn dây phản ứng sẽ xuất hiện các sức điện động cảm ứng e_A, e_B, e_C . Vì các cuộn dây đặt lệch nhau 120° nên các sức điện động lệch pha nhau 120° tức $1/3$ chu kỳ, ta được một hệ thống sức điện động 3 pha.
- Trị số hiệu dụng của các sức điện động:

$$E = 4,44.f.W.\phi_{\max}.k$$

Trong đó:

Chương 7. Máy điện đồng bộ

- $f = \frac{p \cdot n}{60}$ là tần số của sức điện động.
- W là số vòng dây của một cuộn dây một pha
- $\phi_{\max}$ là từ thông cực đại dưới một cực của phần cảm.
- k là hệ số quấn dây.
 - Nếu 3 cuộn dây của phần ứng nối hình Y, nối phụ tải vào A-B-C sẽ có dòng điện 3 pha chạy trong các cuộn dây rồi chạy ra phụ tải. Đây là hệ thống điện xoay chiều 3 pha của phần ứng. Tần số của dòng điện cũng bằng tần số của sức điện động và lệch pha nhau $1/3$ chu kỳ.
 - Từ trường do dòng điện 3 pha của phần ứng sinh ra là một từ trường quay với tốc độ $n_0 = \frac{60 \cdot f}{p}$ bằng tốc độ quay của phần cảm nên máy phát điện này gọi là máy phát điện đồng bộ.



Hình 7-4 Sơ đồ mạch điện của máy phát điện đồng bộ

7.2.2. Phản ứng phần ứng của máy phát điện đồng bộ:

- Tác dụng của từ thông phần ứng đối với từ thông phần cảm gọi là phản ứng phần ứng.
- Khi máy phát điện làm việc, từ thông của cực từ ϕ_0 cắt dây quấn stator cảm ứng ra sức điện động E_0 chậm pha so với từ thông ϕ_0 góc 90° . Nếu stator nối với tải thì trong mạch stator có dòng điện I cung cấp cho tải. Góc lệch pha giữa E_0 và I do tính chất của tải quyết định. Ta xét 3 trường hợp đặc trưng:

❖ Trường hợp tải thuần trở: (Hình a)

Góc lệch pha $\psi = 0$, E_0 và I cùng pha. Dòng điện I sinh ra từ thông phần ứng cùng pha với dòng điện, theo hướng ngang trục, làm méo từ trường cực từ ta gọi là phản ứng phần ứng ngang trục.

❖ Trường hợp tải thuần cảm: (Hình b)

Góc lệch pha $\psi = 90^\circ$. Dòng điện I sinh ra từ thông phần ứng ngược chiều với từ thông ϕ_0 ta gọi là phản ứng phần ứng dọc trục khử từ có tác dụng làm giảm từ trường tổng.

❖ Trường hợp tải thuần dung: (Hình c)

Góc lệch pha $\psi = -90^\circ$. Dòng điện I sinh ra từ thông phần ứng cùng chiều với từ thông ϕ_0 ta gọi là phản ứng phần ứng dọc trục trợ từ có tác dụng làm tăng từ trường tổng.

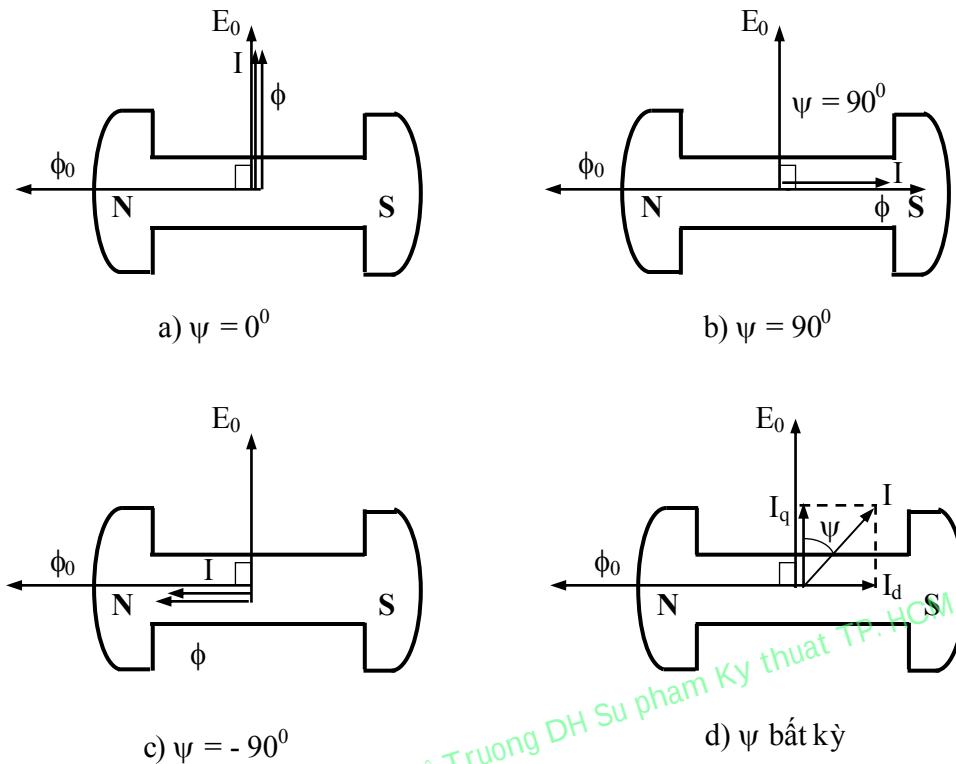
❖ Trường hợp tải bất kỳ: (Hình d)

Ta phân tích dòng điện làm 2 thành phần:

- Thành phần dọc trục $I_d = I \cdot \sin \psi$
- Thành phần ngang trục $I_q = I \cdot \cos \psi$

Dòng điện I sinh ra từ trường vừa có tính ngang trục và vừa có tính dọc trục khử từ hoặc trợ từ tùy theo tính chất của tải (tính điện cảm hoặc tính điện dung).

Chương 7. Máy điện đồng bộ



Hình 7-5 Phân ứng phản ứng của rotor máy điện đồng bộ

§7.3. MÔ HÌNH TOÁN HỌC CỦA MÁY PHÁT ĐỒNG BỘ

7.3.1. Phương trình điện áp của máy phát điện đồng bộ cực lồi

Khi máy phát điện làm việc từ thông cực từ Φ_0 sinh ra sức điện động E_0 ở dây quấn stator. Khi máy có tải sẽ có dòng điện I và điện áp U trên tải. Ở máy cực lồi vì khe hở dọc trục và ngang trục khác nhau nên ta phải phân tích ảnh hưởng của phản ứng phản ứng theo hướng dọc trục và ngang trục. Từ trường chính phản ứng ngang trục tạo nên sđđ ngang trục:

$$\dot{E}_{uq} = -j\dot{I}_q X_{uq}$$

Trong đó X_{uq} : điện kháng phản ứng phản ứng ngang trục

Từ trường chính phản ứng dọc trục tạo nên sđđ dọc trục $\dot{E}_{ud} = -j\dot{I}_d X_{ud}$

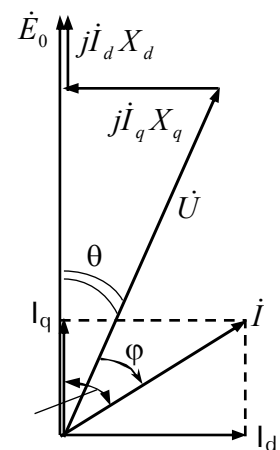
Trong đó X_{ud} : điện kháng phản ứng phản ứng dọc trục

Từ thông tản của dây quấn stator đặc trưng bởi điện kháng tản X_t không phụ thuộc hướng dọc trục hoặc ngang trục:

$$\dot{E}_t = -j\dot{I}X_t = -j\dot{I}_d X_t - j\dot{I}_q X_t$$

Bỏ qua điện áp rơi trên dây quấn phản ứng ta có phương trình điện áp của máy phát điện đồng bộ cực lồi:

$$\dot{U} = \dot{E}_0 - j\dot{I}_d X_{ud} - j\dot{I}_d X_t - j\dot{I}_q X_{uq} - j\dot{I}_q X_t$$



Chương 7. Máy điện đồng bộ

$$= \dot{E}_0 - j\dot{I}_d(X_{ud} + X_t) - j\dot{I}_q(X_{uq} + X_t)$$

$$\dot{U} = \dot{E}_0 - j\dot{I}_d X_d - j\dot{I}_q X_q$$

Trong đó:

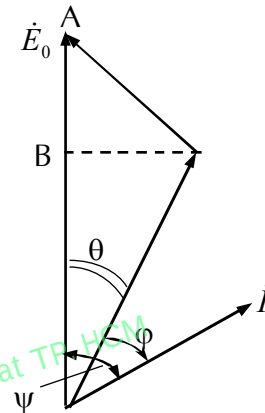
$X_{ud} + X_t = X_d$ là điện kháng đồng bộ dọc trục

$X_{uq} + X_t = X_q$ là điện kháng đồng bộ ngang trục

7.3.2. Phương trình điện áp của máy phát điện đồng bộ cực ẩn

Đối với máy phát cực ẩn là trường hợp đặc biệt của cực lồi, trong đó $X_d = X_q$ gọi là điện kháng đồng bộ X_{db} . Phương trình điện áp của máy phát đồng bộ cực ẩn:

$$\dot{U} = \dot{E}_0 - j\dot{I}X_{db}$$



§7.4. CÔNG SUẤT ĐIỆN TỪ CỦA MÁY PHÁT ĐIỆN ĐỒNG BỘ

7.4.1. Công suất tác dụng:

Công suất tác dụng mà máy phát đồng bộ cung cấp cho tải là:

$$P = m.U.I.\cos\varphi$$

Trong đó:

- m là số pha
- U, I là điện áp và dòng điện pha.
- φ là góc lệch pha giữa U và I .

