

MỤC LỤC

CHƯƠNG I: KHÁI NIỆM CƠ BẢN VỀ MẠCH ĐIỆN	4
1.1. GIỚI HẠN VÀ PHẠM VI ỨNG DỤNG CỦA MẠCH ĐIỆN.	4
1.1.1. Giới hạn của mạch điện	4
1.1.2. Phạm vi ứng dụng của mạch điện	5
1.2. CÁC ĐẠI LƯỢNG CƠ BẢN TRONG MẠCH ĐIỆN	5
1.2.1. Điện áp	5
1.2.2. Dòng điện:	6
1.2.3. Nguồn và tải	7
1.2.4. Mô hình.	8
1.3. CÁC ĐỊNH LUẬT CƠ BẢN CỦA MẠCH ĐIỆN	10
1.3.1. Định luật Ohm	10
1.3.2. Định luật Kirchhoff 1: (còn gọi là định luật Kirchhoff về dòng điện).	10
1.3.3. Định luật Kirchhoff 2: (còn gọi là định luật Kirchhoff về điện áp)	11
1.3.3.1. Định luật Kirchhoff viết cho một vòng	11
1.3.3.2. Định luật Kirchhoff viết theo điện áp giữa hai nút	12
1.3.3.3. Tính độc lập và phương trình tuyến tính của các phương trình K_1, K_2	12
1.4. BIẾN ĐỔI TƯƠNG ĐƯƠNG MẠCH	13
1.4.1. Các nguồn mắc nối tiếp	13
1.4.2. Các nguồn dòng mắc song song	13
1.4.3. Các phần tử điện trở mắc nối tiếp :	14
1.4.4. Các phần tử điện trở mắc song song :	14
1.4.5. Phép biến đổi nguồn tương đương	14
1.4.6. Phép biến đổi sao $\leftrightarrow$ tam giác	14
1.5. PHÂN LOẠI MẠCH ĐIỆN	15
1.5.1. Mạch có thông số tập trung và mạch có thông số rải.	15
1.5.2. Mạch tuyến tính và mạch không tuyến tính (phi tuyến)	15
1.5.3. Mạch điện dừng và mạch không dừng.	15
1.6. BÀI TẬP CHƯƠNG 1	16
CHƯƠNG II: MẠCH XÁC LẬP ĐIỀU HÒA	22
2.1. QUÁ TRÌNH ĐIỀU HÒA VÀ TRỊ HIỆU DỤNG	22
2.1.1. Đại lượng hình sin	22
2.1.2. Trị hiệu dụng	23
2.1.2.1. Dòng điện hiệu dụng	24
2.1.2.2. Điện áp hiệu dụng	24
2.2. PHƯƠNG PHÁP BIẾN ĐỔI PHỨC	24
2.2.1. Khái niệm :	24
2.2.1.1. Số phức dạng đại số	24
2.2.1.2. Số phức dạng mũ (dạng cực):	24
2.2.1.3. Số phức liên hợp:	25
2.2.2. Cộng trừ và nhân chia số phức	25
2.2.2.1. Biến đổi số phức bằng tay	25
2.2.2.2. Nhân chia số phức dạng đại số	26
2.2.2.3. Nhân chia số phức dạng cực (dạng mũ)	26
2.2.2.4. Biến đổi số phức bằng máy tính	26
2.2.3. Biểu diễn đại lượng hình sin sang số phức	27

2.3. QUAN HỆ ĐIỆN ÁP VÀ DÒNG ĐIỆN TRÊN CÁC PHẦN TỬ R, L, C. TRỞ KHÁNG VÀ DẪN NẠP	27
2.3.1. Trên phần tử điện trở	27
2.3.2. Trên phần tử điện cảm	28
2.3.3. Trên phần tử điện dung	28
2.3.4. Trở kháng và dẫn nạp	28
2.3.4.1. Trở kháng (tổng trở)	28
2.3.4.2. Tam giác tổng trở:	29
2.3.4.3. Dẫn nạp (tổng dẫn)	30
2.4. CÁC ĐỊNH LUẬT OHM, KIRCHHOFF DẠNG PHỨC	31
2.4.1. Định luật ohm dạng phức	31
2.4.2. Định luật kirchhoff 1 dạng phức.	31
2.4.3. Định luật kirchhoff 2 dạng phức	32
2.4.4. Các phép biến đổi tương đương :	33
2.4.5. Đồ thị vectơ	33
2.5. CÔNG SUẤT TRONG MẠCH ĐIỆN XOAY CHIỀU VÀ ĐO CÔNG SUẤT	34
2.5.1. Công suất thực P	34
2.5.2. Công suất trung bình còn gọi là công suất tác dụng	34
2.5.3. Công suất phản kháng Q	34
2.5.4. Công suất biểu kiến S	35
2.5.5. Phối hợp trở kháng giữa tải và nguồn	36
2.6. MẠCH CỘNG HƯỞNG	36
2.6.1. Mạch cộng hưởng nối tiếp	37
2.6.2. Mạch cộng hưởng song song.	37
BÀI TẬP	39
CHƯƠNG III: PHƯƠNG PHÁP PHÂN TÍCH MẠCH	45
3.1. PHƯƠNG PHÁP DÒNG NHÁNH	45
3.2. PHƯƠNG PHÁP THỂ NÚT	45
3.3. PHƯƠNG PHÁP DÒNG MẮT LƯỚI	50
3.4. MẠCH GHÉP HỒ CẢM	54
3.5. CÁC ĐỊNH LÝ MẠCH CƠ BẢN	57
3.5.1. Định lý tỉ lệ	57
3.5.2. Định lý xếp chồng	59
3.5.3. Định lý thevenin và định lý norton:	59
BÀI TẬP	62
CHƯƠNG IV: MẠCH BA PHA	64
4.1. KHÁI NIỆM MẠCH BA PHA	64
4.1.1. Khái niệm:	64
4.1.2. Các dạng sơ đồ ba pha của nguồn và tải	64
4.2. GHÉP NỐI MẠCH BA PHA	66
4.3. HỆ THỐNG ĐỐI XỨNG BỐN DÂY VÀ CÁCH GIẢI	67
4.4. MẠCH BA PHA ĐỐI XỨNG	68
4.4.1. Phân tích mạch ba pha đối xứng	68
4.4.2. Phân tích mạch điện ba pha không đối xứng	71
4.5. CÔNG SUẤT TÁC DỤNG VÀ ĐO CÔNG SUẤT	73
4.5.1. Các đại lượng công suất khác và hiệu chỉnh hệ số công suất	75
4.5.1.1. Công suất phản kháng	75

4.5.1.2.	Công suất biểu kiến	75
4.5.1.3.	Công suất phức	75
4.5.1.4.	Nguyên nhân gây ra hệ số công suất nhỏ là do động cơ không đủ tải	76
4.5.2.	Sụt áp và tổn hao công suất	76
4.5.2.1.	<i>Sụt áp</i>	76
4.5.2.2.	<i>Tổn hao công suất</i>	77
BÀI TẬP		78
CHƯƠNG V: MẠNG HAI CỬA		82
5.1.	KHÁI NIỆM	82
5.2.	HỆ PHƯƠNG TRÌNH TRẠNG THÁI	82
5.2.1.	Hệ phương trình trạng thái dạng Z (Tổng trở)	82
5.2.2.	Hệ phương trình trạng thái dạng Y (Dẫn nạp)	85
5.2.3.	Hệ phương trình trạng thái dạng H (Hệ số khuếch đại)	87
5.2.4.	Hệ phương trình trạng thái dạng G	87
5.2.5.	Hệ phương trình trạng thái dạng A	87
5.2.6.	Hệ phương trình trạng thái dạng B	87
5.3.	PHÂN LOẠI MẠNG HAI CỬA	88
5.3.1.	Mạng hai cửa tương hỗ	88
5.3.2.	Mạng hai cửa đối xứng	88
BÀI TẬP		89

CHƯƠNG I

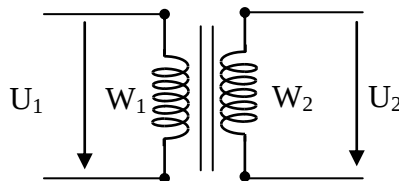
KHÁI NIỆM CƠ BẢN VỀ MẠCH ĐIỆN

1.1. GIỚI HẠN VÀ PHẠM VI ỨNG DỤNG CỦA MẠCH ĐIỆN.

1.1.1. Giới hạn của mạch điện

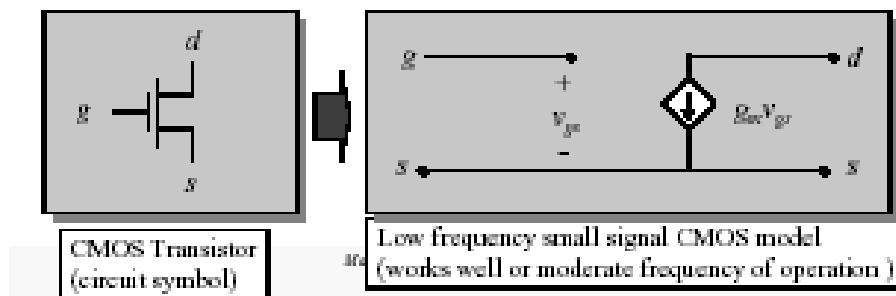
- Việc nghiên cứu các hiện tượng vật lý thông thường người ta thiết lập một mô hình tương đương.

Ví dụ: Máy biến áp một pha có mô hình mạch như sau.



Hình 1-1

- Hoặc transistor trường có mô hình mạch như sau:



Hình 1-2

- Từ mô hình đó người ta phân tích ra các hiện tượng vật lý: Vd: $\frac{U_1}{U_2} = \frac{W_1}{W_2}$
- Việc lập mô hình cần phải chính xác thì kết quả phân tích mới gần với thực tế.
- Để khảo sát các hiện tượng điện - từ trường trong kỹ thuật điện, người ta dùng 2 loại mô hình:

🌈 Mô hình mạch. (Mạch Điện)

🌈 Mô hình trường (Lý Thuyết Trường)

- Mô hình mạch trong lý thuyết mạch điện là quá trình truyền đạt và biến đổi năng lượng, nó được đo bởi một số hữu hạn biến như: Dòng điện \$I\$ và điện áp \$U\$ trên các cực của các phần tử.
- Việc phân tích mô hình mạch dựa trên các định luật cơ bản:

🌈 Định luật Kirchhoff1 (K1) về sự cân bằng dòng tại một nút.

🚦 Định luật Kirchhoff2 (K2) về sự cân bằng áp cho một mạch vòng kín.

- Bản chất của quá trình điện từ trong các phần tử mạch (R, L, C) được mô tả bởi các phương trình đại số hoặc các phương trình vi tích phân

$$U_R(t) = R.I(t) \quad U_L(t) = \frac{L.di_L(t)}{dt} \quad I_C(t) = \frac{C.du_c(t)}{dt}$$

- Trong đó R, L, C là các thông số đặc trưng của cá phần tử mạch

1.1.2. Phạm vi ứng dụng của mạch điện

- Mạch điện là một hệ 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 tử do bởi các đại lượng dòng điện hoặc điện áp. Mạch điện được cấu trúc từ các phần riêng lẻ đủ nhỏ thực hiện các *chức năng xác định* gọi là “Các phần tử mạch điện”. Có hai loại phần tử chính của mạch điện là: Phần tử nguồn và phần tử phụ tải.

- Nguồn là phần tử dùng cung cấp năng lượng điện hoặc tín hiệu điện cho mạch.

Vd: Máy phát điện (biến đổi cơ năng thành điện năng), ắc quy (biến đổi hoá năng thành điện năng), cảm biến nhiệt (biến đổi tín hiệu nhiệt thành tín hiệu điện) .

- Tải là phần tử tiêu tán năng lượng điện (nhận năng lượng điện hay tín hiệu điện để biến thành dạng năng lượng khác).

Vd: Động cơ điện, đèn điện (biến điện năng thành quang năng), bếp điện

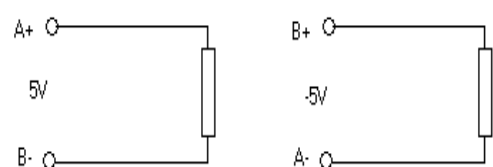
- Ngoài hai loại chính trên còn có nhiều loại phần tử khác nhau như: phần tử dùng để nối nguồn với tải (dây nối, hay đường dây tải điện), phần tử dùng thay đổi áp và dòng trong các phần khác của mạch (máy biến áp, máy biến dòng)....

- Trên mỗi phần tử thường có một số đầu nối ta gọi là các cực dùng để nối nó với các phần tử khác.

1.2. CÁC ĐẠI LƯỢNG CƠ BẢN TRONG MẠCH ĐIỆN

1.2.1. Điện áp

- Điện áp giữa hai điểm A và B là công cần thiết làm dịch chuyển một đơn vị điện tích (1 coulomb) từ A đến B.



Hình 1-3

- Đơn vị của điện áp là vôn (V)
- Điện áp ở hai đầu một phần tử của mạch được xác định bởi kí hiệu(+ -) và độ lớn (là giá trị đại số). U_{AB} : Điện áp giữa A và B.

Ví dụ: Khi viết $U_{AB} = 5\text{v}$ điều đó được hiểu là điện thế đầu A lớn hơn điện thế đầu B là 5v

- Nếu ta đổi giá trị độ lớn của điện áp ở hai đầu một phần tử trong một mạch điện từ âm sang dương, đồng thời đổi luôn giá trị (+ -) ở hai đầu phần tử đó ta được mạch điện không đổi.

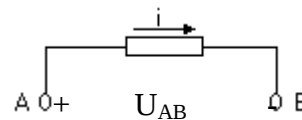
Ví dụ: Hai mạch điện sau đây là tương đương. Và ta có $U_{AB} = - U_{BA}$

1.2.2. Dòng điện:

- Là dòng chuyển dịch có hướng của các điện tích. Lượng điện tích dịch chuyển qua một bề mặt nào đó (tiết diện ngang của dây dẫn nếu là dòng điện chạy trong dây dẫn) trong một đơn vị thời gian được gọi là cường độ dòng điện.

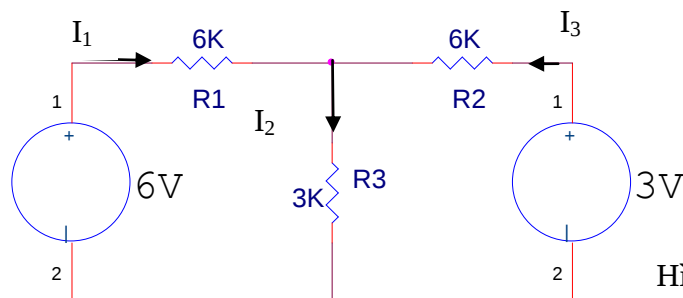
- Đơn vị của dòng điện là ampere (A)

$$I(t) = \frac{dQ(t)}{dt}$$



Hình 1-4

- Dòng điện trong một nhánh của mạch điện được xác định bởi chiều (kí hiệu) và độ lớn (giá trị đại số).
- Chiều dòng điện được định nghĩa là chiều chuyển động của các điện tích dương. Để tiện lợi người ta chọn tùy ý một chiều nào đó và kí hiệu bằng mũi tên và gọi là chiều dương của dòng điện. khi đó tại một thời điểm nào đó chiều dòng điện trùng với chiều dương thì I sẽ mang dấu dương ($I > 0$) còn nếu như chiều dòng điện ngược với chiều dương thì I sẽ âm ($I < 0$).



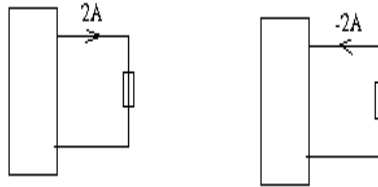
Hình 1-5

- Các dòng điện ở mỗi nhánh khác nhau ta phải ký hiệu bằng các ký hiệu khác nhau

Ví dụ: Trên ba nhánh của mạch điện ta ký hiệu ba dòng điện khác nhau I_1, I_2, I_3

- Nếu ta đổi giá trị độ lớn của dòng điện đi qua một phần tử trong một mạch điện từ âm sang dương, đồng thời đổi luôn ký hiệu của dòng điện trong nhánh đó ta được mạch điện không đổi.

Ví dụ: Hai mạch điện sau đây (Hình 1-6) là tương đương



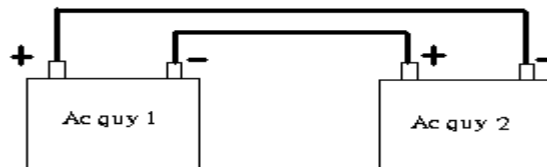
Hình 1-6

1.2.3. Nguồn và tải

- Hiện tượng biến đổi năng lượng có thể chia thành hai loại:
 - **Nguồn:** (Phần tử cung cấp công suất)
- Là hiện tượng biến đổi từ các dạng năng lượng khác như cơ năng, hoá năng, nhiệt năng ... thành năng lượng điện từ.
- Một phần tử gọi là nguồn cung cấp công suất nếu dòng điện đi ra từ cực dương và đi vào cực âm ở hai đầu phần tử đó
 - **Tải** (Phần tử tiêu thụ công suất)
- Là Phần tử biến đổi năng lượng điện từ thành các dạng năng lượng khác như cơ, nhiệt, quang, hoá năng ... năng lượng tiêu tán đi không hoàn trở lại trong mạch.
- **Một phần tử gọi là tải nếu dòng điện đi vào từ cực dương và đi ra từ cực âm của phần tử đó.**

Ắc quy 1: nguồn (phần tử cung cấp công suất)

Ắc quy 2: tải (phần tử tiêu thụ công suất)



Hình 1-7

- Hiện tượng tích phóng năng lượng điện từ:
 - ✚ Là hiện tượng năng lượng điện từ được tích trong một vùng không gian có tồn tại trường điện từ hoặc đưa từ vùng đó trả lại bên ngoài.

- ✚ Hiện tượng tích phóng năng lượng điện từ bao gồm hiện tượng tích phóng năng lượng trong trường từ và hiện tượng tích phóng năng lượng trong trường điện.

– **Trong cuộn dây :**

- Hiện tượng xảy ra chủ yếu là hiện tượng tích phóng năng lượng trường từ. Ngoài ra dòng điện dẫn cũng gây ra tổn hao nhiệt trong dây dẫn của cuộn dây nên trong cuộn dây cũng xảy ra hiện tượng tiêu tán (trong cuộn dây cũng xảy ra hiện tượng tích phóng năng lượng trường điện nhưng thường rất yếu và có thể bỏ qua)

– **Trong tụ điện :**

- Trong tụ điện hiện tượng chủ yếu xảy ra là hiện tượng tích phóng năng lượng trường điện. Ngoài ra do điện môi giữa hai cực tụ có độ dẫn điện hữu hạn nào đó nên trong tụ cũng xảy ra hiện tượng tiêu tán và biến điện năng thành nhiệt năng.

– **Trong điện trở :**

- Trong điện trở thực hiện tượng chủ yếu xảy ra hiện là hiện tượng tiêu tán (tải). Nó biến đổi năng lượng trường điện từ thành nhiệt năng.

1.2.4. Mô hình.

- Mô hình mạch điện dùng trong lý thuyết mạch được xây dựng từ các phân tử mạch lý tưởng sau.

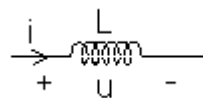
- **Phần tử điện trở** (R) là phần tử đặc trưng cho sự tiêu tán năng lượng (tải). Quan hệ giữa dòng điện và điện áp trên hai cực của điện trở có dạng $U = R.I$



Hình 1-8

- **Phần tử điện cảm** (L) là phần tử đặc trưng cho sự phóng thích năng lượng trường từ. Quan hệ giữa dòng điện và điện áp trên hai cực của điện cảm có dạng

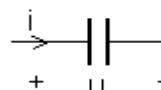
$$u = L \cdot \frac{di}{dt}$$



Hình 1-9

- **Phần tử điện dung** (C) là phần tử đặc trưng cho sự phóng thích năng lượng trường điện. Quan hệ giữa dòng điện và điện áp trên hai cực của điện dung có dạng

$$i = C \cdot \frac{du}{dt}$$

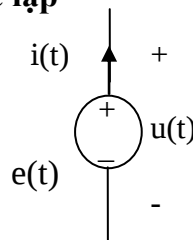


Hình 1-10

Phần tử nguồn là phần cung cấp công suất. Phần tử nguồn có hai loại:

➤ **Phần tử nguồn áp:**

+ **Nguồn áp độc lập**



$$u(t) = e(t) = \text{const}$$

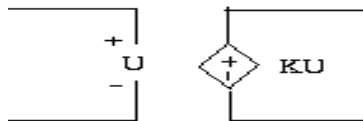
$$i(t) \text{ không phụ thuộc } e(t)$$

Hình 1-11

- Dòng điện $i(t)$ phụ thuộc vào tải mắc vào hai đầu nguồn áp và đi ra từ cực dương của nguồn.

+ **Nguồn áp phụ thuộc**

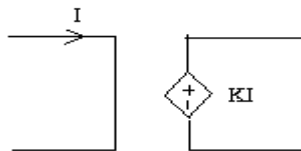
- **Nguồn áp phụ thuộc áp (VCVS) (Voltage Controlled Voltage Source)**



Hình 1-12

- Là phần tử nguồn áp mà giá trị của nó phụ thuộc vào điện áp của một phần tử nào đó bất kỳ trong mạch.

- **Nguồn áp phụ thuộc dòng (VCCS) (Voltage Controlled Current Source)**



Hình 1-13

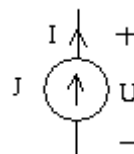
- Là phần tử nguồn áp mà giá trị của nó phụ thuộc vào dòng điện qua một phần tử nào đó bất kỳ trong mạch.

➤ **Phần tử nguồn dòng:**

+ **Nguồn dòng độc lập**

$$I(t) = j(t) = \text{const}$$

$$U(t) \text{ không phụ thuộc vào } j(t)$$

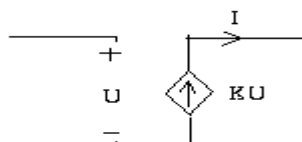


Hình 1-14

- Điện áp $u(t)$ phụ thuộc vào tải mắc vào hai đầu nguồn dòng

+ **Nguồn dòng phụ thuộc**

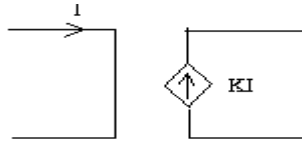
- **Nguồn dòng phụ thuộc áp (CCCS) (Current Controlled Voltage Source)**



Hình 1-15

- Là phần tử nguồn dòng mà giá trị của nó phụ thuộc vào điện áp của một phần tử nào đó bất kỳ trong mạch.

- **Nguồn dòng phụ thuộc dòng (CCVS) (current controlled current source)**



Hình 1-16

- Là phần tử nguồn dòng mà giá trị của nó phụ thuộc vào dòng điện qua một phần tử nào đó bất kỳ trong mạch

1.3. CÁC ĐỊNH LUẬT CƠ BẢN CỦA MẠCH ĐIỆN

- Các định nghĩa cơ bản của một mạch điện :

- ❖ Nhánh: là phần tử hai cực bất kì hoặc là các phần tử hai cực nối tiếp với nhau trên đó có cùng dòng điện chạy.
- ❖ Nút (đỉnh): là biên của nhánh, điểm chung của nhánh.
- ❖ Vòng: sơ đồ mạch đặt đủ các nhánh tạo thành một đường khép kín.
- ❖ Mắt lưới: chỉ áp dụng cho mạch phẳng là vòng mà không chứa vòng nào bên trong.
- ❖ Mạch phẳng: là mạch mà có thể vẽ lên trên một mặt phẳng sao cho không có nhánh nào cắt nhau.

- Trong bài toán lý thuyết mạch để xét một mạch điện tổng quát ta xét mạch điện có một mạch phẳng n nhánh, d nút thì số mắt lưới: $m = n - d + 1$.

1.3.1. Định luật Ohm

- Cường độ dòng điện tỷ lệ thuận với hiệu điện thế, tỷ lệ nghịch với điện trở.

$$I_{(A)} = \frac{U_{(V)}}{R_{(\Omega)}}$$

Trong đó: I : cường độ dòng điện – Đơn vị tính Ampe

U: Hiệu điện thế - Đơn vị tính Volt

R: Trở kháng trong mạch – Đơn vị tính Ohm

1.3.2. Định luật Kirchoff 1: (còn gọi là định luật Kirchhoff về dòng điện).

- Tổng đại số các dòng điện chảy vào hoặc ra một nút hoặc một mặt cắt tùy ý

thì luôn luôn bằng không.

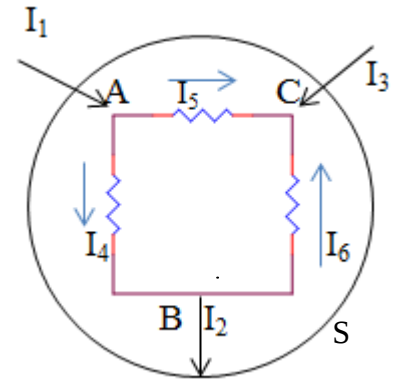
$$\sum_{K=1}^n \pm I_K$$

Quy ước :

- Chiều dòng điện chạy vào là: dương
- Chiều dòng điện chạy ra là: âm

Ví dụ:

- Theo định luật Kirchhoff 1 ta có thể viết được tổng các dòng điện tại một nút hoặc một mặt cắt S bao quanh mắc lưới như sau



$$I_1 - I_2 + I_3 = 0 \text{ (Theo giá trị thực)}$$

$$K_1 : \text{cho nút A : } I_1 - I_4 - I_5 = 0. \quad (1)$$

$$K_1 : \text{cho nút B: } I_4 - I_2 - I_6 = 0 \quad (2)$$

$$K_1 : \text{cho nút C: } I_3 + I_6 + I_5 = 0 \quad (3)$$

$$K_1 : \text{cho mạch kín S bao 3 nút : } (1) + (2) + (3) : I_1 - I_2 + I_3 = 0.$$

1.3.3. Định luật Kirchhoff 2: (còn gọi là định luật Kirchhoff về điện áp)

- Tổng đại số các điện áp của tất cả các phần tử thuộc một vòng kín thì bằng không.

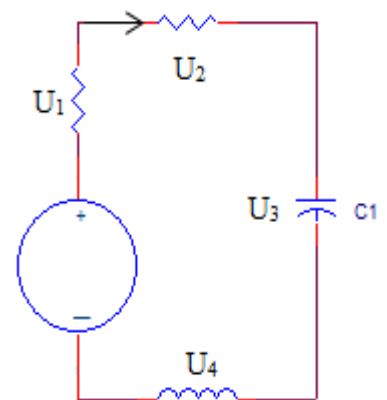
$$\sum (+/-) u_k = 0$$

1.3.3.1. Định luật Kirchhoff viết cho một vòng

- Dấu (+) chiều dương của vòng đi từ cực tính dương sang cực tính âm của U.
- Dấu (-) chiều dương của vòng đi từ cực tính âm sang cực tính dương của U.

Ví dụ: Vẽ hình và phân tích:

- Chiều dương của vòng là chiều tùy ý do chúng ta chọn (Nhưng trên thực tế nên chọn chiều dương của vòng cùng chiều quay với kim đồng hồ, để sau này chúng ta không nhầm lẫn).



- Từ ví dụ trên ta viết định luật kirchhoff 2 ta được :

$$U_1 - U_2 - U_3 - U_4 = 0 \quad (1)$$

- Trong đó theo định luật omh ta có :

$$U_1 = r_1 \cdot I_1$$

$$U_2 = - r_2 \cdot I_2$$

$$I_3 = C \frac{dU_3(t)}{dt} \Rightarrow U_3 = \frac{1}{C_3} \int I_3(T)DT$$

$$U_4 = L_4 \frac{di_4(t)}{dt}$$

$$\text{Suy ra: } \sum_{\text{VÒNG}} \pm r_K I_K \pm L_K \frac{dI_K}{dt} \pm \frac{1}{C_K} \int I_K dt \pm E_K = 0$$

Dấu $\pm$ trước I_K :

(+): Chiều dương của dòng điện trùng với chiều dương của vòng.

(-): Chiều dương của dòng điện ngược với chiều dương của vòng.

$$r_1 I_1 + r_2 I_2 + \frac{1}{C_3} \int i_3(t) dt - L_4 \frac{di_4(t)}{dt} - E_1 = 0$$

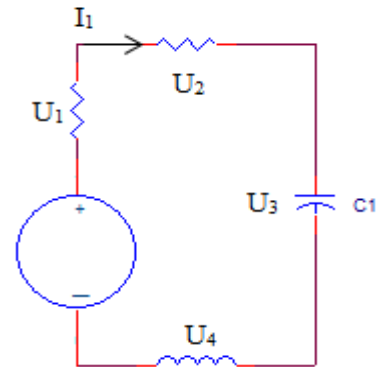
1.3.3.2. Định luật Kirchhoff viết theo điện áp giữa hai nút

- Điện áp U_{ij} giữa hai nút i và j thì bằng tổng đại số các điện áp của tất cả các phần tử trên một đường tùy ý đi từ điểm i tới điểm j

$$U_{ij} = -U_2 - U_3 = -r_2 \cdot I_2 - \frac{1}{C_3} \int i_3(t) dt$$

$$U_{ij} = U_1 + U_4 + E_1 = E_1 + r_1 I_1 + L_4 \frac{di_4(t)}{dt}$$

$$U_{ij} = \sum \pm r_K i_K \pm L_K \frac{di_K}{dt} \pm \frac{1}{C_K} \int I_K dt \pm E_K$$



(+): Chiều dương của dòng điện trùng với chiều dương của vòng.

(-): Chiều dương của dòng điện ngược với chiều dương của vòng.

1.3.3.3. Tính độc lập và phương trình tuyến tính của các phương trình K_1 , K_2

K_2

a. Tính độc lập và tuyến tính của Kirchhoff 1

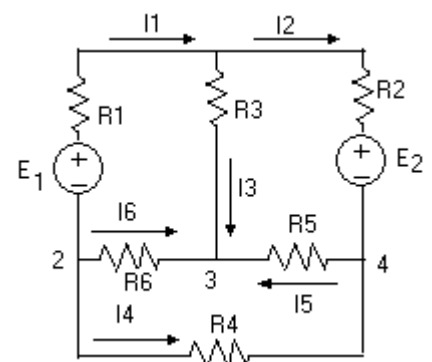
Định lý:

- Mạch có d nút thì có thể viết $(d - 1)$ phương trình K_1 độc lập tuyến tính.

- Các phương trình còn lại có thể suy ra từ $(d - 1)$ phương trình trên.

Vd: Vẽ hình và minh họa:

$$K_1: \text{Cho nút (1): } I_1 - I_2 - I_3 = 0 \quad (1)$$



$$K_1: \text{Cho nút (2)}: -I_1 - I_4 - I_6 = 0 \quad (2)$$

$$K_1: \text{Cho nút (3)}: I_3 + I_6 + I_5 = 0 \quad (3)$$

$$K_1: \text{Cho nút (4)}: I_2 + I_4 - I_5 = 0 \quad (4)$$

- Ta nhận thấy trong 4 phương trình trên sẽ có một phương trình được suy ra từ 3 phương trình còn lại. Có nghĩa là khi ta viết phương trình cho các nút thì chú ý rằng định luật Kirchhoff 1 có tính độc lập tuyến tính và ta nhận thấy khi mạch có d nút thì chỉ có thể viết được $(d - 1)$ phương trình K_1 độc lập tuyến tính còn các phương trình còn lại chỉ là phụ thuộc tuyến tính.

b. Tính độc lập và tuyến tính của định luật Kirchhoff 2 viết cho một vòng

Định lý:

- Mạch có n nhánh, d nút thì có thể viết $(n - d + 1)$ phương trình K_2 độc lập tuyến tính. Các phương trình còn lại có thể suy ra từ $(n - d + 1)$ phương trình trên.

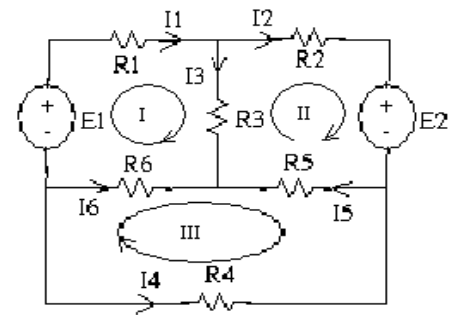
Ví dụ: Cho mạch điện như hình:

$$\text{Mắc lưới (I)} : -E_1 + R_1.I_1 + R_3.I_3 - R_6.I_6 = 0$$

$$\text{Mắc lưới (II)} : E_2 + R_2.I_2 - R_3.I_3 + R_5.I_5 = 0$$

$$\text{Mắc lưới (III)} : -R_4.I_4 - R_5.I_5 + R_6.I_6 = 0$$

$$\text{Mắc lưới (IV)} : -E_1 + R_1.I_1 - R_6.I_6 + E_2 + R_2.I_2 + R_5.I_5 = 0$$



1.4. BIẾN ĐỔI TƯƠNG ĐƯƠNG MẠCH

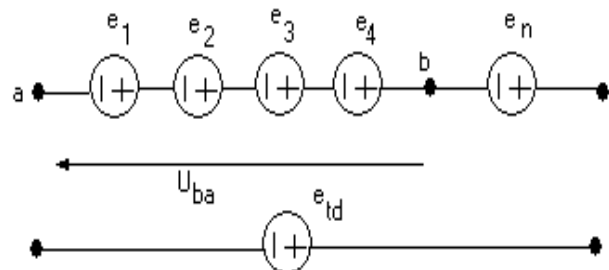
- Để đơn giản hoá mạch làm cho số nút giảm đi người ta sử dụng các phép biến đổi, và trong các phép biến đổi đó có phép biến đổi tương đương là thường sử dụng nhất trong khi giải toán lý thuyết mạch. Phép biến đổi tương đương thường dùng:

1.4.1. Các nguồn mắc nối tiếp

$$e_{td} = \sum_K \pm e_K$$

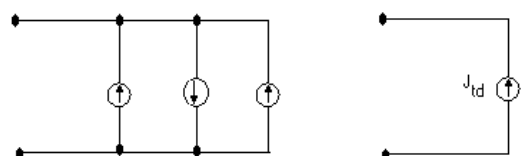
$$U_{ba} = e_1 + e_2 + e_3 + e_4$$

- Số phần tử = Số nhánh



1.4.2. Các nguồn dòng mắc song song

$$J_{td} = \sum_K \pm J_K$$



$$J = J_1 - J_2 + J_3$$

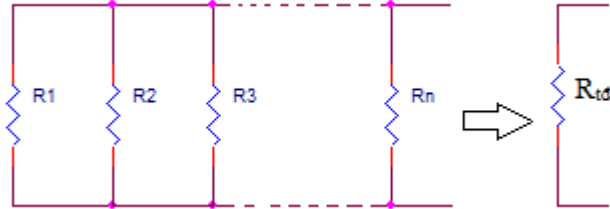
1.4.3. Các phần tử điện trở mắc nối tiếp :

$$R_{td} = \sum_K R_K$$



1.4.4. Các phần tử điện trở mắc song song :

$$\frac{1}{R_{td}} = \sum_K \frac{1}{R_K}$$



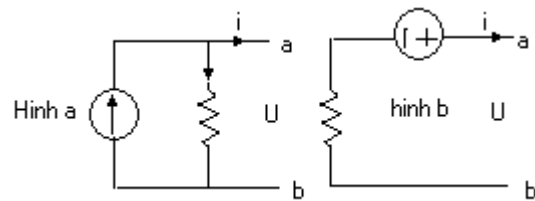
1.4.5. Phép biến đổi nguồn tương đương

- Biến đổi nguồn áp mắc nối tiếp với điện trở thành nguồn dòng mắc song song với điện trở.

Ta xét hình (b): $U = -r \cdot i + e$ (1)

Ta xét hình (a): $J = i + \frac{U}{r}$

$$\Leftrightarrow U = r \cdot J - r \cdot i$$
 (2)

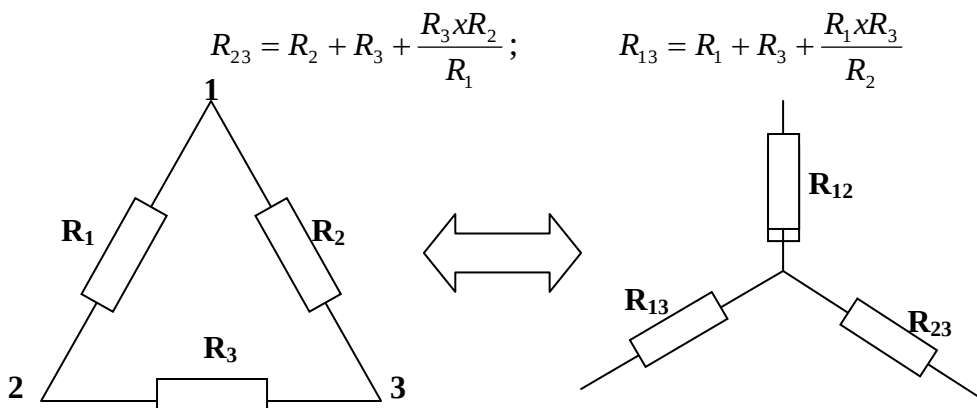


- Ta so sánh phương trình (1) và (2) ta được : $e = r \cdot J$
- Như vậy khi thay thế một nguồn áp mắc nối tiếp với một điện trở thành nguồn dòng mắc song song với điện trở thế nguồn dòng có giá trị bằng nguồn áp chia cho điện trở đó. Tương đương cho trường hợp ngược lại (khi thay thế nguồn dòng thành nguồn áp). Chú ý khi tính toán dòng trên điện trở của nguồn áp.

1.4.6. Phép biến đổi sao $\leftrightarrow$ tam giác

- Ta có các công thức biến đổi sau :

+ Biến đổi tam giác $\rightarrow$ Sao: $R_{12} = R_1 + R_2 + \frac{R_1 \times R_2}{R_3}$



$$+ \text{Biến đổi sao} \rightarrow \text{tam giác: } R_1 = \frac{R_{12} \times R_{13}}{R_{12} + R_{13} + R_{23}}$$

$$R_2 = \frac{R_{12} \times R_{23}}{R_{12} + R_{13} + R_{23}}; \quad R_3 = \frac{R_{13} \times R_{23}}{R_{12} + R_{13} + R_{23}}$$

1.5. PHÂN LOẠI MẠCH ĐIỆN

- Có thể phân loại mạch điện theo 3 cách sau:

1.5.1. Mạch có thông số tập trung và mạch có thông số rải.

- Mạch có thông số tập trung là mạch mà các quá trình điện từ xảy ra trong nó chỉ phụ thuộc vào thời gian mà không phụ thuộc vào không gian.

Ví dụ: Trên đường dây tải điện trong một khoảng cách ngắn thì dòng ở đầu đường dây và cuối đường dây là như nhau, khi đó ta xem đường dây đó tương đương với một tổng trở. Quá trình biến đổi dòng và áp trên đường dây chỉ phụ thuộc vào thời gian mà không phụ thuộc vào không gian (chiều dài đường dây)

- Các phần tử lý tưởng (R,L,C,e,j) thuộc loại các phần tử có thông số tập trung.
- Mạch có thông số rải là mạch mà các quá trình điện từ xảy ra trong nó không những chỉ phụ thuộc vào thời gian mà còn không phụ thuộc vào không gian.

1.5.2. Mạch tuyến tính và mạch không tuyến tính (phi tuyến)

- Mạch được gọi là tuyến tính nếu nó thỏa mãn nguyên lý xếp chồng và nguyên lý tỷ lệ
- Nếu mạch chỉ gồm những phần tử tuyến tính thì nó là mạch tuyến tính
- Mạch được gọi là phi tuyến nếu nó không thỏa mãn nguyên lý xếp chồng và nguyên lý tỷ lệ
- Nếu mạch chỉ một phần tử phi tuyến thì nó là mạch phi tuyến

1.5.3. Mạch điện dừng và mạch không dừng.

- Mạch điện dừng là mạch các phần tử của nó không phụ thuộc vào thời gian
- Đa số các mạch điện trong thực tế đều mô hình bằng mạch điện dừng
- Trong lý thuyết mạch đóng vai trò quan trọng nhất là mạch tuyến tính dừng (TTD), có thông số tập trung. Mạch này có thể mô tả bởi các phương trình đại số hay pt vi phân tuyến tính.

1.6. BÀI TẬP CHƯƠNG 1

Ví dụ 1: Tìm công suất cung cấp và công suất tiêu thụ của mạch sau.

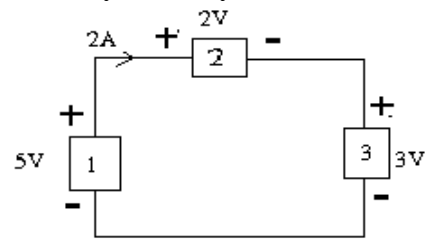
Giải:

Phần tử 1 cung cấp công suất: $P_1 = 5 \times 2 = 10\text{w}$

Phần tử 2 tiêu thụ công suất: $P_2 = U_2 \times I_2 = 2 \times 2 = 4\text{w}$

Phần tử 3 tiêu thụ công suất: $P_3 = U_3 \times I_3 = 3 \times 2 = 6\text{w}$

Kiểm tra lại nguyên lý cân bằng công suất: $P_1 = P_2 + P_3$



Ví dụ 2: Tìm áp trên các điện trở (mạch phân áp)

Giải:

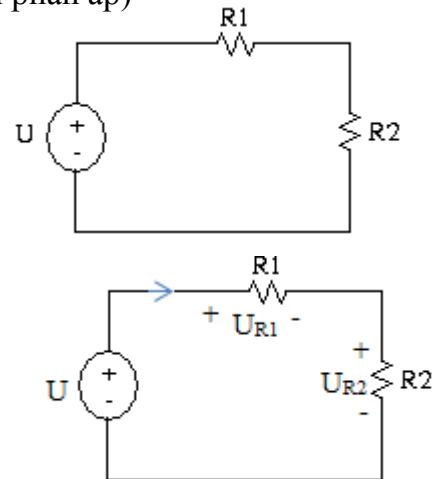
Áp dụng định luật K2 và định luật ôm

$$U_{R1} + U_{R2} - U = 0$$

$$\Leftrightarrow I.R1 + I.R2 - U = 0 \quad \Leftrightarrow I.(R1 + R2) = U$$

$$\Leftrightarrow I = \frac{U}{R1 + R2} \quad \Rightarrow U_{R1} = I.R1 = \frac{U.R1}{R1 + R2}$$

$$\Rightarrow U_{R2} = I.R2 = \frac{U.R2}{R1 + R2}$$



Kết luận: Nguồn điện áp U bị chia trên hai điện trở $R1$ và $R2$ theo các điện áp tỷ lệ thuận với giá trị điện trở

Ví dụ 3: Tìm dòng điện qua các điện trở (cầu phân dòng)

Tìm I_1 , I_2 khi biết I

Giải:

Áp dụng định luật K1 tại nút a và định luật ohm

$$I = I_1 + I_2$$

$$\text{Mà: } U_{ab} = U_{R1} = U_{R2}$$

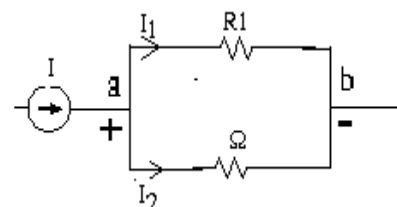
Ta có:

$$I = \frac{U_{ab}}{R_{ab}} = \frac{U_{ab} \cdot (R_1 + R_2)}{R_1 \cdot R_2} \Rightarrow U_{ab} = I \cdot \frac{R_1 \cdot R_2}{(R_1 + R_2)}$$

– Xét phần tử R_1 :

$$I_1 = \frac{U_{R1}}{R_1} = \frac{U_{ab}}{R_1} = \frac{I \cdot \frac{R_1 \cdot R_2}{(R_1 + R_2)}}{R_1}$$

$$\Leftrightarrow I_1 = I \cdot \frac{R_2}{(R_1 + R_2)}$$

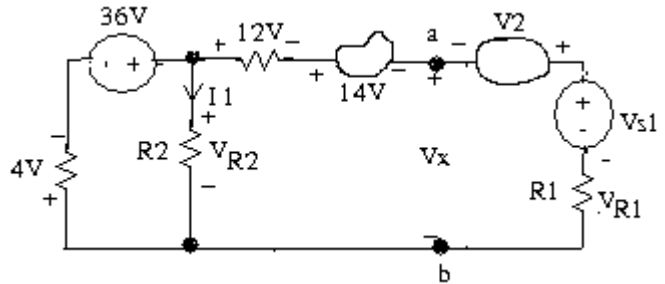


– Xét phần tử R_2 :

$$I_2 = \frac{U_{R2}}{R_2} = \frac{U_{ab}}{R_2} = \frac{I \cdot \frac{R_1 \cdot R_2}{(R_1 + R_2)}}{R_2}$$

$$\Leftrightarrow I_2 = I \cdot \frac{R_1}{(R_1 + R_2)}$$

Ví dụ 4: Dùng định luật KCL để tìm V_{R2} và V_x



Giải:

- Ta viết phương trình K2 cho mạch vòng bên trái

$$4 - 36 + V_{R2} = 0$$

Suy ra: $V_{R2} = 32 \text{ v}$

– Cuối cùng để tính giá trị V_x ta thường nghĩ rằng, V_x sẽ bằng tổng các điện áp rơi trên 3 phần tử phía bên phải, điều đó khiến ta không tìm ra được kết quả. Nhưng thật là đơn giản nếu chúng ta sử dụng K₂ cho những phần tử phía bên trái và qua a đến V_x tới b

$$4 - 36 - 12 + 14 + V_x = 0$$

Suy ra: $V_x = 6 \text{ v}$

- Nếu ta đã biết V_{R2} chúng ta có mạch vòng ngắn hơn qua R2

$$- 32 + 12 + 14 + V_x = 0$$

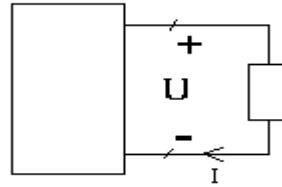
Ta cũng suy ra được $V_x = 6 \text{ v}$

BÀI TẬP

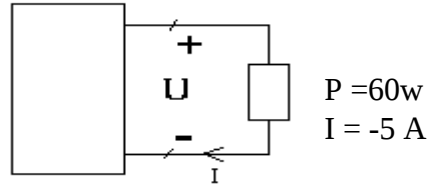
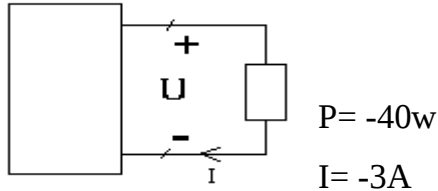
1.1 Xác định công suất thụ của mạch sau.

a) $U=10\text{V}$ $I=3\text{A}$

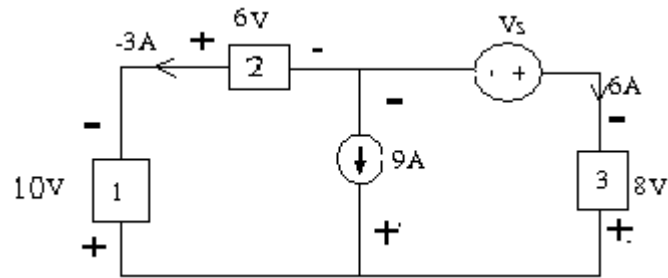
b) $U=4\text{V}$ $I= -5\text{A}$



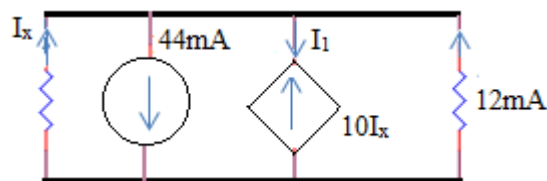
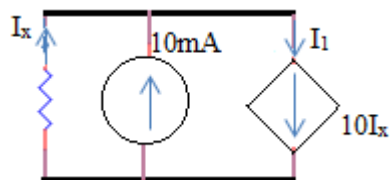
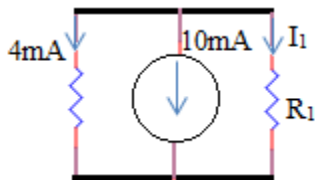
1.2. Xác định độ lớn và hướng của điện áp trong mạch.