7.4.2. Công suất phản kháng:

– Công suất phản kháng của máy phát đồng bộ là:

$$Q = m.U.I.\sin\varphi$$

$$Q = \frac{mUE_0 \cos\theta}{X_{db}} - \frac{mU^2}{X_{db}}$$

Trong đó:

- E_0 là sức điện động pha của máy phát đồng bộ
- θ là góc lệch pha giữa U và E_0 do tính chất của tải quyết định
- X_{db} là điện kháng phản ứng phần ứng đồng bộ

$$X_{db} = X_d + X_q$$

X_d là điện kháng phản ứng phần ứng dọc trục đồng bộ

X_q là điện kháng phản ứng phần ứng ngang trục đồng bộ

– Như vậy, khi giữ U, f và P không đổi thì

- Nếu $E_0 \cos\theta < U$ thì $Q < 0$
- Nếu $E_0 \cos\theta > U$ thì $Q > 0$

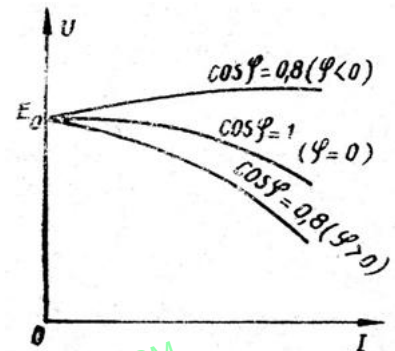
Chương 7. Máy điện đồng bộ

- Nếu $E_0 \cos \theta = U$ thì $Q = 0$
 - Khi $Q > 0$, nghĩa là máy không phát công suất phản kháng mà nhận công suất phản kháng từ lưới để tạo từ trường quay, máy thiếu kích từ.
 - Khi $Q < 0$ máy phát công suất phản kháng cung cấp cho tải, máy quá kích từ.
 - Muốn thay đổi công suất phản kháng ta phải thay đổi E_0 , nghĩa là phải điều chỉnh dòng kích từ. Muốn tăng công suất phản kháng phát ra phải tăng dòng kích từ.

7.4.3. Đặc tính của máy phát điện đồng bộ :

❖ Đặc tính ngoài:

- Đặc tính ngoài của máy phát là quan hệ giữa điện áp U trên cực của máy phát và dòng tải I khi tính chất của tải không đổi ($\cos \varphi_t = \text{const}$), tần số và dòng điện kích từ của máy phát không đổi.
- Điện áp của máy phát phụ thuộc vào dòng điện và đặc tính của tải.
- Độ biến thiên điện áp đầu cực của máy phát khi làm việc định mức so với khi không tải xác định như sau:



$$\Delta U\% = \frac{U_0 - U_{dm}}{U_{dm}} 100\% = \frac{E_0 - U_{dm}}{U_{dm}} 100\%$$

- Độ biến thiên điện áp $\Delta U\%$ của máy phát đồng bộ có thể đạt đến vài chục phần trăm vì $X_{đb}$ khá lớn.

❖ Đặc tính điều chỉnh:

- Đường đặc tính điều chỉnh là quan hệ giữa dòng điện kích từ và dòng điện tải khi điện áp U không đổi bằng định mức.
- Phần lớn các máy điện đồng bộ có bộ tự động điều chỉnh dòng kích từ giữ cho điện áp không đổi.

§7.5. SỰ LÀM VIỆC SONG SONG CỦA CÁC MÁY PHÁT ĐIỆN ĐỒNG BỘ:

Các hệ thống điện gồm nhiều máy phát điện đồng bộ làm việc song song với nhau tạo thành lưới điện. Để các máy làm việc song song cần bảo đảm các điều kiện sau:

- Điện áp của máy phát phải bằng điện áp của lưới điện và trùng pha nhau.
- Tần số của máy phát phải bằng tần số của lưới điện.
- Thứ tự pha của máy phát phải giống thứ tự pha của lưới điện.

Nếu không đảm bảo các điều kiện trên, sẽ có dòng điện lớn chạy qua trong máy, phá hỏng máy và gây rối loạn hệ thống điện.

Để đóng máy phát điện vào lưới, ta dùng thiết bị hòa đồng bộ.

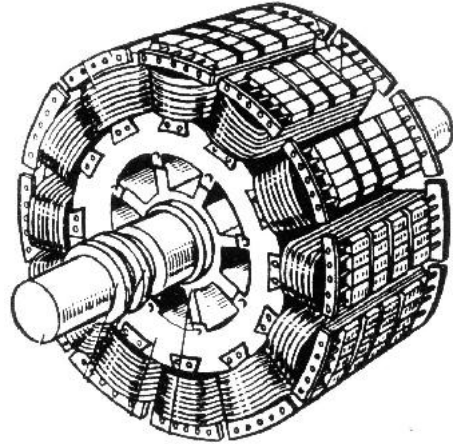
Chương 7. Máy điện đồng bộ

§7.6. ĐỘNG CƠ ĐỒNG BỘ

7.6.1. Nguyên lý làm việc:

– Khi ta cho dòng điện 3 pha vào 3 dây quấn stator, tương tự như động cơ điện không đồng bộ, dòng điện 3 pha ở stator sẽ sinh ra từ trường quay với tốc độ $n_1 = 60f/p$.

– Khi cho dòng điện một chiều vào dây quấn rotor, thì rotor sẽ biến thành một nam châm điện. Tác dụng tương hỗ giữa từ trường stator và từ trường rotor sẽ có lực tác dụng lên rotor và kéo rotor quay với tốc độ $n = n_1$.



7.6.2. Điều chỉnh hệ số công suất của động cơ điện đồng bộ :

– Khi động cơ đồng bộ thiếu kích từ thì dòng điện I sẽ chậm sau điện áp U , động cơ đồng bộ tiêu thụ công suất phản kháng từ lưới điện. Khi sử dụng người ta không để động cơ đồng bộ làm việc ở chế độ này.

– Trong công nghiệp, người ta cho động cơ làm việc ở chế độ quá kích từ, dòng điện I vượt trước điện áp U , động cơ vừa tạo ra cơ năng đồng thời phát ra công suất phản kháng cho lưới điện nhằm nâng cao hệ số công suất của lưới. Đó là ưu điểm rất lớn của động cơ đồng bộ.

7.6.3. Mở máy động cơ điện đồng bộ:

– Khi cho dòng điện vào dây quấn stator sẽ tạo ra từ trường quay kéo rotor quay. Nếu sau khi đóng mạch stator mà cấp ngay dòng một chiều cho rotor thì do rotor có quán tính lớn hơn từ trường quay rất nhiều nên vẫn đứng yên, từ trường rotor không thể bắt kịp từ trường quay stator. Vì thế việc mở máy động cơ đồng bộ phải có trang bị mở máy riêng.

– Để tạo moment mở máy, trên các mặt cực từ rotor, người ta đặt các thanh dẫn được nối ngắn mạch như rotor lồng sóc ở động cơ không đồng bộ. Khi mở máy nhờ có dây quấn mở máy này động cơ sẽ làm việc như động cơ KĐB khi mở máy.

– Trong quá trình mở máy, dây quấn kích từ sẽ cảm ứng một điện rất lớn có thể phá hỏng dây quấn, vì thế dây quấn kích từ sẽ được khép mạch qua một điện trở phóng điện có trị số bằng từ 6 đến 10 lần điện trở dây quấn kích từ.

– Khi rotor quay đến tốc độ gần tốc độ đồng bộ, đóng nguồn điện một chiều vào dây quấn kích từ để động cơ làm việc đồng bộ.

Chương 7. Máy điện đồng bộ

§7.7. CÂU HỎI ÔN TẬP CHƯƠNG 7

1. Cấu tạo và nguyên lý làm việc của máy phát điện đồng bộ
2. Mô hình toán học của máy phát điện đồng bộ
3. Công suất điện từ của máy phát điện đồng bộ
4. Nguyên lý làm việc, cách mở máy và điều chỉnh $\cos\phi$ của động cơ đồng bộ

§7.8. BÀI TẬP CHƯƠNG 7

Bài 7.1. Một máy phát điện đồng bộ ba pha cực ẩn đầu sao; $S_{dm} = 10000 \text{ kVA}$; $U_{dm} = 6,3 \text{ kV}$; $f = 50 \text{ Hz}$, $\cos\phi_{dm} = 0,8$; số đôi cực $p = 2$; điện trở dây quấn stato $R = 0,04 \Omega$; điện kháng đồng bộ $X_{db} = 1 \Omega$; tổn hao kích từ $\Delta P_{kt} = 2\% P_{dm}$, tổn hao cơ, sắt từ và phụ $\Delta P_{cstf} = 2,4\% P_{dm}$.

- a) Tính tốc độ quay rotor, dòng điện định mức
- b) Tính công suất tác dụng và phản kháng máy phát ra
- c) Tính công suất động cơ sơ cấp kéo máy phát và hiệu suất máy phát.

Lời giải

- a) Tốc độ quay rotor

$$n = n_1 = \frac{60p}{p} = \frac{60 \cdot 50}{2} = 1500 \text{ v/gph}$$

Dòng điện định mức

$$I_{dm} = \frac{S_{dm}}{\sqrt{3}U_{dm}} = \frac{10.000}{\sqrt{3} \cdot 6,3} = 916,5 \text{ A}$$

- b) Công suất tác dụng máy phát ra

$$P_{dm} = S_{dm} \cdot \cos\phi_{dm} = 10000 \cdot 0,8 = 8000 \text{ kW}$$

Công suất phản kháng máy phát ra

$$Q_{dm} = S_{dm} \cdot \sin\phi_{dm} = 10000 \cdot 0,6 = 6000 \text{ kVar}$$

Tổn hao kích từ

$$\Delta P_{kt} = 0,02 P_{dm} = 0,02 \cdot 8000 = 160 \text{ kW}$$

Tổng tổn hao cơ sắt từ phụ

$$\Delta P_{cstf} = 0,024 P_{dm} = 0,024 \cdot 8000 = 192 \text{ kW}$$

Tổn hao trên điện trở dây quấn phản ứng

$$\Delta P_d = 3 \cdot I_{dm}^2 \cdot R = 3 \cdot 916,5^2 \cdot 0,04 = 100,8 \text{ kW}$$

- c) Công suất động cơ sơ cấp

$$P_1 = P_{dm} + P_{kt} + P_{cstf} + \Delta P_d =$$

$$P_1 = 8000 + 160 + 192 + 100,8 = 8452,8 \text{ kW}$$

Hiệu suất động cơ

$$\eta = \frac{P_{dm}}{P_1} = \frac{8000}{8452,8} = 0,946$$

Bài 7.2: Một máy phát điện đồng bộ 3 pha cực ẩn; $p = 1$; $X_{db} = 3,2 \Omega$; $U = 10,5 \text{ kV}$ phát ra công suất tác dụng $P = 35000 \text{ kW}$; $\cos\phi = 0,7$. Tính dòng điện I , sức điện động E_0 và công suất phản kháng Q máy phát ra.

Lời giải:

$$\diamond I = \frac{P}{\sqrt{3}U \cos\phi} = 2749,4 \text{ A}$$

Chương 7. Máy điện đồng bộ

- ❖ $\dot{E}_0 = \dot{U} + j\dot{I}X_{ab} = 10500 + j 8798,1 \text{ (V)}$
- ❖ $\Rightarrow E_0 = \sqrt{10500^2 + 8798,1^2} = 13698 \text{ (V)}$
- ❖ $\cos\varphi = 0,7 \rightarrow \varphi = 45,57^\circ$
- ❖ $Q = \sqrt{3} U I \sin\varphi = 35707 \text{ Kvar}$

Bài 7.3: Hai máy phát điện đồng bộ 3 pha làm việc song song cung cấp cho một tải có điện áp $U_{dm} = 3\text{KV}$. Chế độ làm việc của hai máy như sau:

Máy 1: $I_1 = 400\text{A}$, $\cos\varphi_1 = 0.8$

Máy 2: $I_2 = 800\text{A}$, $\cos\varphi_2 = 0.6$

Hãy: xác định hệ số $\cos\varphi$ của tải.

Lời giải:

- ❖ $\cos\varphi_1 = 0,8 \Rightarrow \sin\varphi_1 = 0,6$
- ❖ $\cos\varphi_2 = 0,6 \Rightarrow \sin\varphi_2 = 0,8$
- ❖ $P_1 = \sqrt{3} U_{dm} I_1 \cos\varphi_1 = 1662,77 \text{ Kw}$
- ❖ $P_2 = \sqrt{3} U_{dm} I_2 \cos\varphi_2 = 2494,15 \text{ Kw}$
- ❖ $Q_1 = \sqrt{3} U_{dm} I_1 \sin\varphi_1 = 1247,08 \text{ Kvar}$
- ❖ $Q_2 = \sqrt{3} U_{dm} I_2 \sin\varphi_2 = 3325,54 \text{ Kvar}$
- ❖ $P_t = P_1 + P_2 = 4156,92 \text{ Kw}$
- ❖ $Q_t = Q_1 + Q_2 = 4572,61 \text{ Kvar}$
- ❖ $\cos\varphi_t = \frac{P_t}{\sqrt{P_t^2 + Q_t^2}} = 0,67$

Bài 7.4: Một động cơ đồng bộ $p=3$; $P_{dm}=285\text{kW}$; $U_{dm}=3\text{kv}$; $\cos\varphi_{dm}=0,8$ (vượt trước); $f = 50\text{Hz}$; $\eta=0,94$. tính tốc độ quay, mômen định mức, dòng điện định mức, công suất tác dụng và công suất phản kháng động cơ điện tiêu thụ.

Lời giải:

- ❖ $n_{dm} = \frac{60f}{p} = 1000 \text{ Vòng/phút}$
- ❖ $I_{dm} = \frac{P_{dm}}{\sqrt{3} U_{dm} \cos\varphi_{dm} \eta_{dm}} = 72,94 \text{ A}$
- ❖ $M_{dm} = 9,55 \frac{P_{dm}}{n_{dm}} = 2721,5 \text{ Nm}$
- ❖ $P_1 = \frac{P_{dm}}{\eta_{dm}} = 303,19 \text{ Kw}$
- ❖ $Q_1 = -P_1 \tan\varphi$ (Với $\cos\varphi = 0,8 \Rightarrow \varphi = 36,87^\circ$ (Vượt trước))
 $= -P_1 \tan 36,87^\circ = -227,4 \text{ Kvar}$

Bài 7.5: Một động cơ điện đồng bộ ba pha đấu sao, số đôi cực từ $p=3$; $I_{dm}=140 \text{ A}$; $P_{dm}=990 \text{ kW}$; $U_{dm}= 6 \text{ kV}$; $\cos\varphi_{dm}=0,8$ (vượt trước); $f = 50\text{Hz}$; $\frac{M_{max}}{M_{dm}} = 2,2$. Tính mômen định mức; mômen cực đại; công suất tác dụng P_1 và công suất phản kháng Q_1 của động cơ điện tiêu thụ.

Chương 7. Máy điện đồng bộ

Lời giải:

- ❖ $n_{dm} = \frac{60f}{p} = 1000 \text{ Vòng/phút}$
- ❖ $M_{dm} = 9,55 \frac{P_{dm}}{n_{dm}} = 9454,5 \text{ Nm}$
- ❖ $M_{max} = 2,2 M_{dm} = 20799,9 \text{ Nm}$
- ❖ $P_1 = \sqrt{3} U_{dm} I_1 \cos\varphi_1 = 1163,9 \text{ Kw}$
- ❖ $Q_1 = -P_1 \tan\varphi = -872,925 \text{ Kvar}$

Bài 7.6: Hai máy phát điện đồng bộ làm việc song song cung cấp điện cho hai tải có :

Tải 1: $S_{t1} = 5000\text{KVA}$, $\cos\varphi = 0,8$.

Tải 2: $S_{t2} = 3000\text{KVA}$, $\cos\varphi = 0,9$.

Máy phát thứ 1 phát ra một công suất: $P_1 = 4000\text{Kw}$, $\cos\varphi_1 = 0.8$.

Tính : Công suất phát ra của máy phát thứ 2.

Đáp số: $P_t = 7000\text{kW}$; $Q_t = 3000\text{kVar}$; $P_2 = 3000\text{kW}$; $Q_2 = 500\text{kVar}$

$$\cos\varphi_1 = \frac{P_1}{\sqrt{P_1^2 + Q_1^2}} = 0,848; \quad \cos\varphi_2 = \frac{P_2}{\sqrt{P_2^2 + Q_2^2}} = 0,986$$

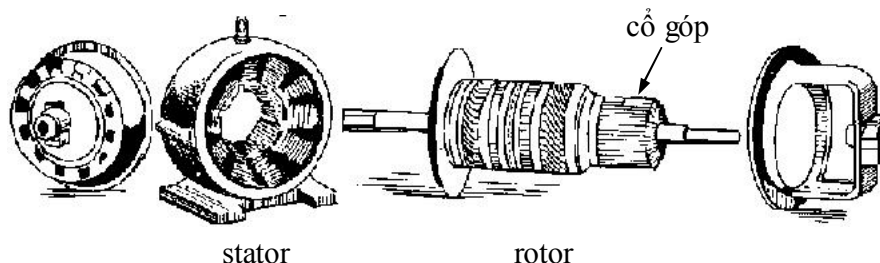
Ban quyền © Trường DH SPKT TP. HCM

CHƯƠNG 8

MÁY ĐIỆN MỘT CHIỀU

§8.1. CẤU TẠO

Máy điện một chiều có cấu tạo gần giống với máy điện xoay chiều rotor dây quấn, bao gồm: stator, rotor, cổ góp và chổi than.



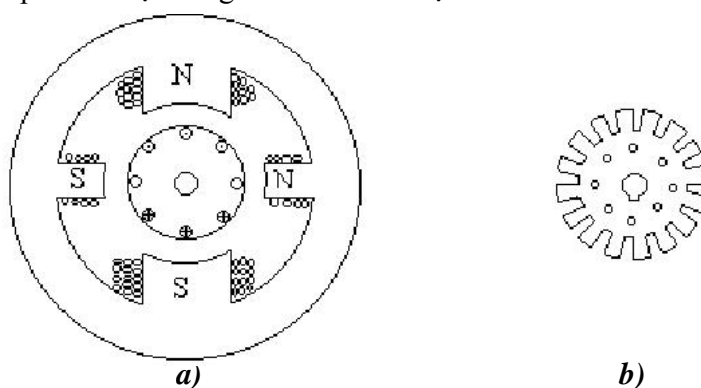
Hình 8-1. Các thành phần của máy điện một chiều

8.1.1. Phần tĩnh (Stator):

- Stator, còn gọi là phần cảm, gồm có lõi thép làm bằng thép đúc là mạch từ và dây quấn.
- Trên stator có các cực từ chính và phụ, thường có kết cấu dạng cực lõi. Các cực từ được quấn dây quấn kích từ.

8.1.2. Phần quay (Rotor):

- Rotor, được gọi là phần ứng gồm có lõi thép và dây quấn phần ứng.
- Lõi thép phần ứng hình trụ làm bằng các lá thép kỹ thuật điện, có rãnh để đặt dây quấn phần ứng.
- Mỗi phần tử của dây quấn phần ứng có nhiều vòng dây, hai đầu nối với 2 phiến góp, 2 cạnh tác dụng của phần tử đặt trong 2 rãnh dưới 2 cực khác tên.