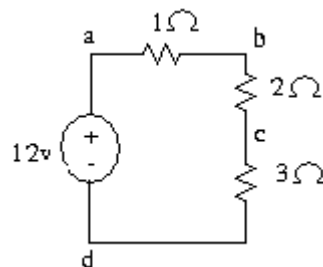
1.3. Tìm V_s trong mạch.



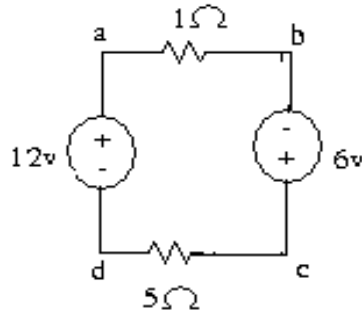
1.4. Dùng phương trình kirchhoff để tìm các dòng điện trong mạch.



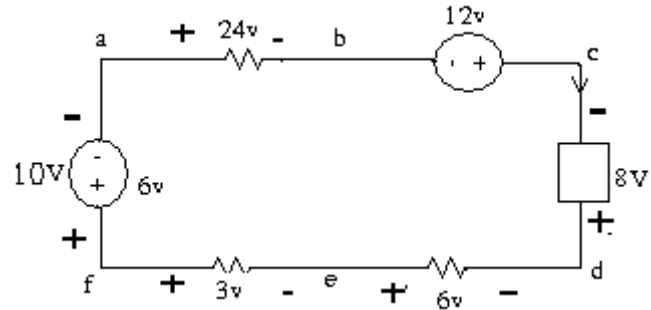
1.5. Tìm U_{ad} , U_{ac} , U_{bd} .



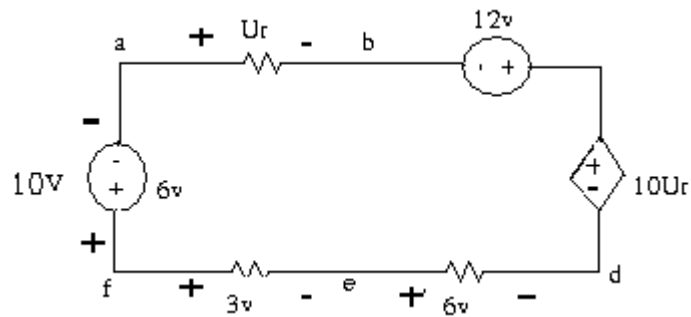
1.6. Tìm U_{ac} , U_{db}



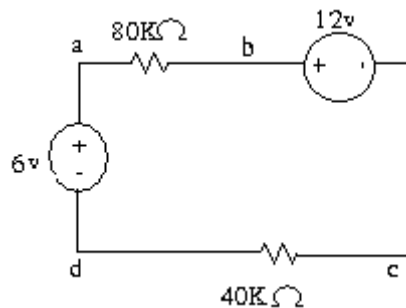
1.7. Tìm U_{ad} , U_{eb} , U_{bd}



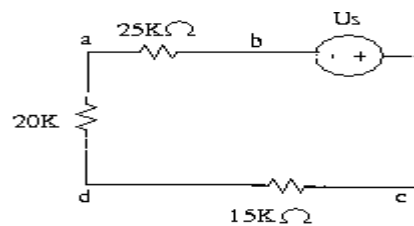
1.8. Tìm U_{bd}



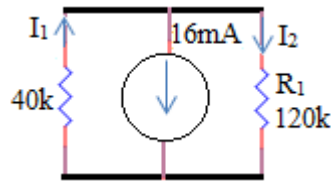
1.9. Tìm I và U_{bd}



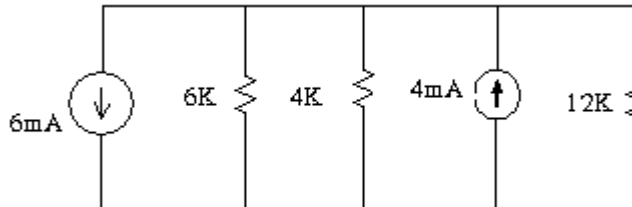
1.10. Nếu $U_{ad}=3V$ tìm U_s



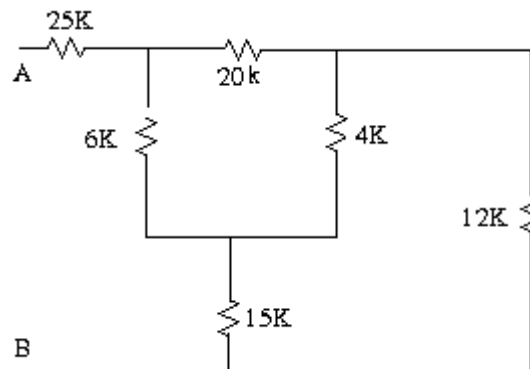
1.11 Tìm I_1, I_2 và công suất hấp thụ bởi điện trở $40K\Omega$ trong mạch



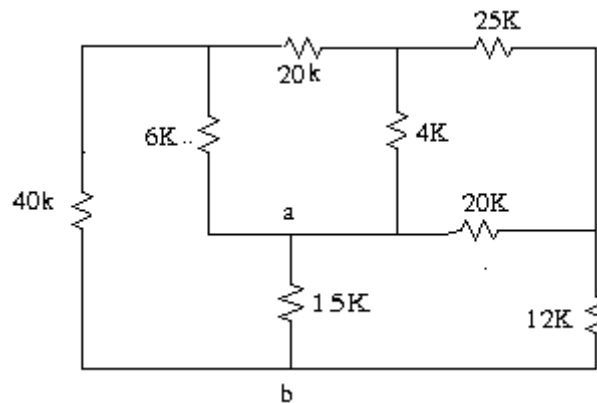
1.12 Tìm công suất hấp thụ bởi điện trở $6K\Omega$ trong mạch



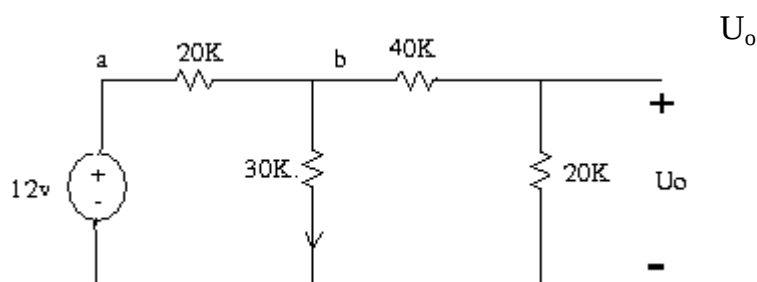
1.13 Tìm điện trở tương đương R_{ab} trong mạch



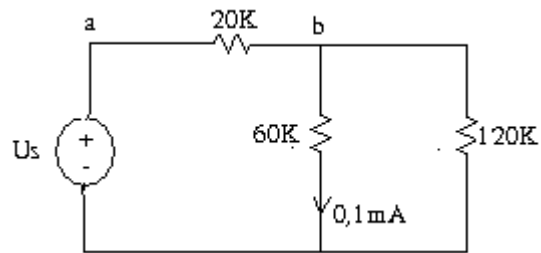
1.14 Tìm điện trở tương đương R_{ab} trong mạch



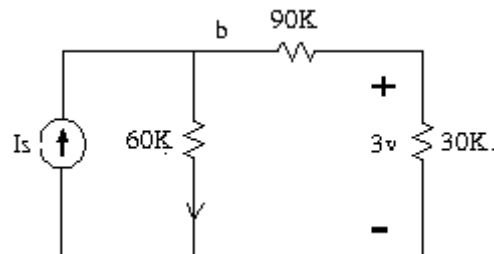
Tìm



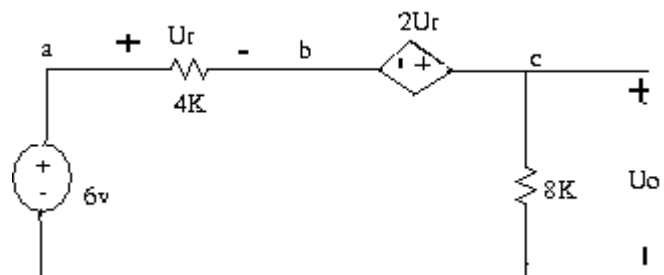
1.15 Tìm U_s trong mạch.



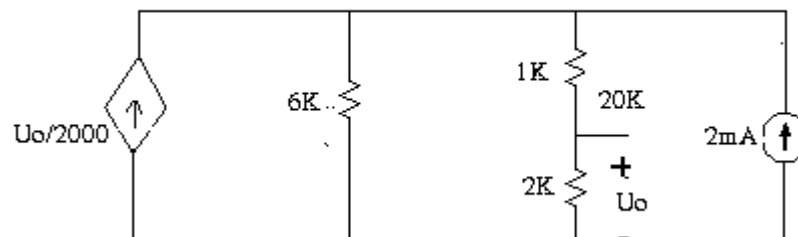
1.16 Tìm I_s trong mạch.



1.17 Tìm U_o trong mạch



1.18 Tìm U_o trong mạch



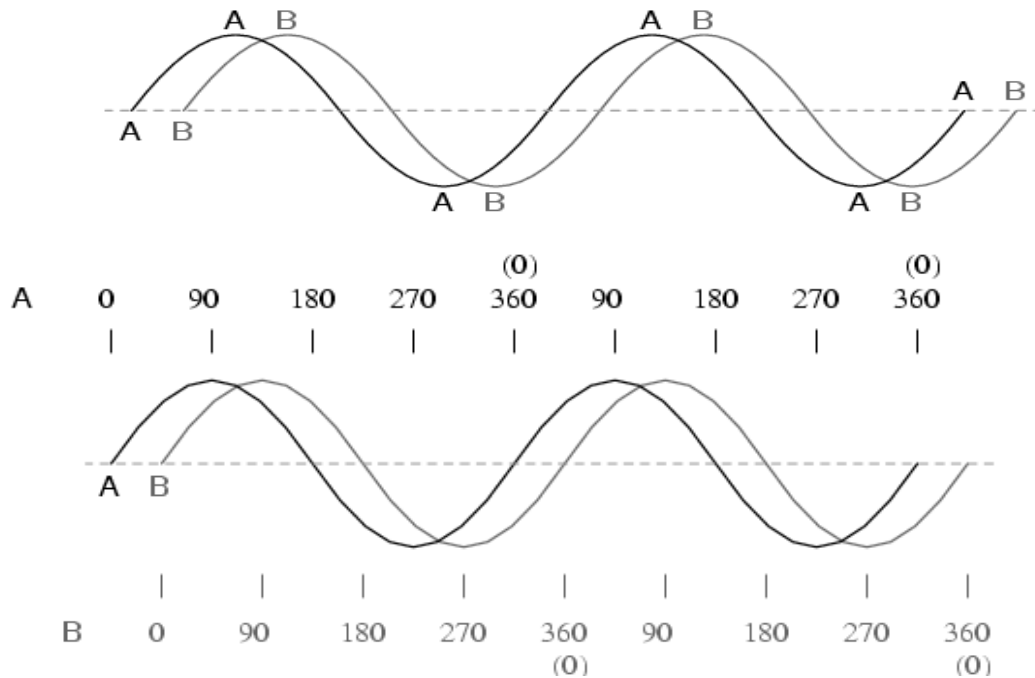
CHƯƠNG II

MẠCH XÁC LẬP ĐIỀU HÒA

2.1. QUÁ TRÌNH ĐIỀU HÒA VÀ TRỊ HIỆU DỤNG

- Mạch xác lập điều hòa là một mạch điện mà các đại lượng dòng và áp trong mạch biến đổi hình sin với tần số bằng tần số nguồn.

2.1.1. Đại lượng hình sin



- Một đại lượng $f(t)$ gọi là điều hoà nếu nó biến thiên theo quy luật sau :

$$f(t) = F_m \cos(\omega t + \varphi)$$

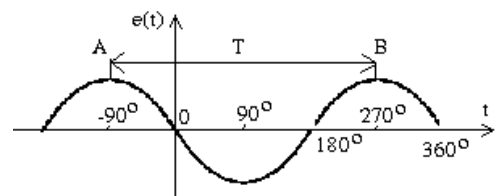
- Hàm $f(t)$ có thể là dòng điện $i(t)$, điện áp $u(t)$, sức điện động $e(t)$ hoặc trị số nguồn dòng $j(t)$.

$F_m > 0$: gọi là biên độ

ω : tần số góc là rad / s (radian/giây)

$\omega t + \varphi$: góc pha tại thời điểm t

φ : góc pha ban đầu $t = 0$



- Chu kỳ T : là khoảng thời gian ngắn nhất để $f(t)$ lặp lại trị số cũ.

$$T = \frac{2\pi}{\omega} \quad (s)$$

Tần số f :

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

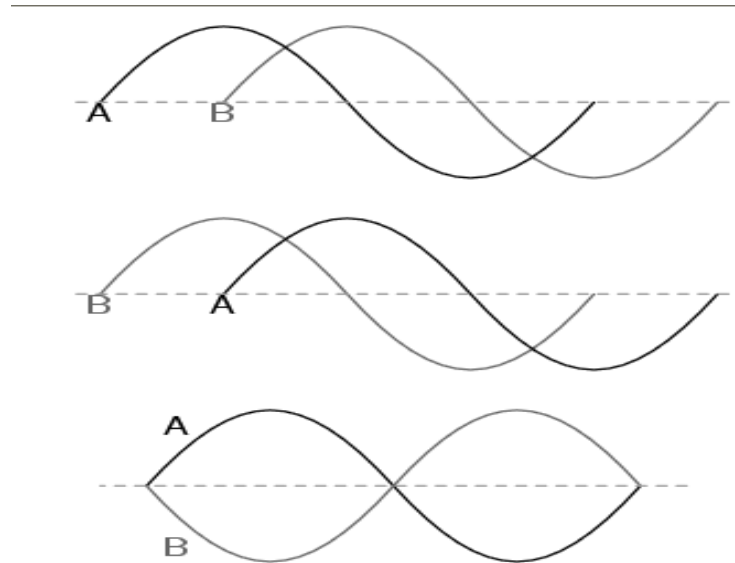
Góc lệch pha :

$$f_1(t) = F_{m1} \cos(t + \varphi_1)$$

$$f_2(t) = F_{m2} \cos(t + \varphi_2)$$

$$\varphi = (\varphi_1 - \varphi_2) \pm 360 \text{ sao cho } |\varphi| < 180^\circ; \text{ góc lệch pha giữa } f_2 \text{ và } f_1$$

Ví dụ 1



Trường hợp thứ nhất $\varphi_A - \varphi_B = -90^\circ$

Trường hợp thứ hai $\varphi_A - \varphi_B = 90^\circ$

Trường hợp thứ ba $\varphi_A - \varphi_B = -180^\circ$ (ngược pha)

Ví dụ 2 $i_1(t) = 5\cos(t + 170^\circ)$

$$i_2(t) = 4\cos(t + 190^\circ)$$

$$\varphi = 170^\circ - 190^\circ = -20^\circ$$

Ví dụ 3 $u_1(t) = 10\sin(t + 20^\circ)$

$$u_2(t) = 15\sin(t + 210^\circ)$$

$$\Rightarrow \varphi = 20^\circ - 210^\circ = -190^\circ \text{ hoặc } \varphi = 170^\circ$$

2.1.2. Trị hiệu dụng

- Trị hiệu dụng của dòng điện $i(t)$ hoặc điện áp $u(t)$ biến thiên tuần hoàn với chu kỳ T bằng dòng điện không đổi I hoặc điện áp không đổi U . Gây ra cùng một công suất tiêu thụ trung bình trên một điện trở R .

$$P = \frac{1}{T} \int_0^T Ri^2 dt = RI^2 \quad \Rightarrow \quad I = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T i^2 dt}$$

2.1.2.1. Dòng điện hiệu dụng

- Đối với sóng sin thì $i = I_m \cos(t + \varphi)$

$$I = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T i^2 dt} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T I_m^2 \cos^2(\omega t + \varphi)} \Rightarrow I = \frac{I_m}{\sqrt{2}} \quad \text{với } T = \frac{2\pi}{\omega}$$

2.1.2.2. Điện áp hiệu dụng

$$u(t) = U_m \cos(t + \varphi)$$

$$- \text{ Tương tự cho : } U = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T u^2 dt} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T U_m^2 \cos^2(\omega t + \varphi)} \Rightarrow U = \frac{U_m}{\sqrt{2}}$$

- **Chú ý** : Các dụng cụ đo lường thường dùng chỉ hiển thị trị số hiệu dụng. Quan hệ giữa trị biên độ và trị hiệu dụng của đại lượng điều hoà:

$$U = \frac{U_m}{\sqrt{2}}, \quad I = \frac{I_m}{\sqrt{2}}, \quad J = \frac{J_m}{\sqrt{2}}, \quad E = \frac{E_m}{\sqrt{2}}$$

2.2. PHƯƠNG PHÁP BIẾN ĐỔI PHỨC

2.2.1. Khái niệm :

- Cho pt: $x^2 + x + 1 = 0$ không có nghiệm thực nhưng người ta chứng minh được rằng pt bậc hai phải có 2 nghiệm (kể cả nghiệm thực hoặc nghiệm phức). Người ta giải phương trình này như sau :

$$\Delta = 1 - 4 = -3 = (-1) \cdot 3 = j^2 \cdot 3 \quad (\text{do người ta đặt } j^2 = -1)$$

$$\sqrt{\Delta} = \sqrt{3} \cdot j$$

$$\Leftrightarrow x_1 = \frac{-1 \pm \sqrt{3} \cdot j}{2} \quad \text{đây là số phức}$$

2.2.1.1. Số phức dạng đại số

$$z = a + jb \quad \text{trong đó } j^2 = -1$$

a: phần thực của z : $a = \text{Re}(z)$

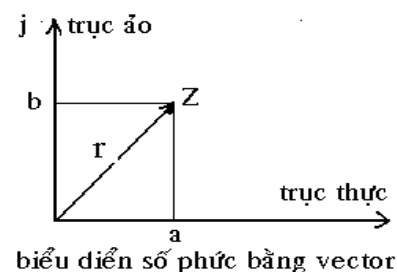
b: phần ảo của z : $b = \text{Im}(z)$

2.2.1.2. Số phức dạng mũ (dạng cực):

$$z = r \cdot e^{j\varphi} = r \angle \varphi$$

r : modun của z

φ : argument của z ($\varphi = \arg(z)$)



$$\begin{cases} r = \sqrt{a^2 + b^2} \\ \varphi = \arctg \frac{b}{a} \quad ; \quad a \geq 0 \\ \varphi = \pi - \arctg \frac{b}{a} \quad ; \quad a < 0 \end{cases}$$

Theo Euler : $re^{j\varphi} = r \cos\varphi + j r \sin\varphi = a + jb$

$$\Rightarrow a = r \cos\varphi$$

$$\Rightarrow b = r \sin\varphi$$

Ví dụ 1: $5\angle 30^\circ = 5\cos 30^\circ + j5\sin 30^\circ = \frac{5\sqrt{3}}{2} + j\frac{5}{2}$

2.2.1.3. Số phức liên hợp:

- Nếu ta có một số phức $z = a + jb = r\angle\varphi$ thì số phức liên hợp được định nghĩa là : $z^* = a - jb = r\angle -\varphi$

- Khi đó : $z^* \times z = a^2 + b^2 = r^2$

Ví dụ 2: Cho số phức sau

- $Z = 15\angle 60^\circ = 15\cos 60^\circ + j15\sin 60^\circ = \frac{15}{2} + j\frac{15\sqrt{3}}{2}$

- Số phức liên hợp của nó là:

$$Z^* = 15\angle -60^\circ = 15\cos(-60^\circ) + j15\sin(-60^\circ) = \frac{15}{2} - j\frac{15\sqrt{3}}{2}$$

2.2.2. Cộng trừ và nhân chia số phức

2.2.2.1. Biến đổi số phức bằng tay

- Đổi từ dạng mũ sang đại số : ta có số phức $z = re^{j\varphi}$ ta biến đổi sang dạng đại số :

$$a + jb$$

$$a = r \cos\varphi$$

$$b = r \sin\varphi$$

- Cộng trừ số phức: Ta có hai số phức sau: $Z = a + jb$

$$Z' = a' + jb'$$

$$\text{Và } \Rightarrow Z + Z' = (a + a') + j(b + b')$$

$$\Rightarrow Z - Z' = (a - a') + j(b - b')$$

Ví dụ : Ta có hai số phức sau: $Z = 5 + j3$

Và $Z' = 4 + j6$

$$\Rightarrow Z + Z' = (5 + 4) + j(3 + 6) = 9 + j9$$

$$\Rightarrow Z - Z' = (5 - 4) + j(3 - 6) = 1 - j3$$

2.2.2.2. Nhân chia số phức dạng đại số

- Ta có hai số phức sau : $Z = a + jb$ và $Z' = a' + jb'$

- Nhân hai số phức:

$$\Rightarrow Z \times Z' = \{(a \times a') + (a \times jb')\} + \{(jb \times a') + (jb \times jb')\}$$

$$\Rightarrow Z \times Z' = (a.a' - b.b') + j(a.b' + a'.b)$$

- Chia hai số phức:

$$\begin{aligned} \Rightarrow \frac{Z}{Z'} &= \frac{(a + jb)}{(a' + jb')} = \frac{(a + jb)(a' - jb')}{(a' + jb')(a' - jb')} = \frac{(aa' + bb') + j(ba' - b'a)}{a'^2 + b'^2} \\ &= \frac{(aa' + bb')}{a'^2 + b'^2} + j \frac{(ba' - b'a)}{a'^2 + b'^2} \end{aligned}$$

Ví dụ:

- Chia dạng đại số :

$$\frac{5 + j6}{2 + j3} = \frac{(5 + j6).(2 - j3)}{(2 + j3).(2 - j3)} = \frac{(10 + 18) + j(12 - 15)}{2^2 + 3^2} = \frac{28}{13} + j \frac{-3}{13}$$