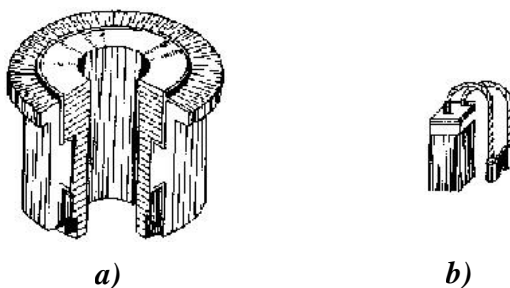


Hình 8-2. Cấu trúc stator và rotor trong máy điện một chiều

Chương 8. Máy điện một chiều

8.1.3. Cổ góp và chổi điện:

- Cổ góp gồm các phiến góp bằng đồng được ghép cách điện với nhau, có dạng hình trụ, gắn ở đầu trục rotor.
- Chổi điện (chổi than) làm bằng than graphít, các chổi tỳ chặt lên cổ góp nhờ lò xo, giá đỡ chổi than được gắn trên vỏ máy.



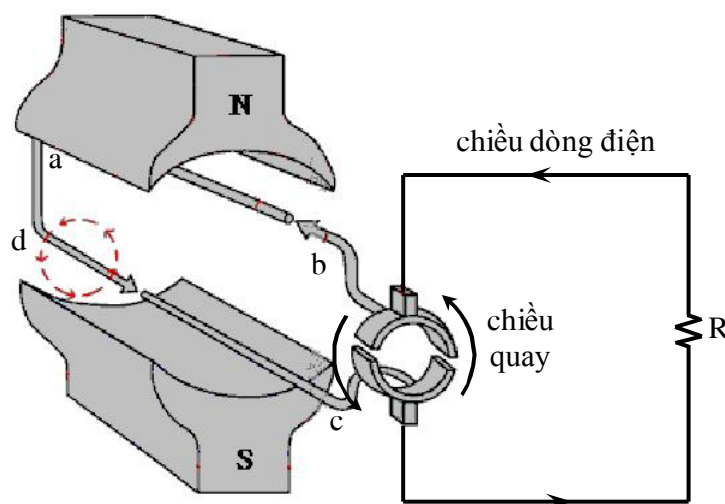
Hình 8-3. Cổ góp và chổi than

§8.2. NGUYÊN LÝ LÀM VIỆC

8.2.1. Nguyên lý làm việc và phương trình cân bằng điện áp của máy phát điện một chiều

Hình 8-4 mô tả nguyên lý làm việc của máy phát điện một chiều, trong đó dây quấn phần ứng chỉ có một phần tử nối với hai phiến đổi chiều.

Khi động cơ sơ cấp kéo phần ứng quay, các thanh dẫn của dây quấn phần ứng cắt từ trường của cực từ, cảm ứng các sức điện động. Chiều sức điện động xác định theo quy tắc bàn tay phải. Như hình 8-4 từ trường hướng từ cực N đến S (từ trên xuống dưới), chiều quay phần ứng ngược chiều kim đồng hồ, ở thanh dẫn phía trên, sức điện động có chiều từ b đến a. Ở thanh dẫn phía dưới, chiều sức điện động từ d đến c. sức điện động bằng hai lần sức điện động của thanh dẫn. Nếu nối hai chổi than A và B với tải, trên tải sẽ có dòng điện, điện áp của máy phát điện có cực dương ở chổi A và cực âm ở chổi B.



Hình 8-4. Nguyên lý làm việc của máy phát điện một chiều

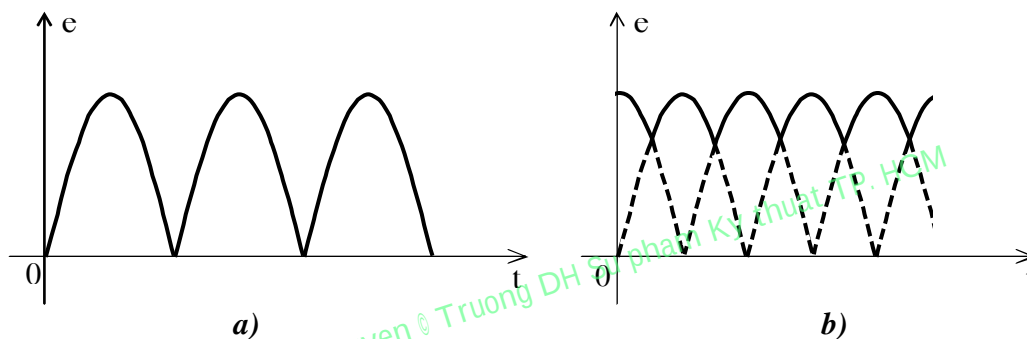
Chương 8. Máy điện một chiều

Khi phần ứng quay được nửa vòng, vị trí của phần tử thay đổi, thanh ab ở cực S, thanh cd ở cực N, sức điện động trong thanh dẫn đổi chiều. Nhờ có chổi than đứng yên, chổi than A vẫn nối với phiến góp phía trên, chổi B nối với phiến góp phía dưới, nên chiều dòng điện mạch ngoài không đổi. Ta có máy phát điện một chiều với cực dương ở chổi A, cực âm ở chổi B. Nếu máy chỉ có một phần tử, điện áp đầu cực như hình 8-5a; để điện áp lớn và ít đập mạch (hình 8-5b), dây quấn phải có nhiều phần tử, nhiều phiến đổi chiều.

Ở chế độ máy phát, dòng điện phần ứng I_r cùng chiều với sức điện động phần ứng E_r . Phương trình cân bằng điện áp là:

$$U = E_r - R_r I_r \quad (8-1)$$

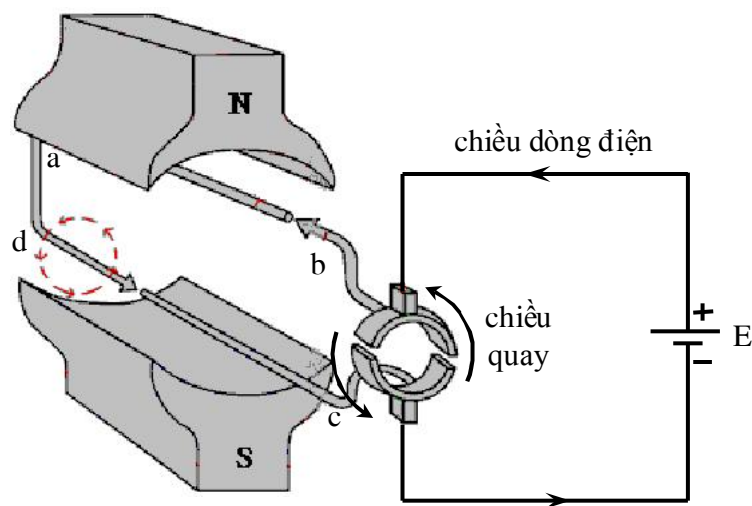
Trong đó $R_r I_r$ là điện áp rơi trong dây quấn phần ứng; R_r là điện trở của dây quấn phần ứng; U là điện áp đầu cực máy; E_r là sức điện động phần ứng



Hình 8-5. Điện áp đầu cực máy phát điện một chiều

8.2.2. Nguyên lý làm việc và phương trình cân bằng điện áp của động cơ điện một chiều

Hình 8-6 mô tả nguyên lý làm việc của động cơ điện một chiều. Khi cho điện áp một chiều U vào hai chổi than A và B, trong dây quấn phần ứng có dòng điện. Các thanh dẫn ab, cd có dòng điện nằm trong từ trường, sẽ chịu lực tác dụng làm cho rotor quay. Chiều lực xác định theo qui tắc bàn tay trái.



Hình 8-6. Nguyên lý làm việc của động cơ điện một chiều

Chương 8. Máy điện một chiều

Khi phần ứng quay được nửa vòng, vị trí các thanh dẫn ab, cd đổi chỗ cho nhau, do có phiên góp đổi chiều dòng điện, giữ cho chiều lực tác dụng không đổi, đảm bảo động cơ có chiều quay không đổi.

Khi động cơ quay, các thanh dẫn chuyển động cắt từ trường, sẽ cảm ứng sức điện động E_u . Chiều sức điện động xác định theo qui tắc bàn tay phải. Ở động cơ, chiều sức điện động E_u ngược chiều với dòng điện I_u nên E_u còn gọi là sức phản điện.

Phương trình cân bằng điện áp sẽ là:

$$U = E_u + R_u I_u \quad (8-2)$$

§8.3. QUAN HỆ ĐIỆN TỪ TRONG MÁY ĐIỆN MỘT CHIỀU

8.3.1. Sức điện động phần ứng

a. **Sức điện động thanh dẫn:** khi quay rotor, các thanh dẫn của dây quấn phần ứng cắt từ trường, trong mỗi thanh dẫn cảm ứng sức điện động là:

$$E_{td} = B_{tb} \cdot l \cdot v \quad (V) \quad (8-3)$$

Trong đó:

B_{tb} : cường độ từ cảm trung bình dưới cực từ (đơn vị: T)

v : tốc độ dài của thanh dẫn (đơn vị: m/s).

l : chiều dài tác dụng của thanh dẫn (đơn vị: m)

b. **Sức điện động phần ứng:** dây quấn phần ứng gồm nhiều phần tử nối tiếp nhau thành mạch vòng kín. Các chổi than chia dây quấn thành nhiều nhánh song song. Sức điện động phần ứng bằng tổng các sức điện động thanh dẫn trong một mạch nhánh. Nếu số thanh dẫn của dây quấn là N , số mạch nhánh song song là $2a$ (a là số đôi nhánh), số thanh dẫn của một nhánh là $\frac{N}{2a}$, sức điện động phần ứng là:

$$E_u = \frac{N}{2a} E_{td} = \frac{N}{2a} B_{tb} l v \quad (8-4)$$

Tốc độ dài v được xác định theo tốc độ quay n (vòng/phút):

$$v = \frac{\pi D n}{60} \quad (8-5)$$

Từ thông ϕ dưới mỗi cực từ là:

$$\phi = B_{tb} \frac{\pi D l}{2 p} \quad (8-6)$$

Suy ra:

$$E_u = \frac{p N}{60 a} n \phi = k_E n \phi \quad (8-7)$$

Trong đó:

Chương 8. Máy điện một chiều

p : là số đôi cực

Hệ số $k_E = \frac{pN}{60a}$ phụ thuộc vào kết cấu máy được gọi là hệ số kết cấu.

Sức điện động phần ứng tỷ lệ với tốc độ quay phần ứng và từ thông ϕ dưới mỗi cực từ. Muốn thay đổi sức điện động ta có thể điều chỉnh tốc độ quay, hoặc điều chỉnh từ thông bằng cách điều chỉnh dòng điện kích từ. Muốn đổi chiều sức điện động, ta đổi chiều quay hoặc đổi chiều dòng điện kích từ.

8.3.2. Công suất điện từ, moment điện từ của máy điện một chiều

Công suất điện từ của máy điện một chiều:

$$P_{dt} = E_u \cdot I_u \quad (8-8)$$

Thay giá trị E_u trong 8-7 vào 8-8 ta có:

$$P_{dt} = \frac{pN}{60a} n \phi I_u \quad (8-9)$$

Moment điện từ là:

$$M_{dt} = \frac{P_{dt}}{\omega_r} \quad (8-10)$$

ω_r là tần số góc quay của rôto, được tính theo tốc độ quay n (vòng/phút) bằng biểu thức:

$$\omega_r = \frac{2\pi n}{60} \quad (8-11)$$

Thay 8-9 và 8-11 vào 8-10, ta có biểu thức moment điện từ là:

$$M_{dt} = \frac{pN}{2\pi a} I_u \phi = k_M I_u \phi \quad (8-12)$$

Trong đó hệ số $k_M = \frac{pN}{2\pi a}$ phụ thuộc vào kết cấu của máy.

Moment điện từ M_{dt} tỷ lệ với dòng điện phần ứng I_u và từ thông ϕ . Muốn thay đổi moment điện từ, ta phải thay đổi dòng điện phần ứng I_u hoặc thay đổi dòng điện kích từ I_{kt} . Muốn đổi chiều moment điện từ phải đổi chiều dòng điện phần ứng hoặc dòng điện kích từ.

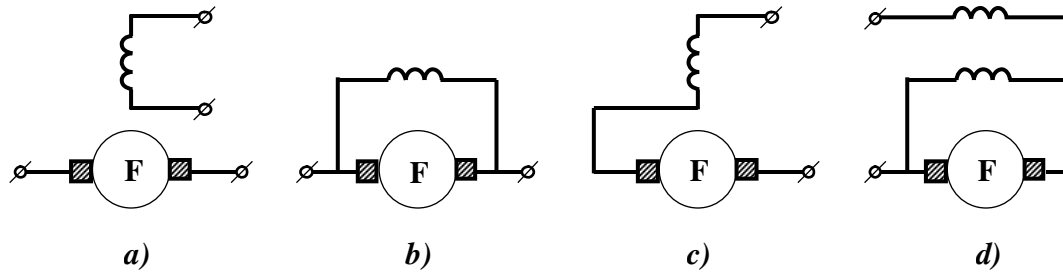
§8.4. PHÂN LOẠI MÁY ĐIỆN MỘT CHIỀU

Dựa vào phương pháp cung cấp dòng điện kích từ, người ta chia máy điện một chiều ra các loại sau:

- Máy điện một chiều kích từ độc lập: dòng điện kích từ của máy lấy từ nguồn điện khác không liên hệ với phần ứng của máy (hình 8-9a).
- Máy điện một chiều kích từ song song: dây quấn kích từ nối song song với mạch phần ứng (hình 8-9b).
- Máy điện một chiều kích từ nối tiếp: dây quấn kích từ nối tiếp với mạch phần ứng (hình 8-9c).

Chương 8. Máy điện một chiều

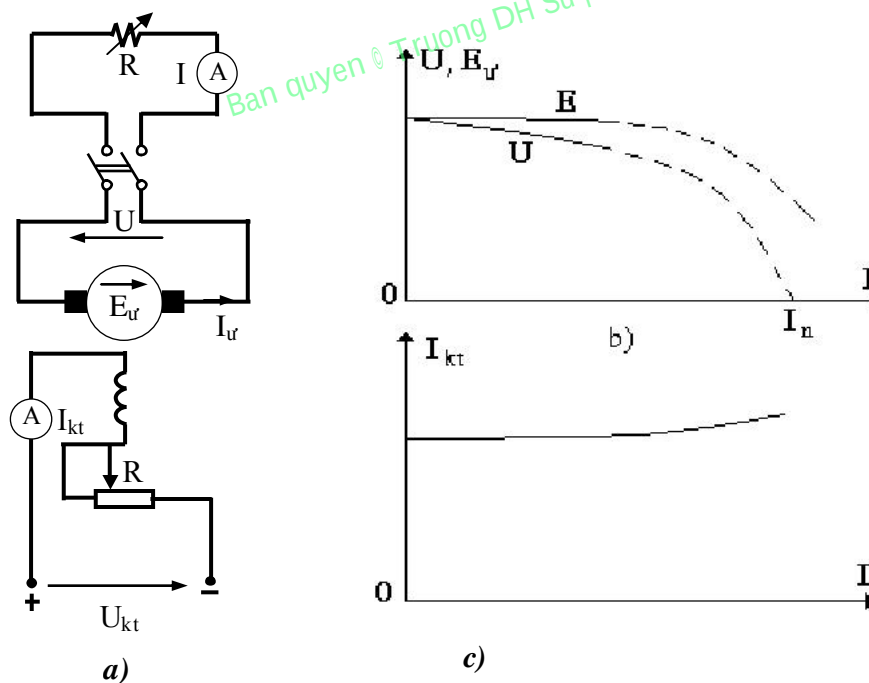
- Máy điện một chiều kích từ hỗn hợp: gồm hai dây quấn kích từ là dây quấn kích từ song song và dây quấn kích từ nối tiếp, trong đó thường dây quấn kích từ song song là chủ yếu (hình 8-9d).



Hình 8-9. Các phương pháp cung cấp dòng kích từ trong máy điện một chiều

8.4.1. Máy phát điện một chiều kích từ độc lập.

Sơ đồ máy phát điện kích từ độc lập vẽ trên hình 8-10a.



Hình 8-10. Sơ đồ và đặc tính máy phát điện một chiều kích từ độc lập

- Phương trình dòng điện: $I_{ur} = I$
- Phương trình cân bằng điện áp:
+ Mạch phần ứng: $U = E_{ur} - R_{ur} \cdot I$

Chương 8. Máy điện một chiều

+ Mạch kích từ: $U_{kt} = I_{kt}(R_{kt} + R_{dc})$

Trong đó:

R_{ur} là điện trở dây quấn phần ứng.

R_{kt} là điện trở dây quấn kích từ.

R_{dc} là điện trở điều chỉnh.

Đường đặc tính ngoài $U = f(I)$ khi tốc độ và dòng điện kích từ không đổi, vẽ trên hình 8-10b. Khi tải tăng, điện áp giảm, độ giảm điện áp khoảng 8 – 10% điện áp khi không tải.

Để giữ cho điện áp máy phát 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 8-10c.

8.4.2. Máy phát điện kích từ song song

Sơ đồ máy phát điện kích từ song song được vẽ trên hình 8-11a.

- Phương trình dòng điện: $I_{ur} = I + I_{kt}$

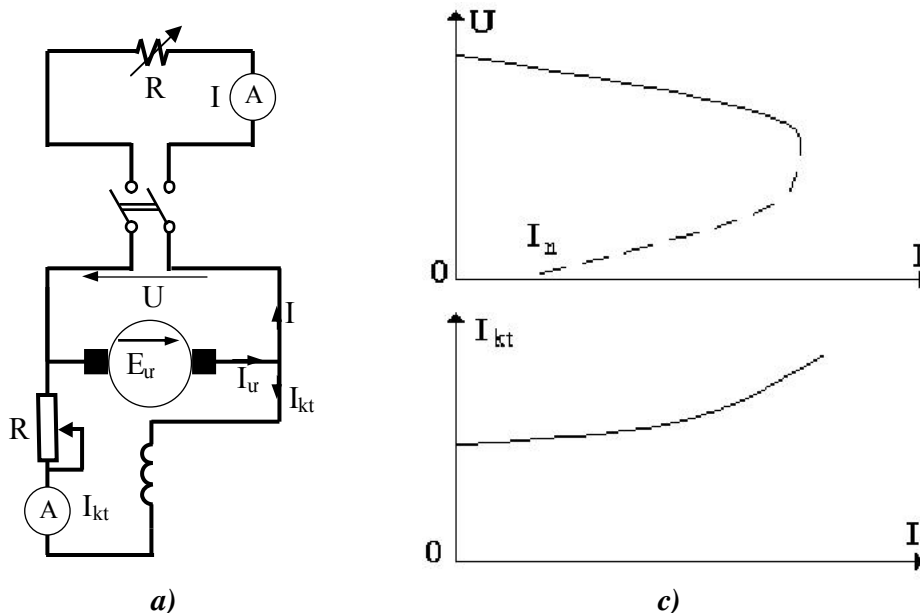
- Phương trình cân bằng điện áp:

+ Mạch phần ứng: $U = E_{ur} - R_{ur}.I_{ur}$

+ Mạch kích từ: $U_{kt} = I_{kt}(R_{kt} + R_{dc})$

Khi dòng điện tải tăng, dòng điện phần ứng tăng, điện áp rơi trên phần ứng và phản ứng phần ứng tăng, ngoài hai nguyên nhân làm điện áp U giữa hai đầu cực giảm như máy phát điện kích từ độc lập, ở máy phát điện kích từ song song còn thêm một nguyên nhân nữa là khi U giảm làm cho dòng điện kích từ giảm, từ thông và sức điện động càng giảm, chính vì thế đường đặc tính ngoài dốc hơn so với máy phát điện kích từ độc lập và có dạng như hình 8-11b.