2.2.2.3. Nhân chia số phức dạng cực (dạng mũ)

$$z = r \angle \varphi, \quad z' = r' \angle \varphi'$$

$$z \times z' = r \times r' \angle (\varphi + \varphi')$$

$$\frac{z}{z'} = \frac{r}{r'} \angle (\varphi - \varphi')$$

Ví dụ:

$$z = 20 \angle 30^\circ, \quad z' = 5 \angle 45^\circ$$

$$z \times z' = r \times r' \angle (\varphi + \varphi') = 20 \times 5 \angle (30^\circ + 45^\circ) = 100 \angle 75^\circ$$

$$\frac{z}{z'} = \frac{r}{r'} \angle (\varphi - \varphi') = \frac{20}{5} \angle (30^\circ - 45^\circ) = 4 \angle (-15^\circ)$$

2.2.2.4. Biến đổi số phức bằng máy tính

Ví dụ: (đối với máy tính **casio FX500**)

- Muốn đổi từ dạng đại số $a + jb$ sang dạng cực $z = r e^{j\varphi}$ ta bấm như sau:

$a \rightarrow \text{shift} \rightarrow + \rightarrow b \rightarrow =$ (ta được modun của số phức z là r) $\rightarrow \text{shift} \rightarrow [(\dots$ Ta được $\arg(z) = \varphi$

- Muốn đổi từ dạng cực $z = re^{j\varphi}$ sang dạng đại số $a+jb$ ta bấm như sau:

$r \rightarrow \text{shift} \rightarrow - \rightarrow \varphi \rightarrow =$ (ta được a,) $\rightarrow \text{shift} \rightarrow [(\dots$ Ta được b

Ví dụ: (đối với máy tính **Canon F-720**)

- Muốn đổi từ dạng đại số $a+jb$ sang dạng cực $z = re^{j\varphi}$ ta bấm như sau:

$a \rightarrow , \rightarrow b \rightarrow \text{ALPHA} \rightarrow X$ (dấu nhân) ta được modul của số phức z là r Nhấn dấu mũ tên ($\rightarrow$) Ta được $\arg(z) = \varphi$

- Muốn đổi từ dạng cực $z = re^{j\varphi}$ sang dạng đại số $a+jb$ ta bấm như sau:

$r \rightarrow , \rightarrow \varphi \rightarrow \text{ALPHA} \rightarrow \div$ (ta được a,) $\rightarrow$ Nhấn dấu mũ tên ($\rightarrow$) Ta được b

2.2.3. Biểu diễn đại lượng hình sin sang số phức

- Giả sử ta có một hàm số hình sin như sau:

$$f(t) = F_m \cos(t + \varphi)$$

- Biến đổi sang số phức dạng biên độ

$$\dot{F}_m = F_m e^{j\varphi} = F_m \angle \varphi$$

F_m : biên độ của hàm $f(t)$

- Biến đổi sang số phức dạng hiệu dụng

$$\dot{F} = \frac{F_m}{\sqrt{2}} e^{j\varphi} = \frac{F_m}{\sqrt{2}} \angle \varphi = F \angle \varphi$$

$$F = \frac{F_m}{\sqrt{2}} : \text{hiệu dụng phức của hàm } f(t)$$

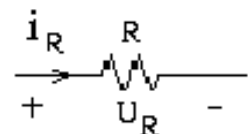
Ví dụ:

$$f(t) = 5 \cos(t + 15^\circ) \Rightarrow \dot{F} = 5 \angle 15^\circ = 4,8 + j1,3$$

$$u(t) = 6 \cos(t - 45^\circ) \Rightarrow \dot{U} = 6 \angle 45^\circ = 4,24 + j4,24$$

2.3. QUAN HỆ ĐIỆN ÁP VÀ DÒNG ĐIỆN TRÊN CÁC PHẦN TỬ R, L, C. TRỞ KHÁNG VÀ DẪN NẠP

2.3.1. Trên phần tử điện trở



$$i(t) = I_m \cos(t + \varphi)$$

$$u(t) = R \cdot i = R I_m \cos(t + \varphi) = U_m \cos(t + \varphi)$$

$$U_m = R I_m \Rightarrow U = R \cdot I$$

- Biên độ áp (U_m) = Biên độ dòng (I_m) x Điện trở (R)

$\varphi_u = \varphi_i$: u và I cùng pha

2.3.2. Trên phần tử điện cảm

- Dòng điện chạy qua cuộn dây là : $i(t) = I_m \cos(t + \varphi)$

$$\Rightarrow u_L(t) = L \frac{di}{dt} = \omega L I_m \sin(\omega t + \varphi) = \omega L I_m \cos(\omega t + \varphi + 90^\circ)$$

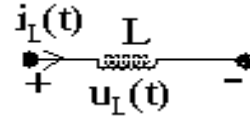
$$U_m = \omega L I_m \text{ (Điện áp biên độ)}$$

$$U = \omega L I \text{ (Điện áp hiệu dụng)}$$

$$\dot{I}_m = I_m \angle \varphi$$

$$\dot{U}_m = U_m \angle \varphi + 90^\circ$$

$$\varphi_u - \varphi_i = 90^\circ \text{ Điện áp nhanh pha hơn dòng điện } 90^\circ$$



2.3.3. Trên phần tử điện dung

- Điện áp đặt trên hai đầu tụ điện: $u_c(t) = U_m \cos(t + \varphi)$

$$\Rightarrow i_c(t) = C \frac{du_c}{dt} = \frac{i}{\omega C} U_m \sin(\omega t + \varphi) = \frac{1}{\omega C} U_m \cos(\omega t + \varphi + 90^\circ)$$

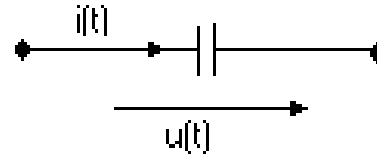
$$U_m = \frac{1}{\omega C} I_m \text{ (Điện áp biên độ)}$$

$$U = \frac{1}{\omega C} I \text{ (Điện áp hiệu dụng)}$$

$$\dot{U}_m = U_m \angle \varphi$$

$$\dot{I}_m = I_m \angle \varphi + 90^\circ$$

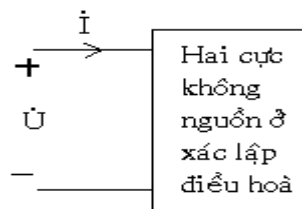
$$\varphi_u - \varphi_i = -90^\circ \text{ Điện áp nhanh pha hơn dòng điện } 90^\circ$$



2.3.4. Trở kháng và dẫn nạp

2.3.4.1. Trở kháng (tổng trở)

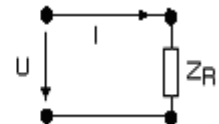
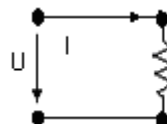
$$\frac{\dot{U}}{\dot{I}} = Z$$



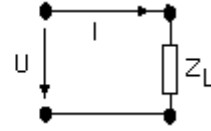
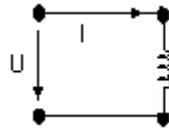
- Z không phụ thuộc U, I mà chỉ phụ thuộc vào cấu trúc và giá trị các thông số bên trong mạng hai cực.

- Z : được gọi là trở kháng của mạng một cửa.

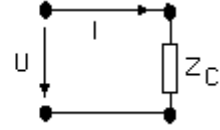
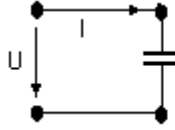
$$Z_R = \frac{\dot{U}}{\dot{I}} = R$$



$$Z_L = \frac{\dot{U}_L}{\dot{I}_L} = j\omega L$$



$$Z_C = \frac{\dot{U}_C}{\dot{I}_C} = -j \frac{1}{C\omega}$$



$$\Rightarrow Z = R + j\omega L - j \frac{1}{C\omega}$$

$$\Rightarrow \frac{\dot{U}}{\dot{I}} = Z = R + jX$$

Chú ý:

- $R > 0 \Rightarrow$ Điện trở. (tải mang tính chất trở kháng)
- $X < 0 \Rightarrow$ Điện dung (tải mang tính chất dung kháng)
- $X > 0 \Rightarrow$ Điện cảm (tải mang tính chất cảm kháng)
- Đơn vị của Z, R, L : là ohm (Ω)

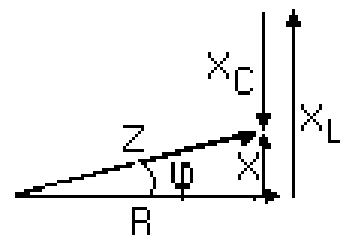
2.3.4.2. Tam giác tổng trở:

- Ý nghĩa của tổng trở: $Z = |Z| \angle \varphi = \frac{\dot{U}}{\dot{I}} = \frac{U_m \angle \varphi_U}{I_m \angle \varphi_I} = \frac{U_m \angle (\varphi_U - \varphi_I)}{I_m}$
 - $\varphi > 0$: Tải có tính chất cảm kháng.
 - $\varphi < 0$: Tải có tính chất dung kháng.
 - $\varphi = 0$: Tải thuần trở.
 - $\varphi \pm 90^\circ$: Tải thuần kháng

Ví dụ: $Z = R + j\left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)$

$$|Z| = \sqrt{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2}$$

$$\varphi = \arctg \left(\frac{\omega L - \frac{1}{\omega C}}{R} \right) = \arctg \frac{X}{R}$$



- Nếu $X = 0 \Rightarrow \omega_0 L = \frac{1}{\omega_0 C} \Rightarrow \omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$

- ω_0 gọi là tần số cộng hưởng
- $\omega = \omega_0 \quad X=0$ tải thuần trở

- $\omega < \omega_0$ $X < 0$ tải dung (vẽ sơ đồ vectơ)
- $\omega > \omega_0$ $X > 0$ tải cảm (vẽ sơ đồ vectơ)

2.3.4.3. Dẫn nạp (tổng dẫn)

$$Y = \frac{1}{Z} = \frac{\dot{I}}{\dot{U}} = G + jB = |Y| \angle \alpha$$

$$|Y| = \sqrt{G^2 + B^2}$$

- B: Điện dẫn
 - G: Điện nạp
- Đơn vị : G và B là mho(1/Ω).

$$\alpha = -\varphi = \varphi_u - \varphi_i$$

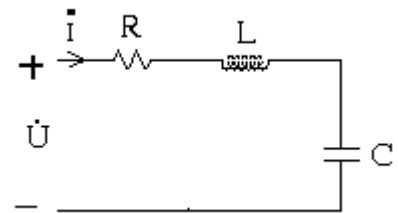
Ví dụ: Hãy xác định trở kháng Z và dẫn nạp Y của mạch R, L, C nối tiếp.

Giải

$$Z_R = R$$

$$Z = Z_R + Z_L + Z_C \quad \text{Trong đó: } Z_L = j\omega L$$

$$Z_C = \frac{1}{j\omega C}$$



$$Z = R + j\left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)$$

$$|Z| = \sqrt{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2} \quad \text{mô đun trở kháng Z}$$

$$Y = \frac{1}{Z} = \frac{1}{R + j\left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)} = \frac{R - j\left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)}{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2} = G + jB$$

$$G = \frac{R}{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2}$$

$$B = \frac{\left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)}{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2}$$

2.4. CÁC ĐỊNH LUẬT OHM, KIRCHHOFF DẠNG PHỨC

2.4.1. Định luật ohm dạng phức

$$\dot{U} = Z.\dot{I} \text{ hoặc } \dot{I} = Y.\dot{U} \quad \begin{cases} Z=R \Rightarrow \dot{U} = R.\dot{I} \\ Z=j.L \Rightarrow \dot{U} = Z.\dot{I} = j\omega L.\dot{I} \\ Z = \frac{1}{jC\omega} \Rightarrow \dot{U} = -j\frac{1}{C\omega}.\dot{I} \quad (1/j=-j) \end{cases}$$

Ví dụ:

Cho mạch như hình vẽ. Hãy tính dòng điện I trong mạch và điện áp U_{R1} ? U_{R2} ? U_{R3} ? trên các điện trở trong mạch.

Giải:

- R_1, R_2, R_3 được ghép nối tiếp nên ta có:

$$Z = R_1 + R_2 + R_3 = 1K\Omega$$

- Áp dụng định luật Ohm mạch mắc nối tiếp

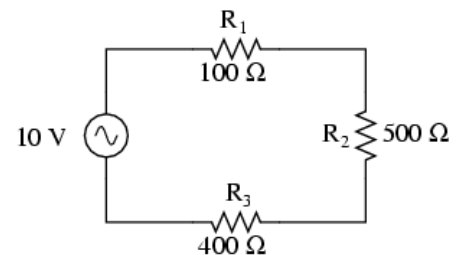
$$\text{Ta có: } I = \frac{U}{Z} = \frac{10}{1k\Omega} = 10mA$$

- Điện áp qua từng điện trở trong mạch:

$$U_{R1} = I.R_1 = 1V$$

$$U_{R2} = I.R_2 = 5V$$

$$U_{R3} = I.R_3 = 4V$$



2.4.2. Định luật kirchhoff 1 dạng phức.

“Tổng đại số các ảnh phức của các dòng điện vào hoặc ra một nút hoặc một mặt kín bất kỳ bằng không.”

$$\sum \pm \dot{I}_K = 0$$

Ví dụ: Cho mạch như hình vẽ. Hãy tính dòng điện trong mạch.

Giải:

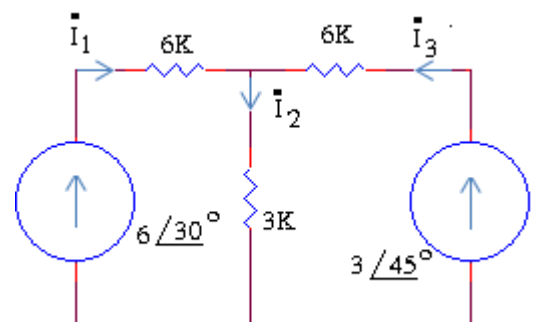
- Theo định luật Kirchhoff 1 dạng phức ta có

$$\dot{I}_1 - \dot{I}_2 + \dot{I}_3 = 0 \Rightarrow \dot{I}_2 = \dot{I}_1 + \dot{I}_3$$

- Mặt khác: $\dot{I}_1 = J_1 = 6\angle 30^\circ$

$$\dot{I}_3 = J_3 = 3\angle 45^\circ$$

- Từ các dữ kiện trên ta được

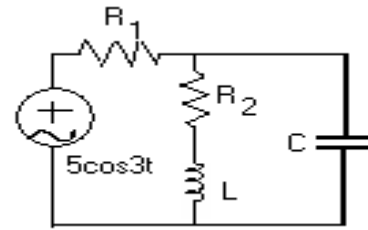


$$\dot{I}_2 = 6\angle 30^\circ + 3\angle 45^\circ = 5,2 + j3 + 2,1 + j2,1 = 7,3 + j5,1 = 9,8\angle 34,9^\circ$$

2.4.3. Định luật Kirchhoff 2 dạng phức

“Tổng đại số các ảnh phức của điện áp của tất cả các phần tử thuộc một vòng hoặc một mắt lưới bất kỳ thì bằng không.”

$$\sum (+/-) \dot{U}_K = 0$$



Ví dụ : Cho $R_1 = 1\Omega, R_2 = 3\Omega, L = 1H, C = 1/9F$

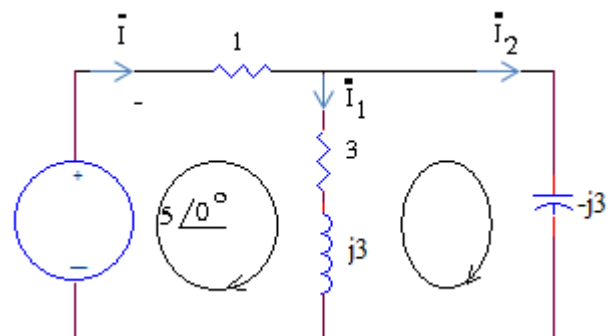
– Tìm dòng i_1, i_2, i_3 ? và các áp $\dot{U}_{R1}, \dot{U}_{R2}, \dot{U}_L, \dot{U}_C$? Suy ra $u_{R1}(t), u_{R2}(t), u_L(t), u_C(t)$

Bước 1: Biến đổi mạch sang dạng phức.

$$Z_L = j\omega L = j3\Omega$$

$$Z_C = \frac{1}{j\omega C} = -j3\Omega$$

$$\dot{E} = 5\angle 0^\circ \text{ V}$$



Bước 2: Viết các định luật :

$$* \dot{I} - \dot{I}_1 - \dot{I}_2 = 0 \quad (1) \quad (\text{Định luật K1})$$

$$* \dot{I} + 3\dot{I}_1 + j3\dot{I}_1 - 5\angle 0^\circ = 0 \quad (2) \quad (\text{Định luật K2})$$

$$* -3\dot{I}_1 - j3\dot{I}_1 - j3\dot{I}_2 = 0 \quad (3)$$

(Định luật K2 cho mạch vòng bên phải)

Bước 2 : giải hệ phương trình ở bước 2 ta được các nghiệm phức

$$\text{Từ pt(1)} \Rightarrow \dot{I}_2 = \dot{I} - \dot{I}_1 \quad (4)$$

$$\text{Thay (4) vào (3) ta được: } j\dot{I} + \dot{I}_1 = 0 \Rightarrow -j\dot{I} = \dot{I}_1 \quad (5)$$

$$\text{Thay (5) vào (2) ta được: } (4 - j3).\dot{I} = 5\angle 0^\circ \Rightarrow \dot{I} = \frac{5}{4 - j3} = 0,8 + j0,6 = 1\angle 36,87^\circ$$

$$\dot{I}_1 = -j\dot{I} = -j.(0,8 + j0,6) = 0,6 - j0,8 = 1\angle -53,13^\circ$$

$$\dot{I}_2 = \dot{I} - \dot{I}_1 = (0,8 + j0,6) - (0,6 - j0,8) = 0,2 + j1,4 = 1,414\angle 81,87^\circ (\text{A})$$

$$\Rightarrow \begin{cases} \dot{U}_{R1} = 1.\dot{I} = 1\angle 36^{\circ}87(V) \\ \dot{U}_{R2} = 3\dot{I}_1 = 3\angle -53^{\circ}13 \\ \dot{U}_L = jL\omega.\dot{I}_1 = j3.1\angle -53^{\circ}13 = 3\angle 36^{\circ}87 \\ \dot{U}_C = -j\frac{1}{\omega C}.\dot{I}_2 = -j3.1,414\angle 81^{\circ}87 = 4,243\angle -8^{\circ}13 \end{cases}$$

$$\Rightarrow \begin{cases} u_{R1}(t) = 1\sin(3t + 36^{\circ}87) \\ u_{R2}(t) = 3\sin(3t - 53^{\circ}13) \\ u_L(t) = 3\sin(3t + 36^{\circ}87) \\ u_C(t) = 4,243\sin(3t - 8^{\circ}13) \end{cases}$$

2.4.4. Các phép biến đổi tương đương :

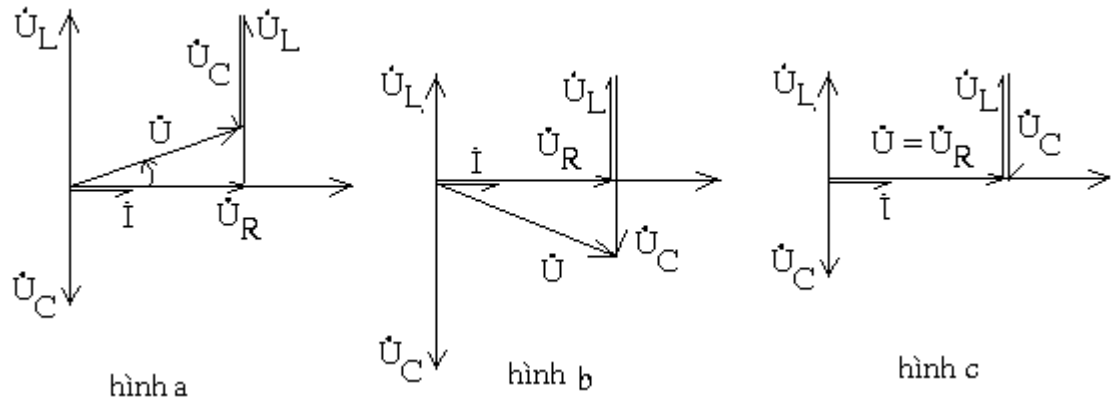
- Các nguồn áp cùng tần số mắc nối tiếp hoặc khác tần số mắc nối tiếp, hoặc tần số mắc nối tiếp
- Các nguồn dòng mắc song song
- Tổng trở mắc Y - Δ
- Nguồn áp mắc nối tiếp tổng trở, suy ra nguồn dòng song song tổng trở.

2.4.5. Đồ thị vector

- Đồ thị vector : từ các định luật kirchhoff dạng phức $\Rightarrow$ khái niệm về đồ thị vector, nó biểu diễn hình học của quan hệ giữa các biên độ phức dòng và áp trong mạch điện theo định luật kirchhoff.

Ví dụ : Đồ thị vector của mạch R, L, C nối tiếp, trong 3 trường hợp mạch có tính cảm, tính dung và tính thuần trở.