Để điều chỉnh điện áp, ta phải điều chỉnh dòng điện kích từ, đường đặc tính điều chỉnh $I_{kt} = f(I)$, khi U và tốc độ không đổi, vẽ trên hình 8-11c.

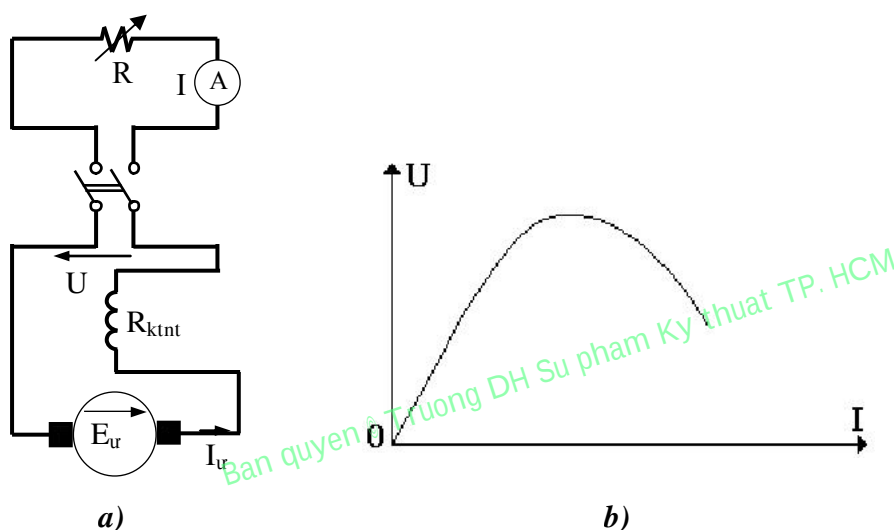


Hình 8-11. Sơ đồ và đặc tính máy phát điện một chiều kích từ song song

Chương 8. Máy điện một chiều

8.4.3. Máy phát điện kích từ nối tiếp

Sơ đồ nối dây như hình 8-12a. Dòng điện kích từ 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. Đường đặc tính ngoài $U = f(I)$ vẽ trên hình 8-12b.



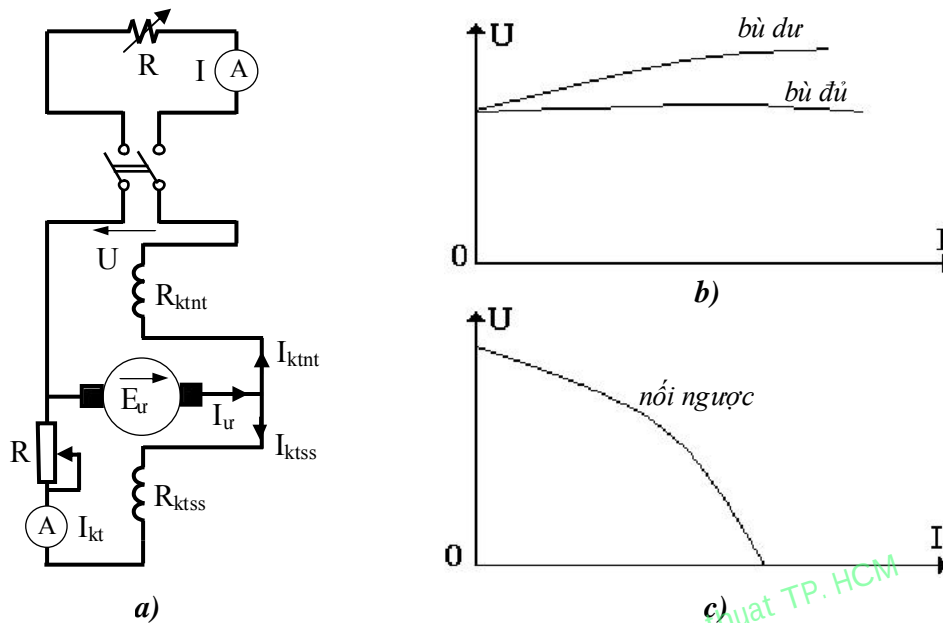
Hình 8-12. Sơ đồ và đặc tính máy phát điện một chiều kích từ nối tiếp

- Phương trình dòng điện: $I_u = I = I_{kt}$
- Phương trình cân bằng điện áp:
+ Mạch phản ứng: $U = E_u - (R_u + R_{ktnt}).I_u$

8.4.4. Máy phát điện kích từ hỗn hợp

Sơ đồ nối dây như 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 dây kích từ nối tiếp tăng làm cho từ thông của máy tăng lên, sức điện động của máy tăng, điện áp đầu cực của máy được giữ hầu như không đổi, là trường hợp bù đủ. Đây là ưu điểm rất lớn của máy phát điện kích từ hỗn hợp. Đường đặc tính ngoài $U = f(I)$ vẽ trên hình 8-13b. Khi bù dư đường đặc tính dốc lên.

Chương 8. Máy điện một chiều



Hình 8-13. Sơ đồ và đặc tính máy phát điện một chiều kích từ hỗn hợp

- Phương trình dòng điện: $I = I_{ktnt}$
 $I_u = I + I_{ktss}$
- Phương trình cân bằng điện áp:
 - + Mạch phần ứng: $U = E_u - R_u \cdot I_u - I \cdot R_{ktnt}$
 - + Mạch kích từ: $U_{kt} = I_{ktss}(R_{ktss} + R_{dc}) - I \cdot R_{ktnt}$

Khi nối chiều ngược, 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.

§8.5. ĐỘNG CƠ ĐIỆN MỘT CHIỀU

8.5.1. Mở máy động cơ điện một chiều

Phương trình cân bằng điện áp ở mạch phần ứng là:

$$U = E_u + R_u \cdot I_u \quad (8-13)$$

Khi mở máy, tốc độ $n = 0$, sức phản điện $E_u = k_E \cdot n \cdot \Phi = 0$ Dòng điện phần ứng lúc mở máy là:

$$I_{ummm} = \frac{U}{R_u} \quad (8-14)$$

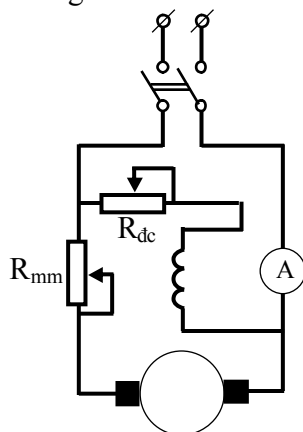
Vì R_u rất nhỏ nên I_{ummm} rất lớn khoảng $20 \div 30$ lần I_{dm} dễ làm hỏng cổ góp, chổi than và ảnh hưởng đến lưới điện. Để giảm dòng mở máy, đạt $I_{mm} = (1,5 \div 2)I_{dm}$ ta dùng các biện pháp sau:

Chương 8. Máy điện một chiều

- Dùng biến trở mở máy (như hình 8-14), lúc này:

$$I_{urmm} = \frac{U}{R_u + R_{mm}} \quad (8-15)$$

- Giảm điện áp đặt vào phần ứng



Hình 8-14. Sơ đồ mở máy động cơ điện một chiều

8.5.2. Điều chỉnh tốc độ động cơ điện một chiều

Từ phương trình 8-13, rút ra:

$$E_u = U - R_u \cdot I_u$$

Thay trị số $E_u = k_E \cdot n \cdot \Phi$, ta có phương trình:

$$n = \frac{U - R_u I_u}{k_E \Phi} \quad (8-16)$$

Từ phương trình 8-16, ta có các phương pháp sau:

- Mắc điện trở điều chỉnh vào mạch phần ứng.
- Thay đổi điện áp U.
- Thay đổi từ thông.

8.5.3. Động cơ điện kích từ song song

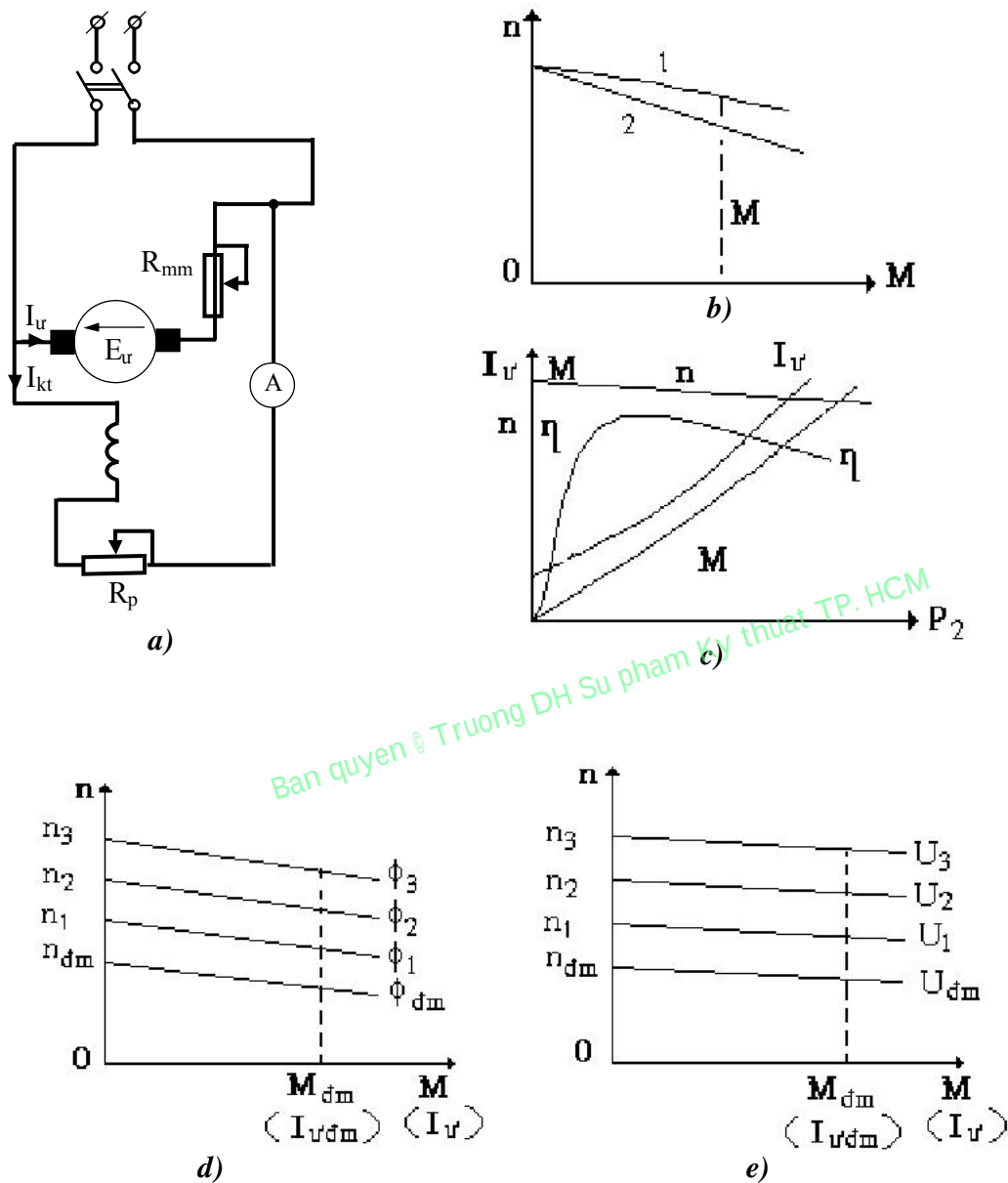
Sơ đồ nối dây như hình 8-15a. Để mở máy ta dùng biến trở mở máy R_{mm}

- Đường đặc tính cơ $n = f(M)$ như hình 8-15b, nếu thêm điện trở phụ R_p vào mạch phần

ứng thì ta có phương trình đặc tính cơ như sau:
$$n = \frac{U}{k_E \Phi} - \frac{R_u + R_p}{k_E k_M \Phi^2} M$$

- Họ đặc tính cơ khi thay đổi từ thông được vẽ trên hình 8-15d.
- Họ đặc tính cơ khi thay đổi điện áp đặt vào phần ứng được vẽ trên hình 8-15e.
- 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 quan hệ giữa tốc độ n , moment M , dòng điện phần ứng I_u và hiệu suất η theo công suất cơ trên trục P_2 , được vẽ trên hình 8-14c.

Chương 8. Máy điện một chiều



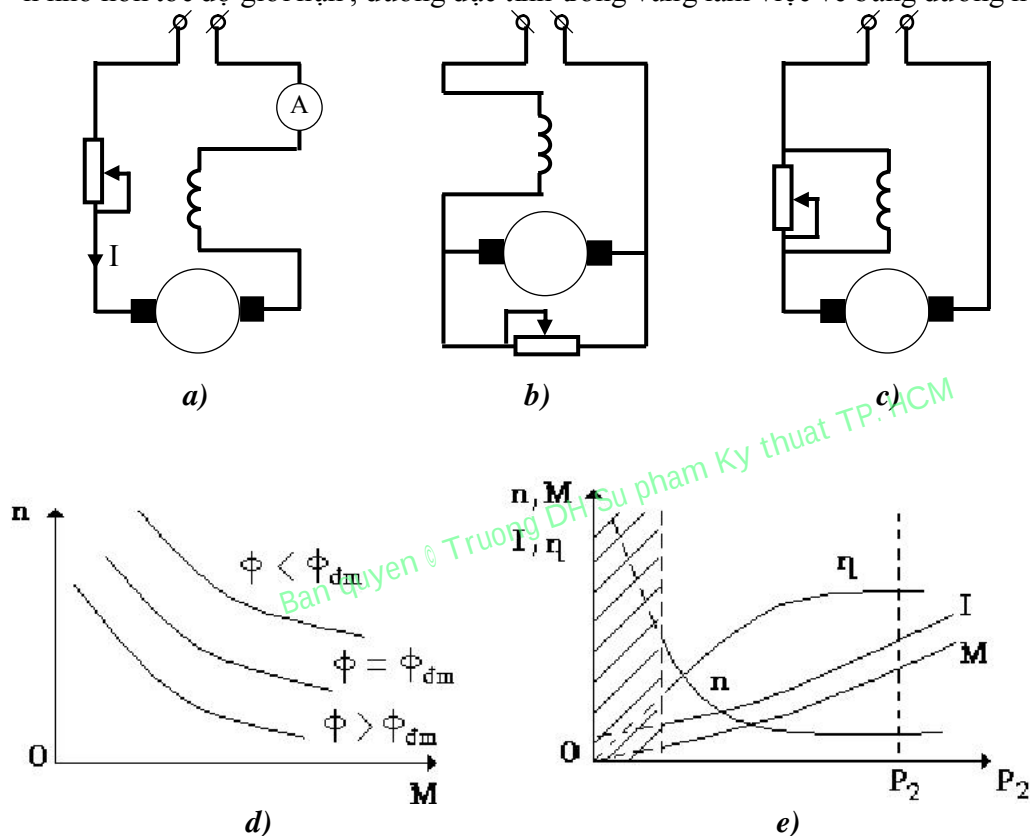
Hình 8-15. Sơ đồ hoạt động và đặc tính động cơ điện một chiều kích từ song song

8.5.4. Động cơ kích từ nối tiếp

Sơ đồ nối dây vẽ trên hình 8-16a là sơ đồ điều chỉnh tốc độ bằng điện trở phụ, hình 8-6b và hình 8-6c là sơ đồ điều chỉnh tốc độ bằng cách thay đổi từ thông.

Chương 8. Máy điện một chiều

- Đường đặc tính cơ $n = f(M)$ như hình 8-16d, có dạng hình hypebol, khi moment tăng thì tốc độ động cơ giảm. Khi không tải hoặc tải nhỏ, dòng điện và từ thông nhỏ, tốc độ động cơ tăng rất lớn có thể gây hỏng động cơ về mặt cơ khí, vì thế không cho phép động cơ kích từ nối tiếp làm việc không tải hoặc tải nhỏ.
- Đường đặc tính làm việc được vẽ trên hình 8-16e, động cơ được phép làm việc với tốc độ n nhỏ hơn tốc độ giới hạn, đường đặc tính trong vùng làm việc vẽ bằng đường nét liền.

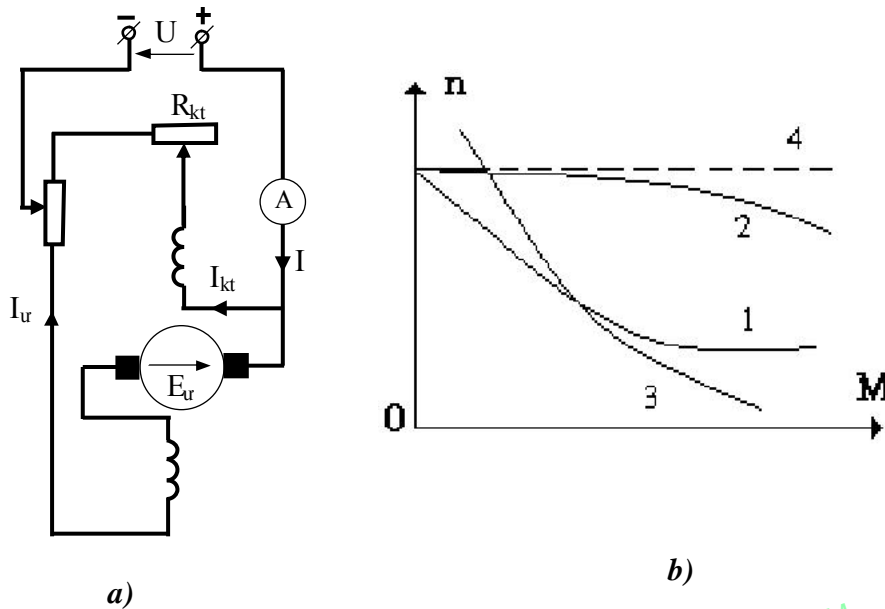


Hình 8-16. Sơ đồ hoạt động và đặc tính động cơ điện một chiều kích từ nối tiếp

8.5.5. Động cơ kích từ hỗn hợp

Sơ đồ nối dây vẽ trên hình 8-17a. các dây quấn kích từ có thể nối thuận làm từ thông tăng hoặc nối ngược làm từ thông giảm.

Chương 8. Máy điện một chiều



Hình 8-17. Sơ đồ hoạt động và đặc tính động cơ điện một chiều kích từ hỗn hợp

Đặc tính cơ của động cơ kích từ hỗn hợp như hình 8-17b, khi nối thuận (đường 1) sẽ là trung bình giữa đặc tính cơ của động cơ kích từ song song (đường 2) và nối tiếp (đường 3). các động cơ làm việc nặng nề, dây quấn kích từ nối tiếp là dây quấn kích từ chính, còn dây quấn kích từ song song là dây quấn phụ được nối thuận.

Động cơ kích từ hỗn hợp có dây quấn kích từ nối tiếp là dây quấn phụ và nối ngược, có đặc tính cơ rất cứng (đường 4), nghĩa là tốc độ quay hầu như không đổi.