- Chọn góc pha ban đầu của $\dot{I}$ bằng không vector $\vec{I}$ biểu diễn $\dot{I}$ có suất bằng I_m và góc bằng không
 - $\dot{U}_R = R.\dot{I} \Rightarrow \dot{U}_R$ cùng pha với $\dot{I}$ và có biên độ là $R.I_m$
 - $\dot{U}_L = j\omega L.\dot{I} \Rightarrow \dot{U}_L$ nhanh pha hơn so với $\dot{I}$ là 90° và có biên độ là $\omega L.I_m$
 - $\dot{U}_C = \frac{1}{j\omega C}.\dot{I} \Rightarrow \dot{U}_C$ chậm pha hơn so với $\dot{I}$ là 90° và có biên độ là $\frac{1}{\omega C}.I_m$



- Hình a $\varphi > 0$ cảm tính
- Hình b $\varphi < 0$ dung tính
- Hình c $\varphi = 0$ thuần trở

2.5. CÔNG SUẤT TRONG MẠCH ĐIỆN XOAY CHIỀU VÀ ĐO CÔNG SUẤT

- Theo chương 1 ta có công thức tính công suất như sau:

$$P(t) = u(t) \cdot i(t)$$

- Trong mạch điều hòa ta có:

$$i(t) = I_m \cos(\omega t + \varphi_i)$$

$$u(t) = U_m \cos(\omega t + \varphi_u)$$

2.5.1. Công suất thực P

$$p(t) = u(t)i(t) = U_m I_m \cos(\omega t + \varphi_u) \cos(\omega t + \varphi_i)$$

$$p(t) = \frac{1}{2} U_m I_m \cos(\varphi_u - \varphi_i) + \frac{1}{2} U_m I_m \cos(2\omega t + \varphi_u + \varphi_i)$$

⇒ Công suất tức thời có 2 thành phần: thành phần không đổi và thành phần xoay chiều biến thiên theo hình sin với tần số 2 giá trị trung bình của công suất:

$$P_{TB} = \frac{1}{T} \int_0^T P(t) dt = \frac{1}{2} U_m I_m \cos(\varphi_u - \varphi_i)$$

2.5.2. Công suất trung bình còn gọi là công suất tác dụng

$$P = \frac{1}{2} U_m I_m \cos(\varphi_u - \varphi_i) = UI \cos(\varphi_u - \varphi_i)$$

2.5.3. Công suất phản kháng Q

- Công suất phản kháng được định nghĩa như sau $Q = U.I.\sin(\varphi_u - \varphi_i)$

- Trên điện trở : $p(t) = u(t).i(t) = R.I^2 \{1 + \cos(2\omega t + 2\varphi)\}$

- Trên điện cảm: $p(t) = U(t)I(t) - \frac{1}{2}U_m I_m \cos(2\omega t + 2\varphi + \frac{\pi}{2}) = -\frac{1}{2}U_m I_m (2\omega t + 2\pi)$
- Trên tụ điện: $p(t) = \frac{1}{2}U_m I_m \cos(2\omega t + 2\varphi_1 - \frac{\pi}{2}) = \frac{1}{2}U_m I_m \sin(2\omega t + 2\varphi_1)$

 **Kết luận :**

- Trên điện trở: $P = R.I^2$, $Q = 0$
- Trên cuộn cảm: $P = 0$, $Q = \frac{1}{2}U_m I_m \sin \frac{\pi}{2} = X_L I^2 > 0$
- Trên tụ: $P = 0$, $Q = \frac{1}{2}U_m I_m \sin(-\frac{\pi}{2}) = -X_C I^2 < 0$

2.5.4. Công suất biểu kiến S

$$S = \frac{1}{2}U_m I_m = UI$$

$$\Rightarrow \{UI \cos(\varphi_U - \varphi_i)\}^2 + \{U \sin(\varphi_U - \varphi_i)\}^2 = U^2 I^2 = S^2$$

- Ta thấy: $S^2 = P^2 + Q^2$ (VA)

Ta có:

$$P = S \cos(\varphi_U - \varphi_i) \quad Q = S \sin(\varphi_U - \varphi_i)$$

- Ta có được tam giác công suất
- Công suất ở dạng phức.
- Người ta định nghĩa công suất ở dạng phức như sau:

$$\dot{S} = P + jQ = S \cos \varphi + j S \sin \varphi \quad \text{với } \varphi = \varphi_u - \varphi_i$$

$$\text{Do } S = \frac{1}{2}U_m I_m \text{ nên } \dot{S} = U_m I_m \angle \varphi_U - \varphi_i = \frac{1}{2}U_m \angle \varphi_1 I_m \angle \varphi_2 \Rightarrow \dot{S} = \frac{1}{2}\dot{U}_m \dot{I}_m = \dot{U} \cdot \dot{I}$$

($\dot{U}, \dot{I}$ là trị hiệu dụng phức)

- Trong một mạch điện tổng công suất tác dụng (phản kháng) cung cấp bởi các nguồn bằng tổng công suất tác dụng (phản kháng) trên các phần tử khác (tải):

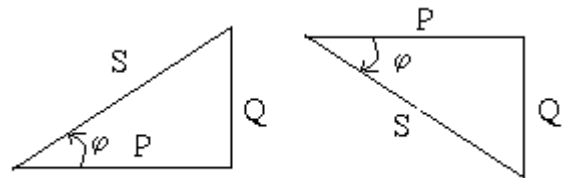
$$I_1 = 10 \angle 30^\circ \text{ (VA)}$$

Ví dụ:

$$S = 250 + j1250 \text{ (VA)}$$

$$S = 375 + j1250 \text{ (VA)}$$

Tìm E_1, E_2, I_1, I_2, I_3 . Trong đó S_1, S_2 : Công suất phát bởi 2 nguồn



2.5.5. Phối hợp trở kháng giữa tải và nguồn

– Phối hợp trở kháng giữa nguồn và tải để tải nhận được công suất lớn nhất

– Dòng điện qua tải:
$$\dot{I} = \frac{\dot{E}}{Z_S + Z_L} = \frac{\dot{E}}{(R_S + R_L) + j(X_S + X_L)}$$

– Dòng điện có biên độ :

$$I_m = \frac{E_m}{\sqrt{(R_S + R_L)^2 + (X_S + X_L)^2}}$$

– Suy ra công suất tác dụng trên tải là

$$P = \frac{1}{2} R_L I_m^2 = \frac{\frac{1}{2} R_L E_m^2}{(R_S + R_L)^2 + (X_S + X_L)^2}$$

– Ta tìm R_L và X_L sao cho $P_{\max}$

$$\left| \begin{array}{l} R_S + R_L \neq 0 \\ X_S + X_L = 0 \end{array} \right. \Rightarrow X_S = -X_L \Rightarrow P_L = \frac{R_L E_m^2}{2(R_S + R_L)^2}$$

– Ta tìm R_L để P có giá trị lớn nhất vậy ta lấy đạo hàm $\frac{dP}{dR_L}$ và cho đạo hàm bằng không (tìm cực trị của hàm P theo R_L)

$$P'_{R_L} = \frac{(R_S - R_L)E_m^2}{2(R_S + R_L)^3} = 0 \Leftrightarrow R_L = R_S$$

– Suy ra P đạt cực đại tại : $R_S = R_L$

– Vậy để $P_{\max}$ cần có các điều kiện sau:

$$\begin{cases} R_L = R_S \\ X_L = -X_S \end{cases} \text{ hay } Z_L = Z_S^*$$

$$Z_S^* = R_S - jX_S$$

2.6. MẠCH CỘNG HƯỞNG

– Mạch cộng hưởng là mạch điện trong đó xuất hiện hiện tượng cộng hưởng . Cộng hưởng xảy ra trong mạch tại tần số mà ở đó tổng điện kháng $X(\omega) = 0$ hay tổng điện nạp $B(\omega) = 0$.

– Như vậy điều kiện cần để xảy ra cộng hưởng là trong mạch có chứa các phần tử L, C .

– Trong kỹ thuật vô tuyến điện, mạch cộng hưởng thường được dùng để tách riêng các tín hiệu.

2.6.1. Mạch cộng hưởng nối tiếp

– Trong mạch cộng hưởng nối tiếp có 3 phần tử R , L , C mắc nối tiếp trong đó mạch được kích thích bởi suất điện động sin với tần số có biên độ phức là

$$\dot{E} = E_m \angle \varphi$$

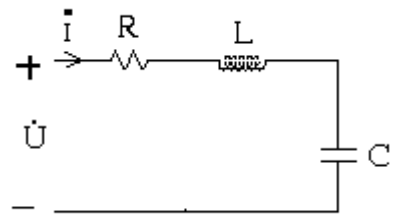
– Trở kháng của mạch.

$$Z = R + j\omega L + 1/j\omega C = R + j(\omega L - 1/\omega C) = R + jX(\omega)$$

Với $X(\omega) = (\omega L - 1/\omega C)$ là điện kháng của mạch

– Điều kiện xảy ra cộng hưởng trong mạch là $X(\omega) = 0$

0 suy ra $X(\omega) = 0 \Rightarrow \omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$ khi đó $Z_{\min} = R$; $Y_{\max} = \frac{1}{R}$



– Như vậy ở tần số cộng hưởng $\omega = \omega_0$ dòng điện trong mạch có biên độ lớn nhất bằng $\frac{E_m}{R}$ còn ở tần số cách xa ω_0 thì I_m và tổng dẫn Y giảm dần. Các nguồn tác động có tần số gần tần số ω_0 có thể tạo nên trong mạch dòng điện lớn, còn nguồn có tần số xa tần số ω_0 tạo nên trong mạch dòng điện nhỏ nên coi như bị chặn lại. Ta nói mạch có tính lọc.

2.6.2. Mạch cộng hưởng song song.

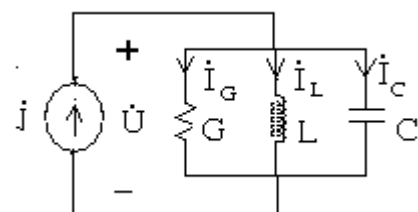
– Mạch cộng hưởng nối tiếp đặc trưng bởi mô đun dẫn nạp có giá trị lớn trong giải tần số hẹp quanh tần số cộng hưởng. Trong nhiều ứng dụng thực tế thường cần những mạch có tính chất ngược lại. Mạch cộng hưởng song song cho phép thỏa mãn các điều đó

$$\dot{J} = J_m \angle \varphi_j$$

– Dẫn nạp của mạch

$$Y = G + \frac{1}{j\omega L} + \frac{1}{j\omega C} = G + j\left(\omega C - \frac{1}{\omega L}\right)$$

$$Z = \frac{1}{Y} = \frac{1}{G + j\left(\omega C - \frac{1}{\omega L}\right)}$$



- ❖ Ở tần số cộng hưởng áp $u(t)$ cùng pha với $j(t)$

$$Z_{\max} = \frac{1}{G}$$

- ❖ Nếu G càng nhỏ thì điện trở càng lớn thì mạch có tính chọn lọc tần số tốt hơn

$$\begin{aligned} \dot{I}_L + \dot{I}_C &= \frac{\dot{U}}{j\omega_0 L} + \frac{\dot{U}}{\frac{-j}{\omega_0 C}} = j\left(\omega C - \frac{1}{\omega L}\right)\dot{U} = 0 \\ \Rightarrow \dot{J} &= \dot{I}_G = G\dot{U} \end{aligned}$$

- ❖ Toàn bộ nguồn dòng chảy qua điện trở $\dot{I}_L$ và $\dot{I}_C$ có cùng độ lớn nhưng ngược pha nhau

$$\frac{I_{Lm}}{J_m} = \frac{I_{Cm}}{J_m} = \frac{\omega_0 C U_m}{G U_m} = Q$$

- ❖ Nếu Q rất lớn thì ở cộng hưởng I_{Lm} và I_{Cm} rất lớn hơn so với J_m nên cộng hưởng song song được gọi là cộng hưởng dòng điện

BÀI TẬP

2.1 Dòng điện chạy qua phần tử điện trở $R = 300\Omega$ có giá trị như sau.

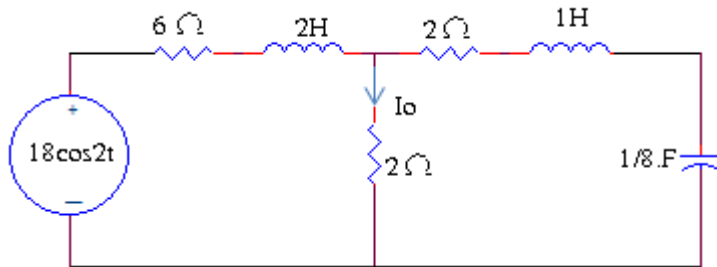
$$i(t) = 10t \text{ A} \quad 0 \leq t \leq 1\text{ms}$$

a) Tính trị trung bình của công suất tiêu hao trên điện trở

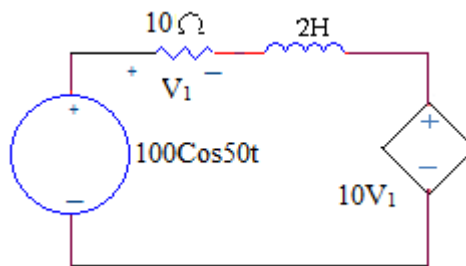
b) Vẽ giản đồ thời gian của dòng điện trên trong một chu kỳ

2.2 Xác định công suất trung bình của $p(t) = R \cdot I_m^2 (1 + \cos \omega t)^2$

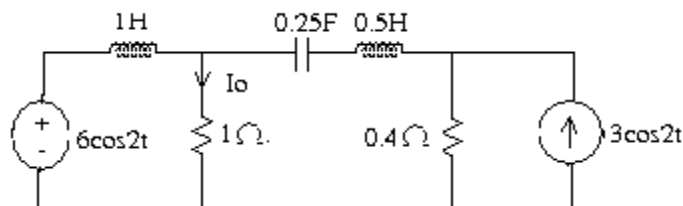
2.3 Tính công suất tiêu hao trên điện trở 6Ω



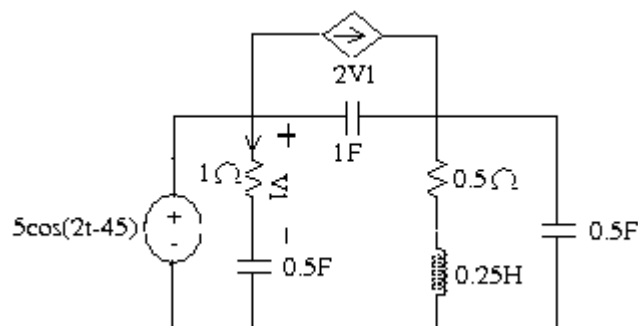
2.4 Tính công suất tiêu hao trên điện trở 10Ω



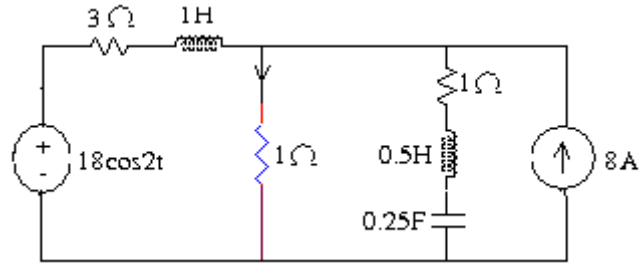
2.5 Tính công suất tiêu hao trên điện trở 0.4Ω



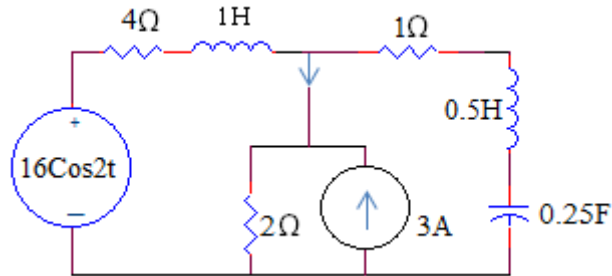
2.6 Tính công suất tiêu hao trên điện trở 0.5Ω



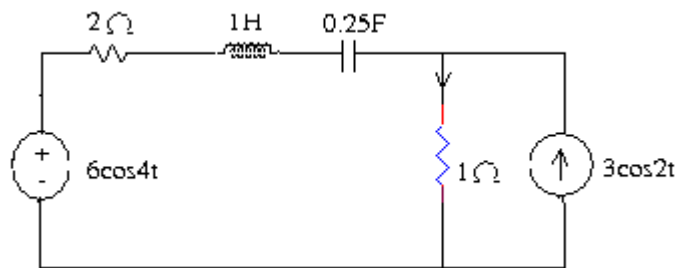
2.7 Tính công suất tiêu hao trên điện trở $1\ \Omega$



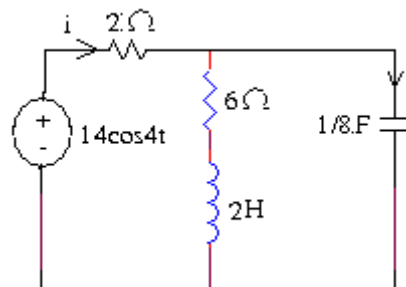
2.8 Tính công suất tiêu hao trên điện trở $2\ \Omega$



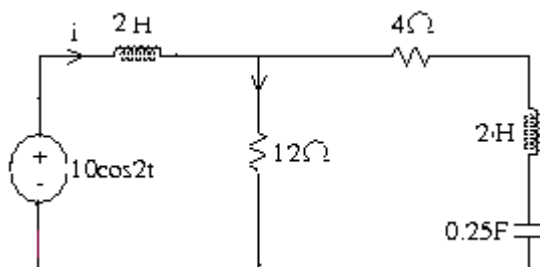
2.9 Tính công suất tiêu hao trên điện trở $2\ \Omega$



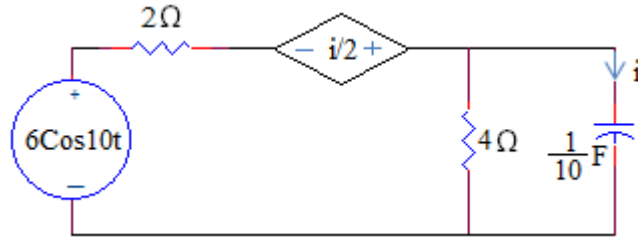
2.10 Tìm dòng điện xác lập và hệ số công suất của nguồn trong mạch.



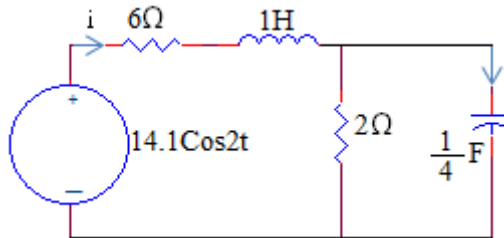
2.11 Tìm dòng điện xác lập I và hệ số công suất của nguồn trong mạch. Và xác định tổng trở nối song song với nguồn để hệ số công suất của nguồn là cực đại.



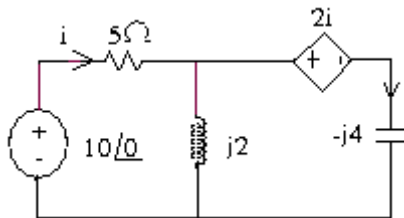
2.12 Xác định tổng trở nối song song với nguồn để hệ số công suất của nguồn đạt 0.8.



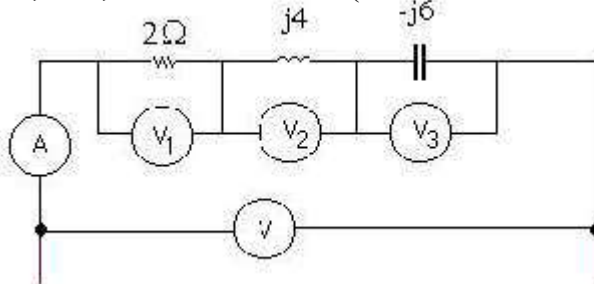
2.13 Tìm công suất tác dụng (công suất thực) , công suất phản kháng , công suất biểu kiến của nguồn trong mạch.



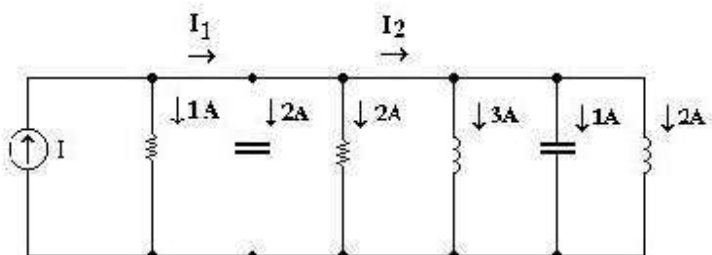
2.14 Tìm công suất tác dụng (công suất thực), công suất phản kháng, công suất biểu kiến và hệ số công suất của nguồn trong mạch.



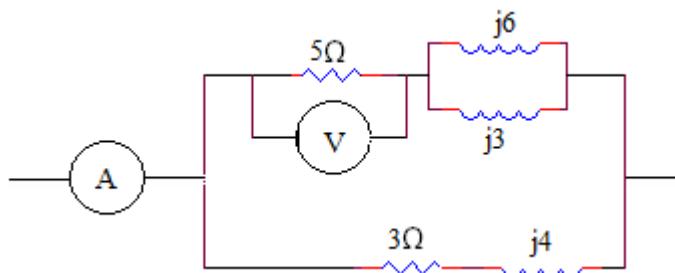
2.15 Trên mạch điện như hình vẽ biết chỉ số của Ampemét là 5A. Hãy xác định số chỉ của các Vomét V ; V1 ; V2 ; V3 là bao nhiêu (Biết chỉ số của vônmet chỉ số đo hiệu dụng).



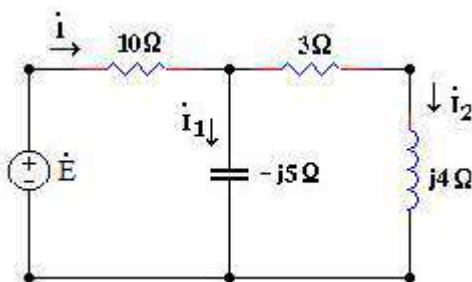
2.16 Xét mạch điện như hình vẽ . Với trị hiệu dụng cho trên hình vẽ hãy xác định trị hiệu dụng của các dòng điện I ; I₁; I₂.



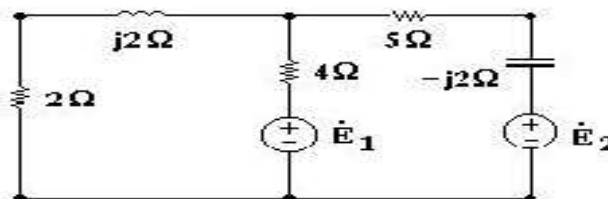
2.17 Cho mạch điện như hình vẽ. Biết điện áp giữa hai đầu điện trở là : $45\sqrt{2} \sin \omega t$. Tìm chỉ số của Ampe mét.



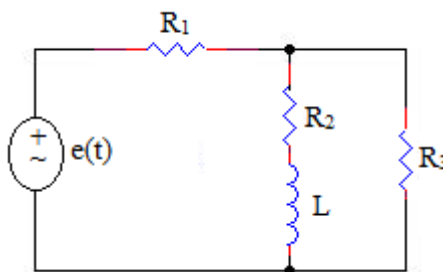
2.18 Tính dòng điện trong các nhánh. Nghiệm lại sự cân bằng công suất tác dụng, công suất phản kháng trong mạch điện như hình vẽ. Biết rằng $E = 50$ V (Hiệu dụng)



2.18 Xác định công suất cung cấp bởi từng nguồn E_1 ; E_2 trong mạch điện như hình vẽ
 $E_1 = E_2 = 10\sqrt{2} \sin(\omega t + 90^\circ)$

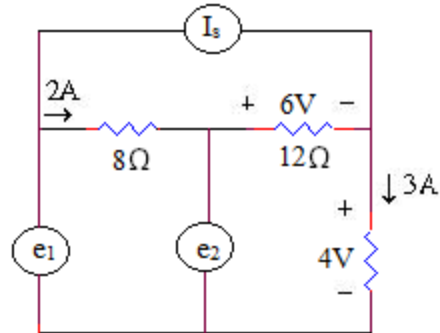


2.19 Cho mạch điện như hình vẽ. Trong đó các giá trị trong mạch như sau: $E = 110 \cos(2t)$ V, $R_1 = 3\Omega$; $R_2 = R_3 = 2\Omega$, $L = 1$ H.



- Viết các phương trình Kirchhoff ?
- Tính $i(t)$; $i_1(t)$; $i_2(t)$?

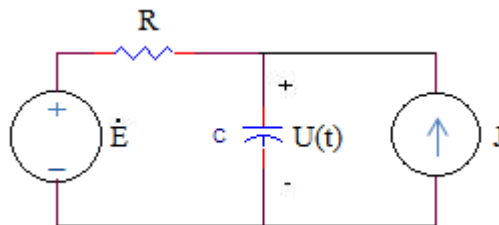
2.20 Cho mạch điện như hình vẽ. Trong đó hai nguồn áp và một nguồn dòng chưa biết giá trị và chiều.



- Tính công suất tiêu thụ trong từng điện trở ?
- Tính dòng điện trong các nhánh ?
- Tính điện áp trên hai đầu từng nhánh ?
- Xác định chiều của các nguồn và tính công suất do từng nguồn phát ra hoặc tiêu thụ.

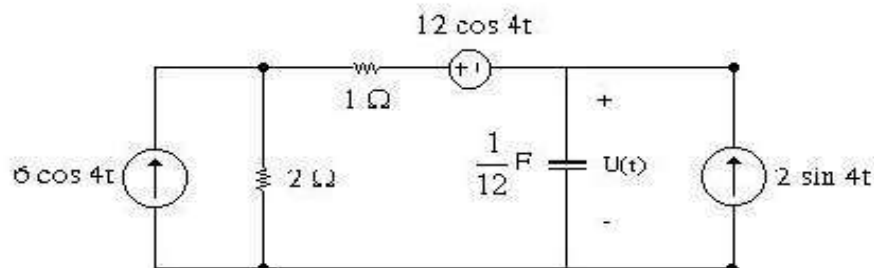
e. Kiểm tra định luật bảo toàn công suất trong mạch ?

2.21 Cho mạch điện như hình vẽ. Trong đó nguồn áp $E = 4 \cos 6t$ và một nguồn dòng $J = 2 \sin 6t$; $R = 2 \text{ ohm}$; $C = 1/12\text{F}$.

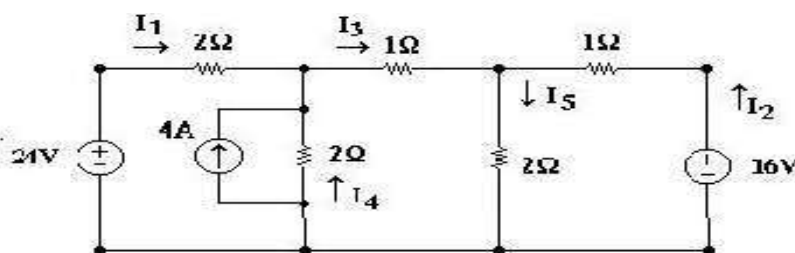


Tính điện áp trên hai đầu tụ điện ?

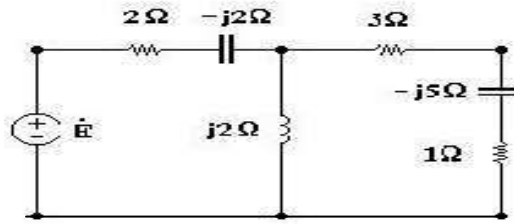
2.22 Cho mạch điện như hình vẽ. Tính điện áp trên hai đầu tụ điện ?



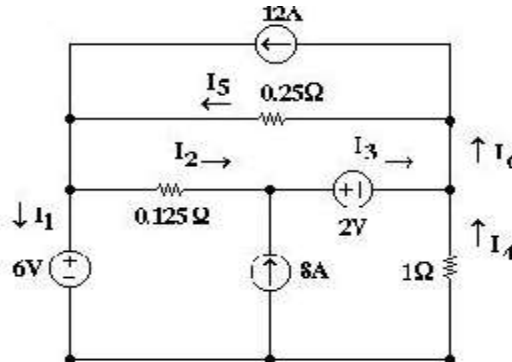
2.23 Tìm dòng điện trong các nhánh ở mạch điện như hình vẽ. Hãy dùng phương pháp thế nút .



2.24 Tìm công suất cung cấp bởi nguồn và công suất tiêu thụ trên các điện trở của mạch điện như hình vẽ. Cho biết hiệu dụng phức $E = 10\sqrt{2} \sin(\omega t + 90^\circ)$. Dùng phương pháp dòng điện mắc lưới.



2.25 Tìm dòng điện trên các nhánh của mạch điện như hình vẽ bằng phương pháp thế nút ?



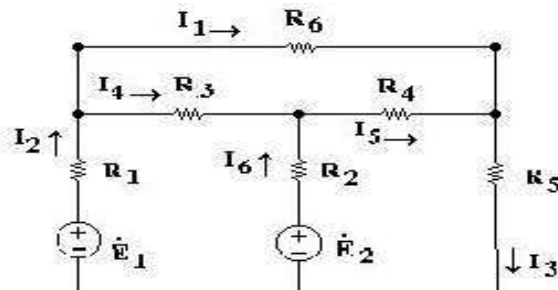
2.26 Cho mạch điện như hình. Tìm giá trị dòng điện qua các nhánh trong mạch. Trong đó các giá trị trong mạch như sau

$$E_1 = 9 \text{ V}, E_2 = 7 \text{ V}.$$

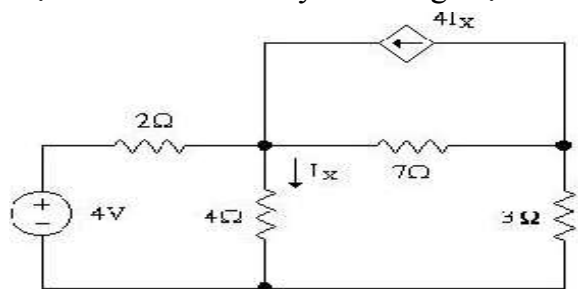
$$R_1 = R_4 = 4 \Omega.$$

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

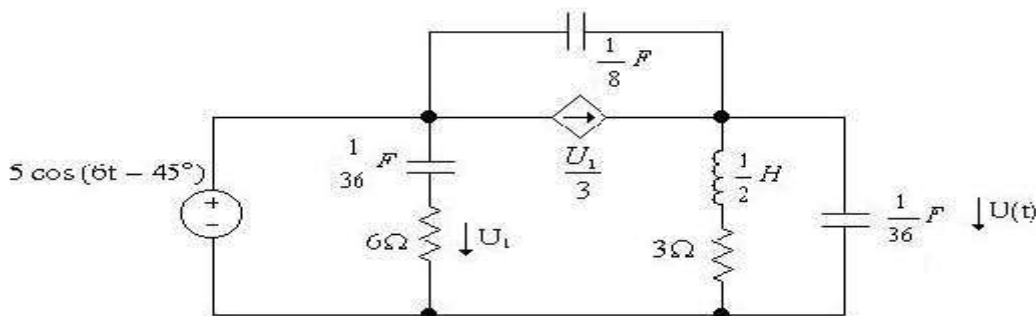
$$R_5 = 5 \Omega, R_6 = 15 \Omega.$$



2.27 Cho mạch điện như hình vẽ. Hãy tìm dòng điện I theo phương pháp thế nút.



2.28 Cho mạch điện như hình vẽ. Hãy tìm điện áp $U(t)$?



CHƯƠNG III

PHƯƠNG PHÁP PHÂN TÍCH MẠCH

– Trong các chương trước, mạch điện được xét thường thuộc loại đơn giản, để giải chúng ta áp dụng trực tiếp hai định luật kirchhoff 1,2 cũng như phép biến đổi mạch tương đương để đơn giản mạch trước khi giải. Đối với mạch phức tạp việc phân tích mạch vẫn là hai định luật kirchhoff, tuy nhiên có những phương pháp cho phép áp dụng các định luật này một cách hệ thống hơn, hiệu quả hơn, ***giải mạch nhanh hơn*** sẽ được trình bày trong chương này.

3.1. PHƯƠNG PHÁP DÒNG NHÁNH

– Giả sử chúng ta có một mạch điện trong đó có số nhánh là: n ; số nút là: d . Chúng ta viết $(d-1)$ các phương trình Kirchhoff 1 và $n-(d-1)$ các phương trình Kirchhoff 2 cho các mắt lưới trong mạch điện. Từ các phương Kirchhoff 1 và Kirchhoff 2 ta nhận được n phương trình trong đó số ẩn là n (là các dòng điện trên các nhánh) khi đó ta giải hệ phương trình n ẩn số và n phương trình. Phương pháp này người ta gọi là phương pháp dòng điện nhánh.

– Chú ý : phương pháp này chúng ta đã khảo sát trong các chương 1 và chương 2.

3.2. PHƯƠNG PHÁP THẾ NÚT

– Trong phương pháp này người ta dựa vào các phương trình Kirchhoff 1 để tính toán điện thế tại các nút nên người ta gọi nó là phương pháp điện thế nút. Trong phương pháp điện thế nút người ta viết các phương trình Kirchhoff 1 cho các nút và sau đó quy đổi các dòng điện nhánh về điện thế tại các nút. Khi đó chúng ta nhận được một hệ phương trình có chứa ẩn là các điện thế nút.

– Giải hệ phương trình điện thế nút. Tìm các điện thế tại các nút và từ đó có thể tính toán được các đại lượng khác từ các điện thế nút này.

– Trong phương pháp điện thế nút chúng ta nhận thấy phương pháp này có ưu điểm là giảm được số phương trình đáng kể so với phương pháp dòng điện nhánh. Số phương trình bằng $(d-1)$.

– Khảo sát phương pháp điện thế nút. Giả sử chúng ta có một mạch điện trong đó có số nhánh là: n và số nút là d .

Bước 1:

- Chọn một nút bất kỳ làm gốc (chúng ta có thể chọn một nút bất kỳ trong mạch điện, nhưng nên chọn nút nào có nhiều nhánh tới nó nhất, để tiện lợi về sau khi tính toán các đại lượng khác dễ dàng hơn). Nút gốc có điện thế bằng không $\varphi = 0$
- Điện áp giữa hai nút I và j: U_{ij}

Chú ý: Điện áp giữa hai nút I và j: $U_{ij} = \varphi_j - \varphi_i = -(\varphi_i - \varphi_j) = -U_{ji}$

Bước 2:

- Viết tất cả các phương trình Kirchhoff 1 tuyến tính ta có thể viết được (d-1) phương trình kirchhoff 1 tuyến tính. Chúng ta sẽ nhận được (d-1) phương trình có chứa n dòng điện nhánh. Quy đổi các dòng điện nhánh về điện thế tại các nút theo các quy tắc sau:

- Dòng điện nhánh $I = \frac{U}{R}$ hay $I = \frac{U}{Z} = \frac{(\varphi_i - \varphi_j)}{Z}$. Như vậy dòng điện nhánh sẽ được quy đổi về điện thế φ .

Bước 3 :

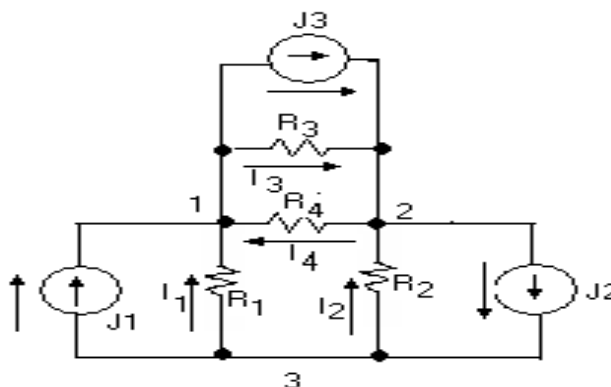
- Sau khi thực hiện Bước 2 xong chúng ta nhận được một hệ phương trình có chứa các ẩn là điện thế tại các nút. Giải hệ phương trình mà chúng ta nhận được để tìm điện thế tại các nút.

- Tìm điện thế tại các nút xong chúng ta tính các đại lượng khác như dòng điện trên các nhánh $I_{ij} = \frac{U_{ij}}{Z} = \frac{(\varphi_i - \varphi_j)}{Z}$

- Tìm điện áp trên các nhánh: $U_{ji} = \varphi_j - \varphi_i = -(\varphi_i - \varphi_j) = -U_{ij}$

- Tìm công suất và các đại lượng khác v.v...

Ví dụ 1: Cho một mạch điện như hình vẽ và có các thông số trong hình vẽ. Tìm các dòng điện trong các nhánh?



– Để giải được ví dụ này chúng ta có thể dùng hai cách:

1. Phương pháp dòng điện nhánh
2. Phương pháp thế nút.

– Nhưng trong phương pháp dòng điện nhánh số phương trình sẽ nhiều hơn trong phương pháp điện thế nút. Do mạch điện trên có số nhánh $n = 4$ và nút $d = 3$ nên chúng ta có 4 phương trình dòng điện nhánh nhưng chỉ có 2 phương trình điện thế nút. Như vậy số phương trình và số ẩn của phương pháp điện thế nút sẽ giảm đi một nửa.

Bước 1: Chọn nút số 3 làm gốc $\Rightarrow \varphi_3 = 0$ volt

– Điện áp giữa hai nút i và j : $U_{ij} = \varphi_i - \varphi_j$

$\Rightarrow$ Điện áp giữa hai nút 1 và 2 : $U_{12} = \varphi_1 - \varphi_2 = -U_{21} = -(\varphi_2 - \varphi_1)$

$\Rightarrow$ Điện áp giữa hai nút 1 và 3 : $U_{13} = \varphi_1 - \varphi_3 = \varphi_1 = -U_{31} = -(\varphi_3 - \varphi_1)$

$\Rightarrow$ Điện áp giữa hai nút 2 và 3 : $U_{23} = \varphi_2 - \varphi_3 = \varphi_2 = -U_{32} = -(\varphi_3 - \varphi_2)$

Bước 2: Viết tất cả các phương trình kirchhoff 1 tuyến tính :

– Tại nút số 1 ta có phương trình kirchhoff 1:

$$K(1) : I_1 - I_3 + I_4 - J_3 + J_1 = 0 \quad (1)$$

Tại nút số 2 ta có phương trình kirchhoff 1:

$$K(2) : I_2 + I_3 - I_4 - J_2 + J_3 = 0 \quad (2)$$

Quy đổi các dòng điện nhánh về điện thế tại các nút .

$$I_1 = \frac{U_{31}}{R_1} = Y_1(\varphi_3 - \varphi_1) = Y_1(-\varphi_1)$$

$$I_2 = \frac{U_{32}}{R_2} = Y_2(\varphi_3 - \varphi_2) = Y_2(-\varphi_2)$$

$$I_3 = \frac{U_{12}}{R_3} = \frac{(\varphi_1 - \varphi_2)}{R_3} = Y_3(\varphi_1 - \varphi_2)$$

$$I_4 = \frac{U_{21}}{R_4} = \frac{(\varphi_2 - \varphi_1)}{R_4} = Y_4(\varphi_2 - \varphi_1)$$

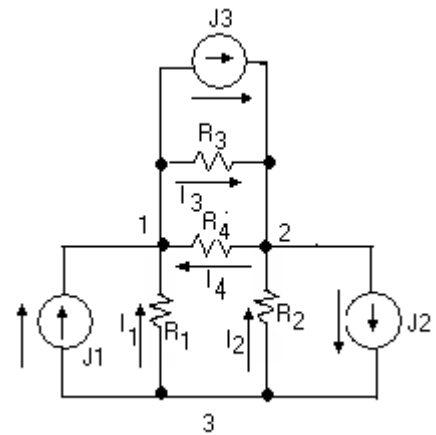
$$(1) \Rightarrow Y_1(-\varphi_1) - Y_3(\varphi_1 - \varphi_2) + Y_4(\varphi_2 - \varphi_1) - J_3 + J_1 = 0$$

$$(2) \Rightarrow Y_2(-\varphi_2) + Y_3(\varphi_1 - \varphi_2) - Y_4(\varphi_2 - \varphi_1) - J_2 + J_3 = 0$$

– Như vậy dòng điện nhánh đã được quy đổi về điện thế φ

Bước 3: Sau khi thực hiện bước 2 xong chúng ta nhận được hệ phương trình sau:

$$(1) \Rightarrow Y_1(-\varphi_1) - Y_3(\varphi_1 - \varphi_2) + Y_4(\varphi_2 - \varphi_1) - J_3 + J_1 = 0$$



$$(2) \Rightarrow Y_2(-\varphi_2) + Y_3(\varphi_1 - \varphi_2) - Y_4(\varphi_2 - \varphi_1) - J_2 + J_3 = 0$$

$$\Rightarrow \begin{cases} (Y_1 + Y_3 + Y_4)\varphi_1 - (Y_3 + Y_4)\varphi_2 = -J_3 + J_1 \\ -(Y_3 + Y_4)\varphi_1 + (Y_2 + Y_3 + Y_4)\varphi_2 = -J_2 + J_3 \end{cases}$$

– Hệ hai phương trình trên có thể viết dưới dạng ma trận như sau

$$\begin{vmatrix} (Y_1 + Y_3 + Y_4) & -(Y_3 + Y_4) \\ -(Y_3 + Y_4) & (Y_2 + Y_3 + Y_4) \end{vmatrix} \begin{vmatrix} \varphi_1 \\ \varphi_2 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} J_1 - J_3 \\ J_3 - J_2 \end{vmatrix}$$

– Đây là hệ phương trình có chứa các ẩn số là điện thế của các nút. Giải hệ phương trình này chúng ta có được điện thế tại các nút và từ đó tính toán được các dòng điện chạy trong các nhánh.

$$I_1 = \frac{U_{31}}{R_1} = Y_1(\varphi_3 - \varphi_1) = Y_1(\varphi_1)$$

$$I_2 = \frac{U_{32}}{R_1} = Y_2(\varphi_3 - \varphi_1) = Y_2(\varphi_1)$$

$$I_3 = \frac{U_{12}}{R_3} = \frac{(\varphi_1 - \varphi_2)}{R_4} = Y_3(\varphi_1 - \varphi_2)$$

$$I_4 = \frac{U_{12}}{R_4} = \frac{(\varphi_1 - \varphi_2)}{R_4} = Y_4(\varphi_1 - \varphi_2)$$

Ta rút ra nhận xét sau:

- ❖ Hệ phương trình trên không phụ thuộc vào chiều dương của dòng điện chạy trong nhánh
- ❖ Phương trình viết cho nút 1: hệ số của φ_1 là $(Y_1 + Y_2 + Y_3)$ bằng tổng các dẫn nạp của các nhánh nối vào nút 1. Hệ số của φ_2 là $-(Y_3 + Y_4)$ bằng trừ tổng các dẫn nạp của các nhánh nối từ nút 1 đến nút 2
- ❖ Số hạng phía bên phải trong phương trình viết cho nút 1 là $J_1 - J_3$ bằng tổng đại số các nguồn dòng đổ vào nút 1 (đi vào mang dấu dương, đi ra mang dấu âm)
- ❖ Phương trình viết cho nút 2: hệ số của φ_2 là $(Y_4 + Y_2 + Y_3)$ bằng tổng các dẫn nạp của các nhánh nối vào nút 2. Hệ số của φ_1 là $-(Y_3 + Y_4)$ bằng trừ tổng các dẫn nạp của các nhánh nối từ nút 2 đến nút 1 (bằng trừ tổng các dẫn nạp của các nhánh nối từ nút 1 đến nút 2)
- ❖ Số hạng phía bên phải trong phương trình viết cho nút 2 là $J_1 - J_3$ bằng tổng đại số các nguồn dòng đổ vào nút 1 (đi vào mang dấu dương, đi ra mang dấu âm)

– Trong trường hợp tổng quát đối với mạch có d nút, ta có thể chứng minh rằng mạch có $d-1$ phương trình thế nút

$$\begin{bmatrix} Y_{11} & Y_{12} & \dots & Y_{1,d-1} \\ Y_{21} & Y_{22} & \dots & Y_{2,d-1} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ Y_{d-1,1} & Y_{d-1,2} & \dots & Y_{d-1,d-1} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \varphi_1 \\ \varphi_2 \\ \dots \\ \varphi_{d-1} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} J_{d1} \\ J_{d2} \\ \dots \\ J_{d,d-1} \end{bmatrix}$$

Trong đó:

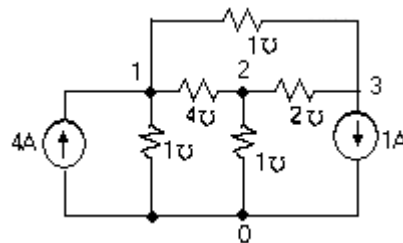
- ✓ Y_{ii} = tổng các dẫn nạp nối tới nút i
- ✓ $Y_{ij} = Y_{ji} = -($ tổng các dẫn nạp của các nhánh nối giữa 2 nút i và j
- ✓ $J_{d,i}$ = tổng đại số các nguồn dòng đổ vào nút i (đi vào mang dấu dương, đi ra mang dấu âm)

Chú ý :

- ❖ Tổng trở của nguồn áp (lý tưởng) bằng không
- ❖ Tổng trở của nguồn dòng (lý tưởng) bằng vô cùng

Vd1: Cho mạch điện như hình vẽ. Tính điện áp trên nguồn dòng chọn $\varphi_0 = 0$ (v)

$$\begin{cases} (4+2+1) \varphi_1 - 4 \varphi_2 - \varphi_3 = 4 \\ -4 \varphi_1 + (1+2+4) \varphi_2 - 2 \varphi_3 = 0 \\ -\varphi_1 - 2 \varphi_2 + (2+1) \varphi_3 = -1 \end{cases}$$

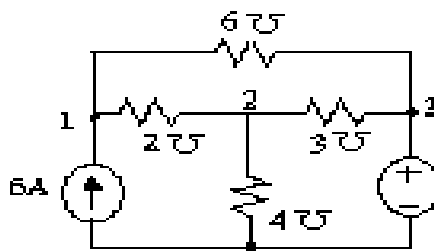


⇒ Giải hệ phương trình trên ta suy ra:

$$\begin{cases} \varphi_1 = 1.104 \text{ V} \\ \varphi_2 = 0.792 \text{ V} \\ \varphi_3 = 0.563 \text{ V} \end{cases}$$

- Điện áp trên nguồn dòng 4 A = $\varphi_1 - \varphi_0 = 1.104 \text{ V}$
- Điện áp trên nguồn dòng 1A = $\varphi_3 - \varphi_0 = 0.563 \text{ V}$

Ví dụ 2: Cho mạch như hình vẽ. Tính công suất phát trên nguồn dòng.



- Chọn nút số 4 là nút gốc $\Rightarrow \varphi_4 = 0$. Như vậy nút số 3 có điện thế $\varphi_3 = 2 \text{ V}$

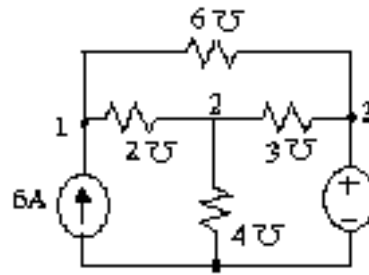
$$\begin{cases} 8\varphi_1 - 2\varphi_2 - 6\varphi_3 = 6 & (1) \\ -2\varphi_1 + 9\varphi_2 - 3\varphi_3 = 6 & (2) \\ \varphi_3 = 2 & (3) \end{cases}$$

- Giải hệ phương trình trên ta có :

$$\begin{cases} \varphi_1 = 2.56 \text{ V} \\ \varphi_2 = 1.24 \text{ V} \\ \varphi_3 = 2 \text{ V} \end{cases}$$

- Điện áp trên nguồn dòng $U = \varphi_1 - \varphi_4 = 2.56 \text{ V}$

$$\Rightarrow \text{Công suất phát trên nguồn dòng } P = 2.56 \times 6 = 15.36 \text{ W}$$



3.3. PHƯƠNG PHÁP DÒNG MẮC LƯỚI

– Trong phương pháp này người ta dựa vào các phương trình kirchhoff 2 để tính toán dòng điện trong các mắc lưới nên người ta gọi nó là phương pháp mắc lưới. Trong phương pháp dòng điện mắc lưới người ta viết các phương trình kirchhoff 2 cho các mắc lưới và sau đó quy đổi các điện áp trên các nhánh về dòng điện trong mắc lưới. Khi đó chúng ta nhận được một hệ phương trình có chứa ẩn là các dòng điện mắc lưới.

– Giải hệ phương trình mắc lưới. Tìm các dòng điện trong mắc lưới và từ đó có thể tính toán các đại lượng khác từ các dòng điện mắc lưới này.

– Trong phương pháp dòng điện mắc lưới chúng ta nhận thấy phương pháp này có ưu điểm là giảm được số phương trình đáng kể so với phương trình dòng điện nhánh. Số phương trình bằng số mắc lưới trong mạch.

❖ Định nghĩa dòng điện trong mắc lưới:

– ***Dòng điện mắc lưới là dòng điện được định nghĩa để dùng trong tính toán. “Dòng điện nhánh bằng tổng đại số tất cả các dòng điện mắc lưới chạy qua nhánh đó”.***

Quy ước: Chiều của dòng điện mắc lưới và chiều của dòng điện nhánh.