§8.6. CÂU HỎI ÔN TẬP CHƯƠNG 8

1. Cấu tạo và nguyên lý làm việc của máy phát điện một chiều.
2. Sức điện động và momen điện từ của máy điện một chiều.
3. Phân loại và sơ đồ đấu dây của các loại máy điện một chiều.
4. Mở máy và điều chỉnh tốc độ động cơ điện một chiều.

§8.7. BÀI TẬP CHƯƠNG 8

Bài 8.1: Một máy phát điện một chiều kích từ song song $P_{dm} = 10KW$, $U_{dm} = 230V$, $R_u = 0,05\Omega$; $R_{kt} = 57,5\Omega$. Tính suất điện động phản ứng E_u .

Lời giải:

$$I_{dm} = \frac{P_{dm}}{U_{dm}} = 43,48A.$$

$$I_{kt} = \frac{U_{dm}}{R_{kt}} = 4A.$$

$$I_u = I_{dm} + I_{kt} = 47,48A.$$

$$E_u = U + I_u R_u = 232,37V.$$

Bài 8.2: Máy phát điện một chiều kích từ song song có $P_{dm} = 7,5KW$, $U_{dm} = 220V$, điện trở mạch phản ứng $R_u = 0,1\Omega$, tốc độ $n = 850$ vòng/phút, điện trở mạch kích từ $R_{kt} = 220\Omega$. Cho máy làm

Chương 8. Máy điện một chiều

việc ở chế độ động cơ điện kích từ song song với $U = 220V$, dòng điện phản ứng và dòng điện kích từ như ở chế độ máy phát. Tính tốc độ quay ở chế độ động cơ.

Lời giải:

$$I_{dm} = \frac{P_{dm}}{U_{dm}} = 34A.$$

$$I_{kt} = \frac{U_{dm}}{R_{kt}} = 1A.$$

* Ở chế độ máy phát

$$I_{umf} = I_{dm} + I_{kt} = 35A.$$

$$E_{umf} = U + I_{ur} R_{ur} = 223,5V.$$

* Ở chế độ động cơ

$$I_{udc} = I_{dm} - I_{kt} = 33A.$$

$$E_{udc} = U - I_{ur} R_{ur} = 216,7V.$$

$$* \frac{E_{umf}}{n_{dmmf}} = \frac{E_{udc}}{n_{dmdc}} \quad \text{Suy ra} \quad n_{dc} = \frac{E_{udc} * n_{mf}}{E_{umf}} = 824,14 \text{ v/p}$$

Bài 8.3: Máy phát điện 1 chiều kích từ song song: $P_{dm} = 50KW$, $U_{dm} = 110V$, $R_{ur} = 0,01\Omega$, $n = 1440$ vòng/phút, $R_{kt} = 11\Omega$.

Cho làm việc ở chế độ động cơ kích từ song song với $U = 110V$, dòng điện phản ứng và kích từ như ở chế độ máy phát. Tính tốc độ động cơ.

Lời giải:

* Chế độ máy phát

$$I_{dm} = \frac{P_{dm}}{U_{dm}} = 454,5A.$$

$$I_{kt} = \frac{U_{dm}}{R_{kt}} = 10A.$$

$$I_{umf} = I_{dm} + I_{kt} = 464,5A$$

$$E_{umf} = U + I_{ur} R_{ur} = 114,645V$$

* Chế độ động cơ

$$I_{udc} = I_{umf} = 464,5A.$$

$$I_{ktdc} = I_{ktmf} = 10A$$

$$E_{udc} = U - I_{ur} R_{ur} = 105,355V.$$

$$\frac{E_{udc}}{E_{umf}} = \frac{n_{dc}}{n_{mf}} \quad \text{Suy ra} \quad n_{dc} = \frac{E_{udc} * n_{mf}}{E_{umf}} = 1323 \text{ v/p}$$

Bài 8.4: Một máy phát điện kích từ song song có $P_{dm} = 10 \text{ KW}$; $U_{dm} = 250V$; $R_{ur} = 0,1\Omega$; $R_{kt} = 250\Omega$; $n_{dm} = 800$ vòng/ phút. Người ta sử dụng máy phát này làm động cơ đầu vào nguồn có $U_{dm} = 250V$, cho động cơ làm việc với I bằng I ở chế độ máy phát.

a. Tính tốc độ động cơ.

b. Tính mômen điện từ động cơ.

Lời giải

$$I_{dm} = \frac{P_{dm}}{U_{dm}} = 40A.$$

Chương 8. Máy điện một chiều

$$I_{kt} = \frac{U_{dm}}{R_{kt}} = 1A.$$

* Chế độ máy phát

$$I_{umf} = I_{dm} + I_{kt} = 41A.$$

$$E_{umf} = U + I_{ur} R_{ur} = 254,1V.$$

* Chế độ động cơ

$$I_{udc} = I_{dm} - I_{kt} = 39A.$$

$$E_{udc} = U - I_{ur} R_{ur} = 246,1V.$$

$$* \frac{E_{umf}}{n_{dmmf}} = \frac{E_{udc}}{n_{dm}} \quad \text{Suy ra } n_{dc} = \frac{E_{udc} * n_{mf}}{E_{umf}} = 774,8 \text{ v/p}$$

$$* P_{dt} = E_{udc} * I_{udc} = 9597,9W$$

$$* M_{dm} = 9,55 \frac{P_{dm}}{n} = 118,3Nm.$$

Bài 8.5: Một động cơ điện một chiều kích từ hỗn hợp có $P_{dm} = 20KW$, $U_{dm} = 230V$, $R_{ur} = 0,04\Omega$, $R_{ktnt} = 0,01\Omega$, $R_{ktss} = 71,8\Omega$, $n_{dm} = 1150$ vòng/phút. Tính sức điện động trong dây quấn phần ứng E_{ur} và momen định mức M_{dm} .

Lời giải

$$I_{dm} = \frac{P_{dm}}{U_{dm}} = 86,96A.$$

$$I_{ktss} = \frac{U_{dm}}{R_{kt}} = 3,2A.$$

$$I_{ur} = I_{dm} - I_{ktss} = 83,76A.$$

$$E_{ur} = U_{dm} - I_{ur} (R_{ktnt} + R_{ur}) = 221,6V.$$

$$M_{dm} = 9,55 \frac{P_{dm}}{n} = 166,1Nm.$$

Bài 8.6: Một động cơ điện một chiều kích từ song song điện áp định mức $U_{dm} = 220V$; dòng điện định mức $I_{dm} = 502A$; dòng điện kích từ song song $I_{kt} = 4,3A$, điện trở phần ứng $R_{ur} = 0,011\Omega$. Người ta sử dụng động cơ trên ở chế độ máy phát với dòng điện I_{ur} , I_{kt} , và tốc độ n như ở chế độ động cơ điện. Xác định công suất điện P máy phát ra và điện áp U của máy phát.

Đáp số: $P = 103,12kW$; $U = 209V$

Bài 8.7: Một động cơ một chiều kích từ song song có $P_{dm} = 5,5kw$; $U_{dm} = 110V$; $I_{dm} = 58A$; $n_{dm} = 1450v/p$; $R_{ur} = 0,15\Omega$; $R_{kt} = 137\Omega$; $2\Delta U_{tx} = 2V$. Hãy xác định sức điện động phần ứng, dòng điện phần ứng và mô men điện từ.

Đáp số: $I_{ur} = 93,35A$; $E_{ur} = 204,13V$; $M_{dm} = 179,54N.m$

Bài 8.8: Một động cơ điện một chiều kích từ hỗn hợp, điện trở phần ứng $R_{ur} = 0,06\Omega$; $R_{ktss} = 125\Omega$; $R_{ktnt} = 0,04\Omega$. Khi làm việc với điện áp $U = 250V$, dòng điện $I = 200A$. Mômen điện từ $M_{dt} = 696Nm$.

1) Tính công suất điện động cơ tiêu thụ.

2) Tính tốc độ động cơ n .

Đáp số: $P = 50kW$; $n_{dc} = 625,7v/p$

Chương 8. Máy điện một chiều

Bài 8.9: Một máy phát điện kích từ song song có các số liệu sau : $I_{dm} = 28,5A$; $U_{dm} = 230V$, dòng điện kích từ định mức $I_{dm} = 0,5A$, tốc độ định mức, $n = 1000$ v/ph, điện trở mạch phản ứng $R_r = 0,7\Omega$. Tính sức điện động phản ứng lúc làm việc định mức. Tính điện trở mạch kích từ song song. Tính dòng điện ngắn mạch khi ngắn mạch đầu cực máy phát, cho biết từ thông dư bằng 7% từ thông khi làm việc định mức.

Đáp số : $E_r = 250,3$ V; $R_{ktss} = 460\Omega$; $I_{nm} = 25,03$ A

Bản quyền © Truong DH Su pham Ky thuat TP. HCM

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] ĐẶNG VĂN ĐÀO- LÊ VĂN DOANH, Kỹ Thuật Điện, Nhà xuất bản khoa học và kỹ thuật –Hà Nội- 2005
- [2] DAVID E. JOHNSON - JOHNNY R. JOHNSON - JOHN L. HILBURN, **Electric Circuit Analysis**, Prentice Hall, 1989.
- [3] DAVID IRWIN J., **Basic Engineering Circuit Analysis**, Prentice Hall, 1996.
- [4] JOHN WILEY & SONS, Inc., **Electric Engineering Circuits**, 1963.
- [5] NGUYỄN TRỌNG THẮNG, **Giáo trình máy điện 1, 2**, Trường Đại Học Sư Phạm Kỹ Thuật TP.HCM, năm 2007.
- [6] SANDER K.F., **Electric Circuit Analysis**, Addison Wesley, 1992.

Ban quyền © Truong DH Su pham Ky thuat TP. HCM