- ✓ Nếu như chiều của dòng điện trong mắc lưới cùng chiều với dòng điện nhánh thì dấu của dòng điện mắc lưới là dấu (+)
- ✓ Nếu như chiều của dòng điện trong mắc lưới ngược chiều với dòng điện nhánh thì dấu của dòng điện mắc lưới là dấu (-)

- Khảo sát phương trình dòng điện mắc lưới:
- Giả sử chúng ta có một dòng điện trong đó có số nhánh là: n và số nút là: d

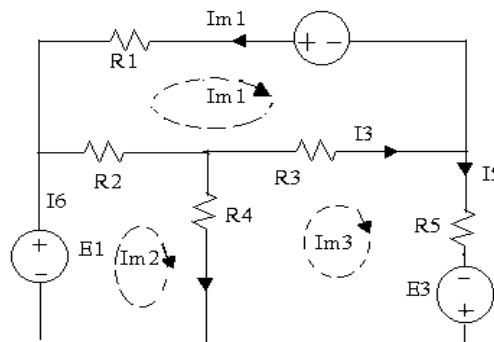
Bước 1: Viết $(n-d+1)$ phương trình K2. Trong đó các ẩn số là điện áp trên các nhánh

Bước 2: Quy đổi tất cả các điện áp và dòng điện trên các nhánh về dòng điện trong các mắc lưới.

Bước 3: Sau khi thực hiện bước 2 xong chúng ta nhận được một hệ phương trình có chứa các ẩn là dòng điện mắc lưới. Giải phương trình mà chúng ta nhận được để tìm dòng điện mắc lưới tìm dòng điện mắc lưới xong chúng ta tính các đại lượng khác như dòng điện trên các nhánh

- ✓ Tìm điện áp trên các nhánh
- ✓ Tìm công suất và đại lượng khác v.v...

Cho ví dụ như hình vẽ:



Bước 1: Viết $(n-d+1)$ phương trình K2. Trong đó các ẩn số là điện áp trên các nhánh:

- ✓ Viết định luật Kirchhoff 2 cho mắc lưới số 1

$$-E_2 - U_2 - U_3 - U_1 = 0$$

$$\Rightarrow R_1 I_1 + R_2 I_2 + R_3 I_3 = -E_2 \quad (1)$$

- ✓ Viết định luật Kirchhoff 2 cho mắc lưới số 2

$$-E_1 - U_2 - U_4 = 0$$

$$\Rightarrow R_2 I_2 + R_4 I_4 = -E_1 \quad (2)$$

- ✓ Viết định luật Kirchhoff 2 cho mắc lưới số 3

$$R_3 I_3 + R_5 I_5 - R_4 I_4 = E_3 \quad (3)$$

Ta có hệ phương trình sau :

$$\begin{cases} R_1 I_1 + R_2 I_2 + R_3 I_3 = -E_2 & (1) \\ R_2 I_2 + R_4 I_4 = -E_1 & (2) \\ R_3 I_3 + R_5 I_5 - R_4 I_4 = E_3 & (3) \end{cases}$$

Bước 2: Quy đổi tất cả các điện áp và dòng điện trên các nhánh về dòng điện trong các mắc lưới.

$$I_1 = -I_{m1} (\text{dòng điện trên nhánh ngược chiều với mắc lưới})$$

$$I_2 = I_{m2} - I_{m1}$$

$$I_3 = I_{m3} - I_{m1}$$

$$I_4 = I_{m2} - I_{m3}$$

$$I_5 = I_{m3}$$

$$\Rightarrow R_1(-I_{m1}) + R_2(I_{m2} - I_{m1}) + R_3(I_{m3} - I_{m1}) = -E_2 \quad (1)$$

$$\Rightarrow R_2(I_{m2} - I_{m1}) + R_4(I_{m2} - I_{m3}) = E_1 \quad (2)$$

$$\Rightarrow R_3(I_{m3} - I_{m1}) + R_5(I_{m3}) - R_4(I_{m2} - I_{m3}) = E_3 \quad (3)$$

– Như vậy ta có được hệ phương trình dòng điện mắc lưới sau:

$$\begin{cases} (R_1 + R_2 + R_3) I_{m1} - R_2 I_{m2} - R_3 I_{m3} = E_2 \\ -R_2 I_{m1} + (R_2 + R_4) I_{m2} - R_4 I_{m3} = E_1 \\ -R_3 I_{m1} - R_4 I_{m2} + (R_3 + R_4 + R_5) I_{m3} = E_3 \end{cases}$$

Bước 3 : Sau khi thực hiện bước 2 xong chúng ta nhận được một hệ phương trình có chứa các ẩn là dòng điện mắc lưới. Giải phương trình mà chúng ta nhận được để tìm dòng điện mắc lưới tìm dòng điện mắc lưới xong chúng ta tính các đại lượng khác như dòng điện trên các nhánh $I_1 = -I_{m1}$

$$I_2 = I_{m2} - I_{m1}$$

$$I_3 = I_{m3} - I_{m1}$$

$$I_4 = I_{m2} - I_{m3}$$

$$I_5 = I_{m3}$$

✓ Tìm điện áp trên các nhánh.

✓ Tìm công suất và các đại lượng khác v. v...



Ta rút ra nhận xét sau:

$$\begin{cases} (R_1 + R_2 + R_3) I_{m1} - R_2 I_{m2} - R_3 I_{m3} = E_2 \\ -R_2 I_{m1} + (R_2 + R_4) I_{m2} - R_4 I_{m3} = E_1 \\ -R_3 I_{m1} - R_4 I_{m2} + (R_3 + R_4 + R_5) I_{m3} = E_3 \end{cases}$$

❖ Hệ phương trình trên không phụ thuộc vào chiều dương của dòng điện chạy trong nhánh.

❖ Phương trình viết cho mạch vòng 1: Hệ số của I_{m1} là $(R_1+R_2+R_3)$ bằng tổng các tổng dẫn của các nhánh trong mạch vòng 1. Hệ số của I_{m2} là $-(R_2)$ bằng trừ tổng các tổng trở của các nhánh nằm giữa hai mạch vòng 1 và 2 (nếu ta chọn các vòng cùng chiều). Hệ số của I_{m3} là $-(R_3)$ bằng trừ tổng các tổng trở của các nhánh nằm giữa hai mạch vòng 1 và 3 (nếu ta chọn các vòng cùng chiều). Số hạng phía bên phải trong phương trình viết cho mạch vòng 1 là E_2 bằng tổng đại số các nguồn áp chạy trong mạch vòng 1 (đi cùng chiều mang dấu dương, đi ngược chiều mang dấu âm)

❖ Phương trình viết cho mạch vòng 2: Hệ số của I_{m2} là (R_2+R_4) bằng tổng các tổng dẫn của các nhánh trong mạch vòng 2. Hệ số của I_{m1} là $-(R_2)$ bằng trừ tổng các tổng trở của các nhánh nằm giữa hai mạch vòng 1 và 2 (nếu ta chọn các vòng cùng chiều). Hệ số của I_{m3} là $-(R_4)$ bằng trừ tổng các tổng trở của các nhánh nằm giữa hai mạch vòng 2 và 3 (nếu ta chọn các vòng cùng chiều). Số hạng phía bên phải trong phương trình viết cho mạch vòng 2 là E_1 bằng tổng đại số các nguồn áp chạy trong mạch vòng 1 (đi cùng chiều mang dấu dương, đi ngược chiều mang dấu âm).

❖ Phương trình viết cho mạch vòng 3: Hệ số của I_{m3} là $(R_3+R_4+R_5)$ bằng tổng các tổng dẫn của các nhánh trong mạch vòng 3. Hệ số của I_{m2} là $-(R_4)$ bằng trừ tổng các tổng trở của các nhánh nằm giữa hai mạch vòng 3 và 2 (nếu ta chọn các vòng cùng chiều). Hệ số của I_{m1} là $-(R_3)$ bằng trừ tổng các tổng trở của các nhánh nằm giữa hai mạch vòng 1 và 3 (nếu ta chọn các vòng cùng chiều). Số hạng phía bên phải trong phương trình viết cho mạch vòng 3 là E_3 bằng tổng đại số các nguồn áp chạy trong mạch vòng 1 (đi cùng chiều mang dấu dương, đi ngược chiều mang dấu âm).

– Trong trường hợp tổng quát đối với mạch có $L=n- d+1$ mắt lưới, ta có thể chứng minh rằng mạch có L phương trình vòng mắt lưới

$$\begin{bmatrix} Z_{11} & Z_{12} & \dots & Z_{1,L} \\ Z_{21} & Z_{22} & \dots & Z_{2,L} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ Z_{L,1} & Z_{L,2} & \dots & Z_{L,L} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_{m1} \\ I_{m2} \\ \dots \\ I_{m,L} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} E_{V1} \\ E_{V2} \\ \dots \\ E_{V,L} \end{bmatrix}$$

Trong đó:

Z_{ii} = tổng các tổng dẫn trong mạch vòng i

$Z_{ij} = Z_{ji} = -$ (tổng các tổng dẫn của các nhánh nối giữa hai mạch vòng i và j)

$E_{V,i}$ = tổng đại số các nguồn áp trong mạch vòng i (đi cùng chiều với mạch vòng i mang dấu dương, đi ngược chiều với mạch vòng i mang dấu âm)

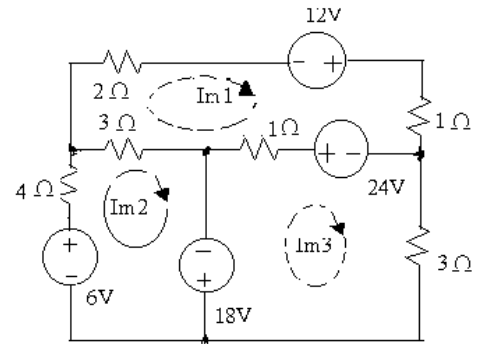
Ví dụ 1: Cho mạch điện như hình vẽ. Tính các đại lượng mắc lưới.

- Ta thiết lập hệ phương trình mắc lưới

$$\begin{cases} (2+1+1+3)I_{m1} - 3I_{m2} - 1I_{m3} = 36 \\ -3I_{m1} + (3+4)I_{m2} - 0I_{m3} = 24 \\ -1I_{m1} - 0I_{m2} + (1+3)I_{m3} = -42 \end{cases}$$

- Từ hệ phương trình trên ta giải được kết quả:

$$\begin{cases} I_{m1} = 6.55(A) \\ I_{m2} = 6.24(A) \\ I_{m3} = -8.86(A) \end{cases}$$



Ví dụ 2: Cho một mạch điện như hình vẽ. Tính các đại lượng mắc lưới

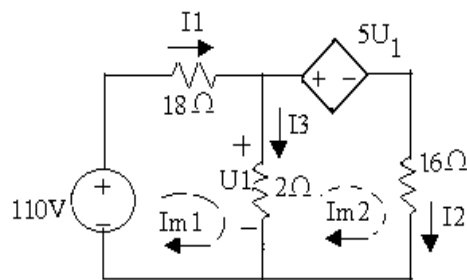
$$(18+2)I_{m1} - 2I_{m2} = 110 \quad (1)$$

$$-2I_{m1} + (2+16)I_{m2} = -5U_1 \quad (2)$$

$$U_1 = 2I_3 = 2(I_{m1} - I_{m2}) \quad (3)$$

$$\Rightarrow I_{m1} = 5A$$

$$\Rightarrow I_{m2} = -5A$$

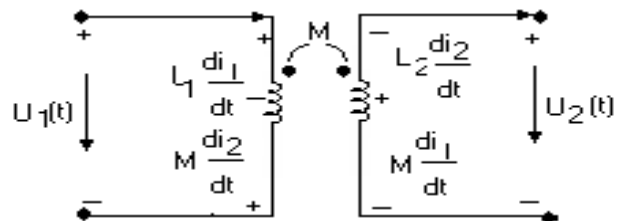


3.4. MẠCH GHÉP HỖ CẢM

Nếu bỏ qua điện trở, điện dung ký sinh của hai cuộn dây ghép hồ cảm, thì phương trình liên hệ giữa áp và dòng cho bởi phương trình:

$$U_1(t) = \frac{d\psi_1}{dt} = L_1 \frac{di_1}{dt} \pm M \frac{di_2}{dt}$$

$$U_2(t) = \frac{d\psi_2}{dt} = L_2 \frac{di_2}{dt} \pm M \frac{di_1}{dt}$$



✓ Dấu (+) khi i_1 và i_2 cùng chiều (cùng đi vào hoặc cùng đi ra dấu chấm).

✓ Dấu (-) khi i_1 và i_2 ngược chiều.

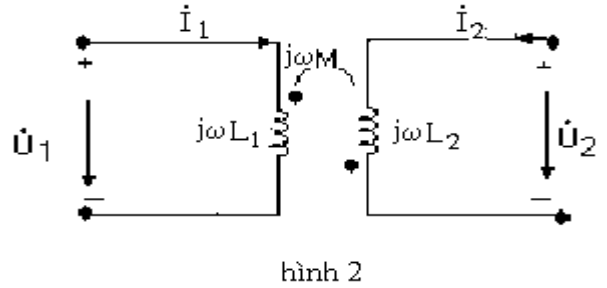
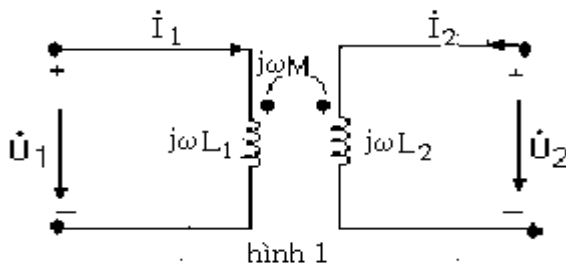
Trường hợp mạch ở chế độ xác lập điều hoà ta có:

$$\dot{U}_1 = j\omega L_1 \dot{I}_1 \pm j\omega M \dot{I}_2$$

$$\dot{U}_2 = j\omega L_2 \dot{I}_2 \pm j\omega M \dot{I}_1$$

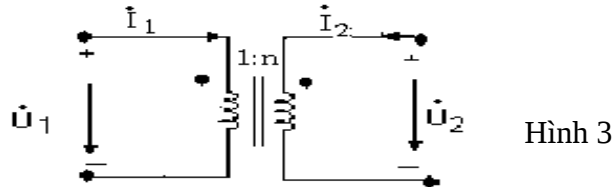
✓ Dấu cộng ứng với sơ đồ phức hình 1

✓ Dấu trừ ứng với sơ đồ phức hình 2



Cách phân tích mạch chứa phần tử biến áp lý tưởng

- Biến áp lý tưởng được ký hiệu như hình bên với n gọi là tỷ số biến áp hoặc tỷ số vòng

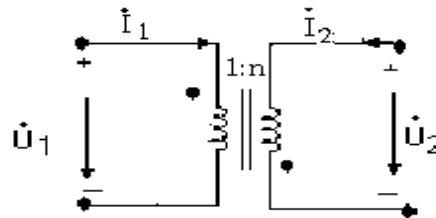


- Trường hợp mạch ở chế độ xác lập điều hoà thì ta có phương trình sau.

$$\begin{aligned}\dot{U}_2 &= n\dot{U}_1 \\ \dot{I}_2 &= -\frac{1}{n}\dot{I}_1\end{aligned}\quad (1)$$

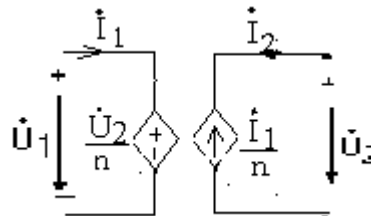
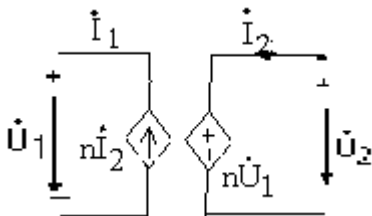
- Trong đó chiều dương của áp và vị trí các cực cùng tên như hình 3
- Nếu vị trí các cực cùng tên ngược lại như hình 4 thì:

$$\begin{aligned}\dot{U}_2 &= -n\dot{U}_1 \\ \dot{I}_2 &= \frac{1}{n}\dot{I}_1\end{aligned}\quad (2)$$



Hình 4

- Từ biểu thức (1) cho thấy có thể thay thế biến áp lý tưởng như hình 3 bởi một trong hai mạch tương đương sau:



Ví dụ: Tìm áp $u_2(t)$ của mạch sau:

Giải :

Chọn $\phi_4 = 0$; Suy ra $\phi_3 = 16V$ (1)

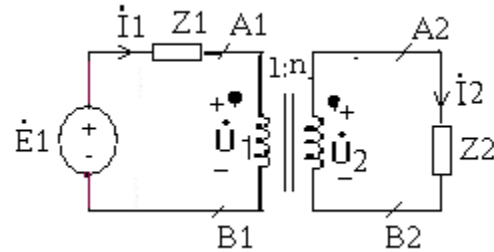
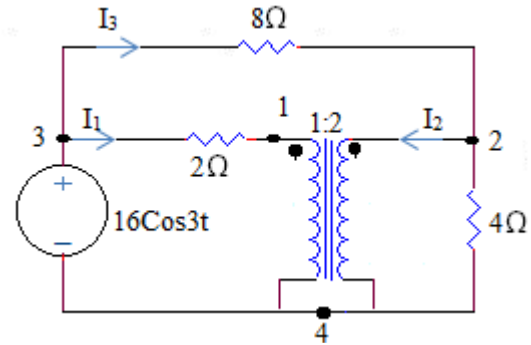
Theo phương trình của biến áp lý tưởng

$$\dot{U}_2 = n\dot{U}_1$$

$$\dot{I}_2 = -\frac{1}{n}\dot{I}_1$$

ta có: $\dot{\phi}_2 = 2\dot{\phi}_1$

$$\dot{I}_2 = -\frac{1}{2}\dot{I}_1 \quad (2)$$



Viết K 1 cho nút 2 ta được: $\dot{I}_3 - \dot{I}_4 - \dot{I}_2 = 0$

Thay $\dot{I}_2 = -\frac{1}{2}\dot{I}_1$ vào ta suy ra:

$$\dot{I}_3 - \dot{I}_4 + \frac{\dot{I}_1}{2} = 0$$

$$\Rightarrow \frac{\phi_3 - \phi_2}{8} - \frac{\phi_2}{4} + \frac{\phi_3 - \phi_1}{4} = 0 \quad (3)$$

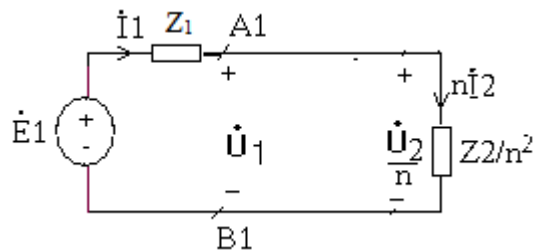
Từ (1),(2),(3) suy ra: $\dot{\phi}_2 = \dot{U}_2 = 12\angle 0^\circ$; $u_2(t) = 12\cos(3t)$

Quy đổi mạch thứ cấp ra sơ cấp

$$\dot{U}_2 = n\dot{U}_1$$

$$\dot{I}_2 = \frac{1}{n}\dot{I}_1$$

$$Z_v = \frac{\dot{U}_1}{\dot{I}_1} = \frac{\frac{\dot{U}_2}{n}}{n\dot{I}_2} = \frac{1}{n^2} \cdot \frac{\dot{U}_2}{\dot{I}_2} = \frac{Z_2}{n^2}$$



Nhận xét

– Có thể thay thế biến áp lý tưởng và mạch thứ cấp bởi một mạch tương đương bằng cách

- ✓ Chia mỗi điện áp ở thứ cấp cho n
- ✓ Nhân mỗi dòng điện ở thứ cấp cho n
- ✓ Chia mỗi trở kháng ở thứ cấp cho n^2

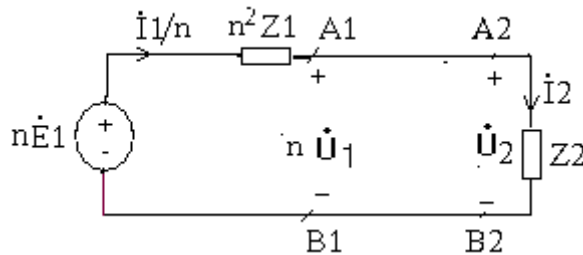
– Quy đổi mạch sơ cấp về thứ cấp ra

$$\dot{U}_2 = n\dot{U}_1$$

$$\dot{I}_2 = \frac{1}{n}\dot{I}_1$$

$$\dot{U}_2 = n\dot{U}_1 = n(-Z_1\dot{I}_1 + \dot{E}_1) = -nZ_1(n\dot{I}_2) + n\dot{E}_1$$

Từ phương trình trên ta có thể suy ra sơ đồ mạch tương đương sau:



Nhận xét:

– Có thể thay thế biến áp lý tưởng và mạch sơ cấp bởi một mạch tương đương bằng cách

- ✓ Nhân mỗi điện áp, mỗi nguồn sức điện động ở sơ cấp cho n
- ✓ Nhân mỗi dòng điện, mỗi nguồn dòng ở sơ cấp cho n
- ✓ Nhân mỗi trở kháng ở sơ cấp cho n^2

3.5. CÁC ĐỊNH LÝ MẠCH CƠ BẢN

3.5.1. Định lý tỉ lệ

– “Nếu tất cả các nguồn kích thích trong cùng một mạch tuyến tính được nhân lên k lần thì tất cả các đáp ứng cũng nhân lên k lần. Đặc biệt nếu như mạch tuyến tính chỉ có một nguồn kích thích duy nhất thì mỗi kích thích sẽ tỉ lệ với đáp ứng đó”.

- ✓ Kích thích : các nguồn độc lập
- ✓ Đáp ứng : dòng, áp trên một phần tử hay một nhánh
- ✓ k : là hằng số thực hoặc phức

Chú ý:

– Định lý này dùng để tính toán các bài toán đã có cấu trúc không đổi so với một số bài toán đã giải sẵn có cùng một cấu trúc. Chỉ thay đổi trị số nguồn kích thích, khi đó ta chỉ cần nhân với các đáp ứng một hằng số K (hằng số này là một tỉ lệ giữa nguồn hay kích thích đã có sẵn và nguồn có trị số mới). Ngoài ra để đơn giản trong việc tính toán, ta cho các đáp ứng một trị số nào đó và tính ngược lại các giá trị kích thích của bài toán đã cho $\Rightarrow$ hằng số $K \Rightarrow$ nghiệm lại các giá trị đáp ứng bằng cách nhân các đáp ứng với hằng số K vừa tìm được.

Ví dụ: Áp dụng tính chất tỉ lệ xác định điện áp U_0 ở mạch điện sau:

– Ta xác định sức điện động E tác động lên mạch để cho điện áp U_0 có một giá trị cho trước: chẳng hạn $\dot{U}_o = j1 \text{ V}$

Tương tự tính như sau:

$$\Rightarrow \dot{I}_5 = \frac{j1}{j1} = 1 \angle 0^\circ \text{ A}$$

$$\Rightarrow \dot{I}_4 = \frac{j1}{1} = 1 \angle 90^\circ \text{ A}$$

– Ta cho $\dot{U}_o = j1 \text{ V}$ và sau đó tính toán các đáp ứng và kích thích ứng với các giá trị: $U_0 = j1 \text{ V}$ đã cho ích:

$$\dot{I}_3 = \dot{I}_4 + \dot{I} = 1 + j1 \text{ A}$$

$$\dot{U}_{ab} = -j1 \cdot \dot{I}_3 = -j1(1 + j) = 1 - j = \sqrt{2} \angle -45^\circ \text{ V}$$

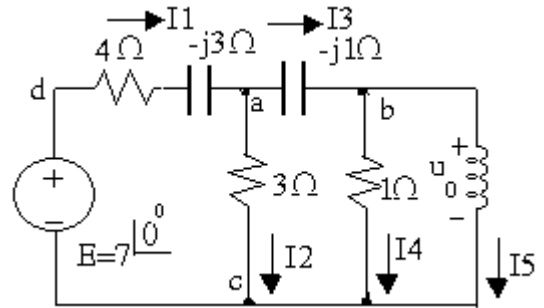
$$\dot{U}_{ac} = \dot{U}_{ab} + \dot{U}_o = 1 - j + j = 1 \angle 0^\circ \text{ V}$$

$$\Rightarrow \dot{I}_2 = \frac{\dot{U}_{ac}}{3} = \frac{1}{3} \text{ A}$$

$$\dot{I}_1 = \dot{I}_3 + \dot{I}_2 = (1 + j1) + \frac{1}{3} = \left(\frac{4}{3} + j1\right) \text{ A}$$

$$\dot{U}_{da} = \left(\frac{4}{3} - j1\right) \cdot \dot{I}_1 = \left(\frac{4}{3} - j1\right) \left(\frac{4}{3} + j1\right) = \frac{25}{3}$$

$$\Rightarrow \dot{E} = \dot{U}_{dc} = \dot{U}_{da} + \dot{U}_{ac} = \frac{25}{3} + 1 = \frac{28}{3} \text{ V}$$



– Nhưng điều kiện cho ban đầu $E = 7 \text{ V}$. Do đó ta suy ra được hệ số $K = \frac{7}{\frac{28}{3}} = \frac{3}{4}$

– Do đó tất cả các đáp ứng đều nhân với một hệ số K cho phù hợp với điều kiện ban đầu: $\dot{I}'_1 = K \cdot \dot{I}_1 = \frac{3}{4} \cdot \left(\frac{4}{3} + j1\right) (\text{A})$

$$\dot{I}'_2 = K \cdot \dot{I}_2 = \frac{3}{4} \cdot \frac{1}{3} = \frac{1}{4} (\text{A})$$

$$\dot{I}'_3 = K \cdot \dot{I}_3 = \frac{3}{4} (1 + j1) (\text{A})$$

$$\dot{I}'_4 = K \cdot \dot{I}_4 = \frac{3}{4} j (\text{A})$$

$$\dot{I}'_5 = K \cdot \dot{I}_5 = \frac{3}{4} (\text{A})$$

$$\dot{U}'_0 = K \dot{U}_0 = \frac{3}{4} j (\text{V})$$

- Giá trị cần tìm của bài toán là $\dot{U}_0 = \frac{3}{4} j(V)$

3.5.2. Định lý xếp chồng

- “Đáp ứng tạo bởi nhiều kích thích tác động đồng thời thì bằng tổng các đáp ứng tạo bởi mỗi kích thích đáp ứng riêng lẻ”

Chú ý:

- Tính chất này dùng để tính toán các bài toán có nhiều nguồn kích thích khác nhau

về tần số hoặc chỉ một nguồn kích thích nhưng có nhiều tần số khác nhau.

- Để tính toán được bài toán dạng này chúng ta cần dùng phương pháp xếp chồng. Phương pháp này là một phương pháp hoá mạch điện, đưa mạch điện về một cấu trúc đơn giản hơn bằng cách tách các nguồn kích thích có tần số khác nhau ra khỏi mạch.

- *Ngắt mạch tất cả các nguồn áp và hở mạch tất cả các nguồn dòng có tần số khác chỉ để lại những nguồn kích thích có cùng tần số (hoặc một nguồn duy nhất).*

- Giải bài toán để tìm các đáp ứng ứng với những kích thích còn lại trong mạch.

Tương tự làm cho những nguồn kích thích có tần số khác nhau, cuối cùng chúng ta nhận được các giá trị của tất cả các đáp ứng ứng với những nguồn kích thích khác tần số.

⇒ Tổng các đáp ứng riêng rẽ ứng với kích thích khác tần số => kết quả của bài toán

3.5.3. Định lý thevenin và định lý norton:

❖ Định lý thevenin được phát biểu như sau:

- “Có thể thay thế tương tự một mạng một cửa tuyến tính bởi một nguồn áp bằng điện áp trên cửa khi hở mạch mắc nối tiếp với trở kháng thevenin của mạng một cửa”.

❖ Định lý norton được phát biểu như sau:

- “Có thể thay thế tương đương một mạng một cửa tuyến tính bởi một nguồn dòng điện trên cửa khi ngắt mạch mắc song song với trở kháng thevenin của mạng một cửa”.

- Từ hai phát biểu trên nếu như biết mạch tương đương thevenin có thể suy ra mạch norton từ biểu thức sau:

$$U_{hm} = Z_0 \cdot I_{nm}$$

Trong đó :

U_{hm} : Điện áp hở mạch

I_{nm} : Dòng điện ngắn mạch

Z_{th} : Trở kháng thevenin

- Để tìm các đại lượng trên ta làm các bước sau:
- ✓ Muốn tìm U hở : hở mạch giữa hai cực phân tử và tìm điện áp giữa hai cực đó
- ✓ Muốn tìm I ngắn mạch: kích thích ở cửa ab một nguồn áp có thể chọn tùy ý (vd = 1V).
Xác định i(t) chảy vào mạch A

Cách 1:



$$\dot{U}_{hm}, \dot{I}_{nm} \Rightarrow Z_{th} = \frac{\dot{U}_h}{\dot{I}_n}$$

Cách : Lần lượt hở mạch và ngắn mạch hai cửa ab để xác định

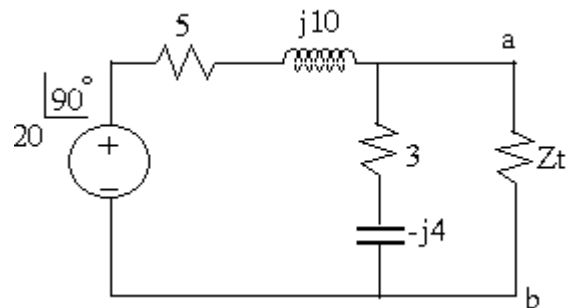
Cách 3: Trường hợp mạch A không chứa nguồn phụ thuộc. Triệt tiêu các nguồn độc lập bên trong mạch A. Tính $Z_1 = Z_0$

Ví dụ 1:

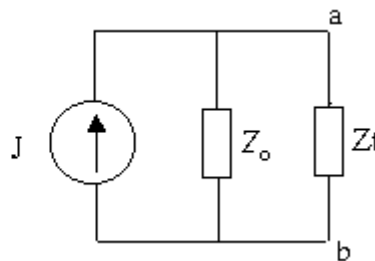
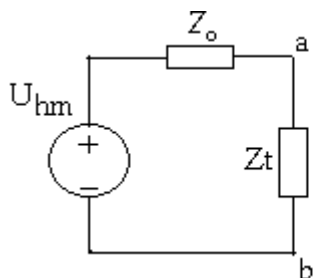
a) Tìm mạch tương đương thevenin và norton :

b) Tìm Z_t để $P_{\max}$

$$U_{hm} \frac{20 \angle 90^\circ \cdot (3 - j4)}{(5 + j10)(3 - j4)} = 10 \angle 0^\circ$$



- Hở mạch tính điện áp U_{ab} :
- Tính tổng trở thevenon bằng cách 3 $\Rightarrow Z_0 = 5 - j5$
- Từ các thông số trên ta có được mạch điện thevenin và norton

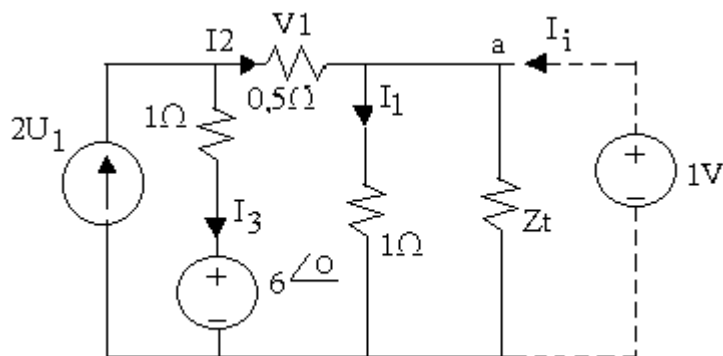


- Từ mạch điện ta có thể tính dòng điện trên tải hoà hợp tải khi $Z_t = Z_0$

$$\Rightarrow I = \frac{10}{(5 - j2,5)(5 + j2,5)} = 1A$$

$$P = \frac{1}{2} U_m I_m \cos \phi = \frac{1}{2} (5)(1)^2 = 2,5W$$

Ví dụ 1:



– Tìm R_t để $P_{\max}$ triệt tiêu tất cả các nguồn độc lập đặt vào ab một nguồn áp $U = 1V$, $I_1=1A$

Giải

$$I_2 + 2U_1 = I_3 \Rightarrow I_2 - I_2 = I_3 \Rightarrow I_3 = 0 \Rightarrow I_2 = 2A$$

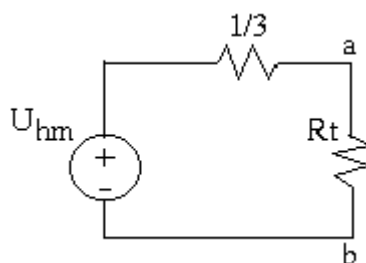
$$\Rightarrow Z_0 = \frac{1}{3}\Omega$$

$$I_1 = I_1 + I_2 = 3A$$

Vậy mạch tương đương thevenin:

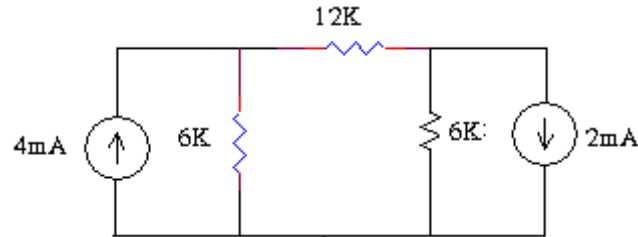
Từ mạch điện thevenin ta suy ra tải và dòng điện trên tải

$$P_{\max} \text{ khi } \begin{cases} Z_t = Z_0 \\ R_t = \frac{1}{3}\Omega \end{cases}$$

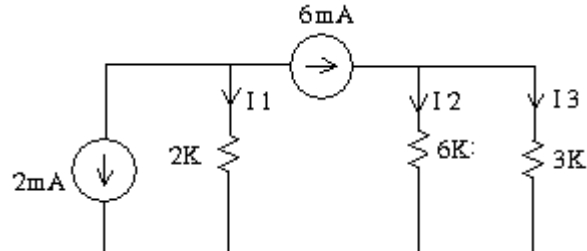


BÀI TẬP CHƯƠNG 3.

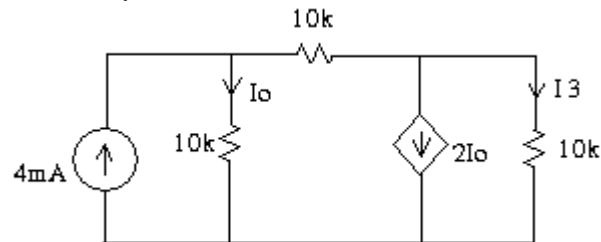
3.1 Viết phương trình thế nút.



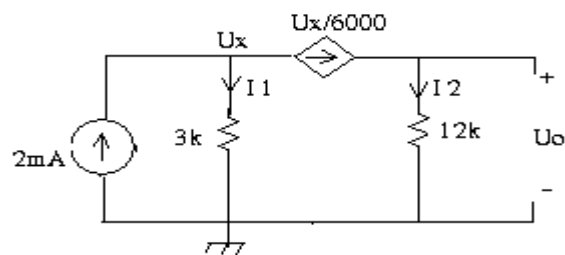
3.2 Tìm dòng qua các điện trở trong mạch.



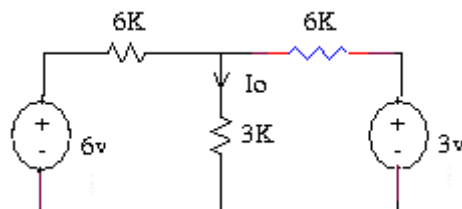
3.3 Tìm điện áp tại các nút của mạch.



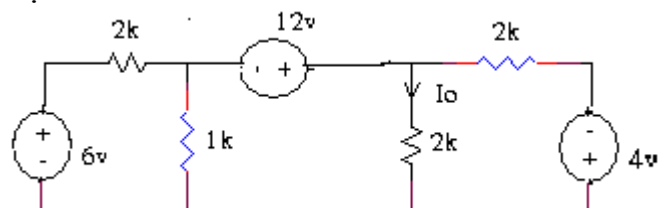
3.4 Tìm điện áp U_o trong mạch.



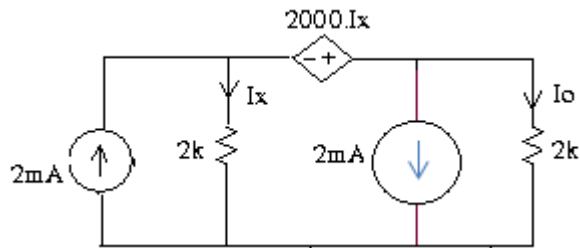
3.5 Tìm dòng I_o trong mạch.



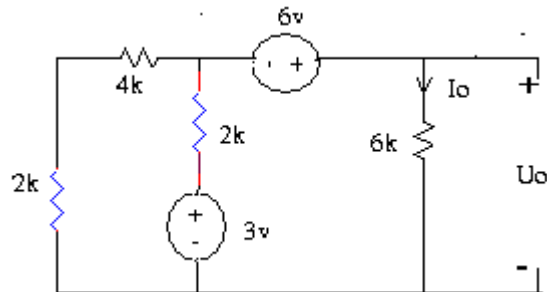
3.6 Tìm dòng I_o trong mạch.



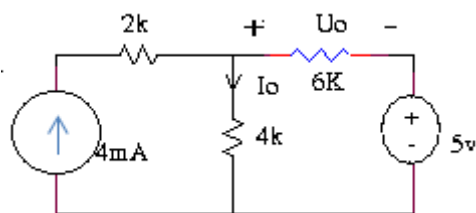
3.7 Tìm dòng I_o trong mạch.



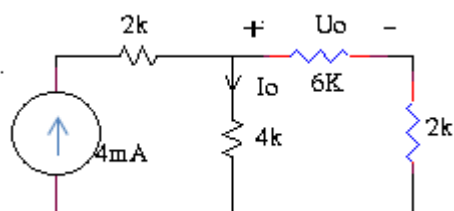
3.8 Tìm điện áp U_o trong mạch.



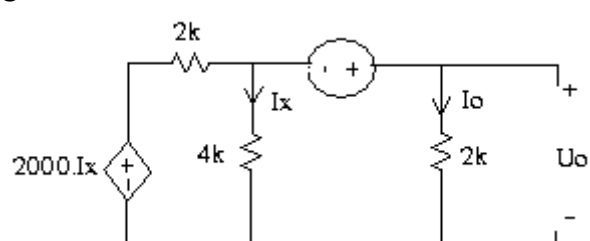
3.9 Tìm điện áp U_o trong mạch.



3.10 Tìm điện áp U_o trong mạch.



3.11 Tìm điện áp U_o trong mạch.



CHƯƠNG IV

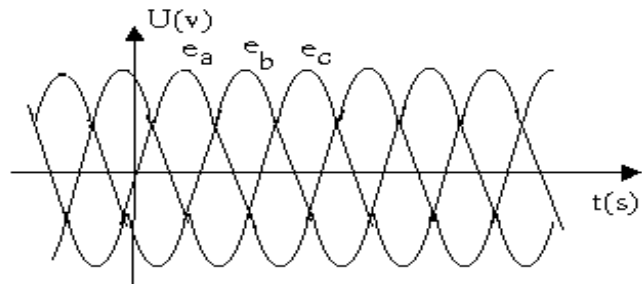
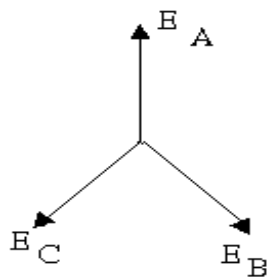
MẠCH BA PHA

4.1. KHÁI NIỆM MẠCH BA PHA

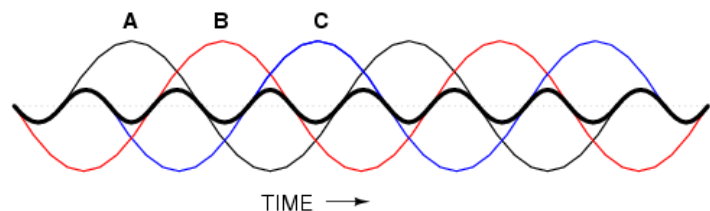
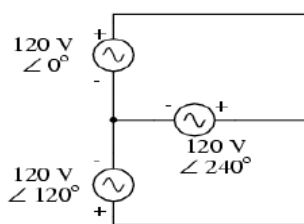
4.1.1. Khái niệm:

– Mạch điện ba pha là mạch điện mà phần tử tác động là nguồn điện ba pha. Nguồn điện ba pha gồm ba gồm ba nguồn điện một pha ghép lại. Trong thực tế người ta thường dùng các máy xoay chiều ba pha đối xứng.

– Đồ thị vector:



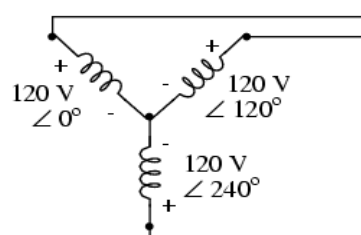
$$\begin{aligned} e_A &= \sqrt{2}E_m \cos(\omega t) \\ e_B &= \sqrt{2}E_m \cos(\omega t - 120^\circ) \\ e_C &= \sqrt{2}E_m \cos(\omega t - 240^\circ) \end{aligned}$$



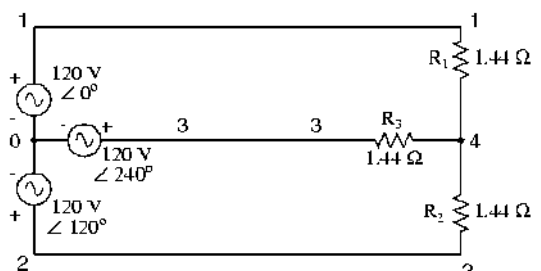
– Dựa vào đồ thị chúng ta thấy: Đối với mạch điện ba pha đối xứng thì $e_A + e_B + e_C = 0$ tại mọi thời điểm

4.1.2. Các dạng sơ đồ ba pha của nguồn và tải

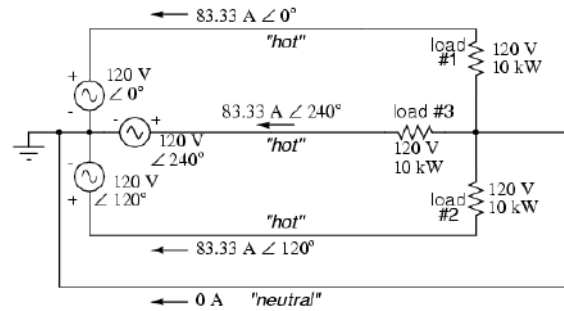
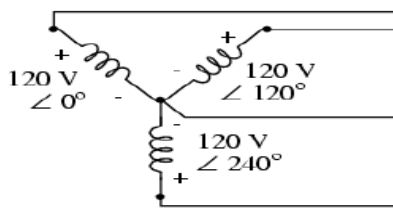
– Dạng đấu sao ba pha ba dây của nguồn và tải



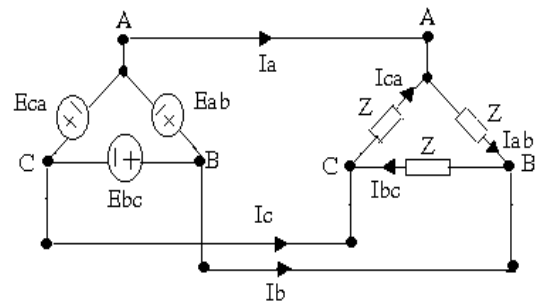
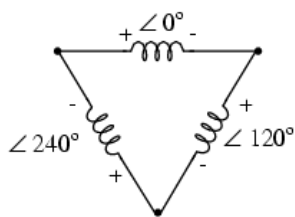
– Dạng



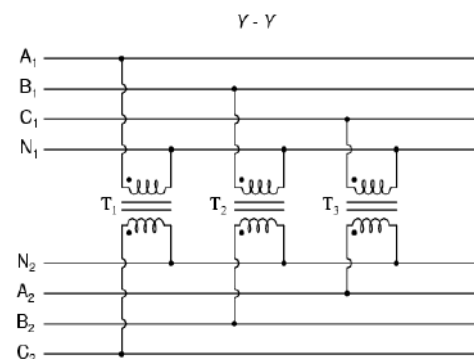
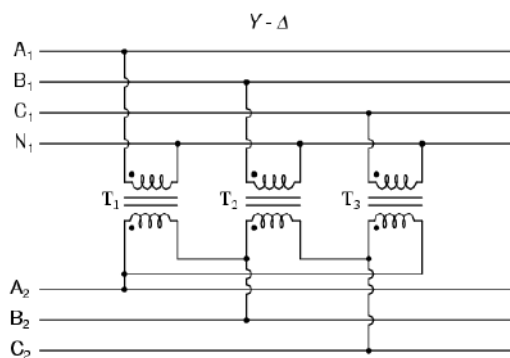
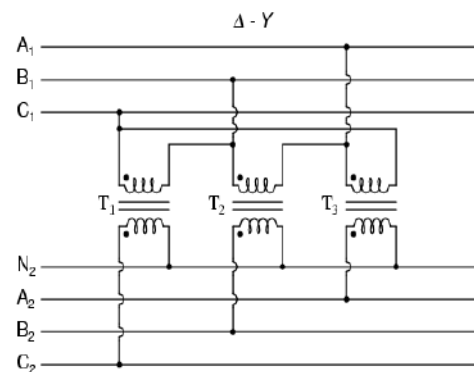
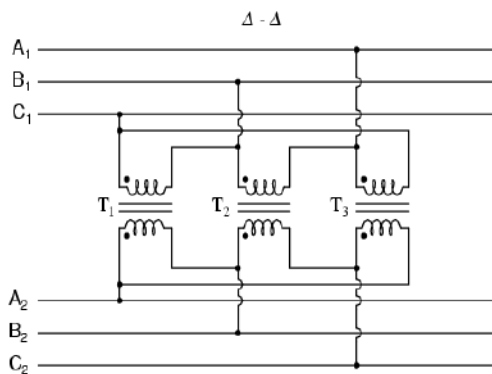
đầu sao ba pha bốn dây của nguồn và tải



– Dạng đầu tam giác ba pha ba dây của nguồn và tải



– Các dạng sơ đồ ba pha của máy biến áp



- Trong mạch điện ba pha ta cần phân biệt hai đại lượng là đại lượng pha và đại lượng dây
- ✓ Các dòng điện chạy trên dây dẫn từ nguồn đến tải và điện áp giữa các giắc ấy được gọi là dòng điện dây và điện áp dây ký hiệu: I_d và U_d
- ✓ Các dòng điện chạy trên các pha của tải hoặc nguồn được gọi là dòng điện pha và điện áp các pha ký hiệu I_f và U_f
- Thông thường các đại lượng dây được sử dụng rất thông dụng. Các nhà sản xuất các thiết bị thường cho chúng ta biết các thiết bị ghi trên nhãn thiết bị là các đại lượng dây.

Ví dụ: Cho một động cơ cho ghi các thông số như sau:

$$U_{dm}=380V$$

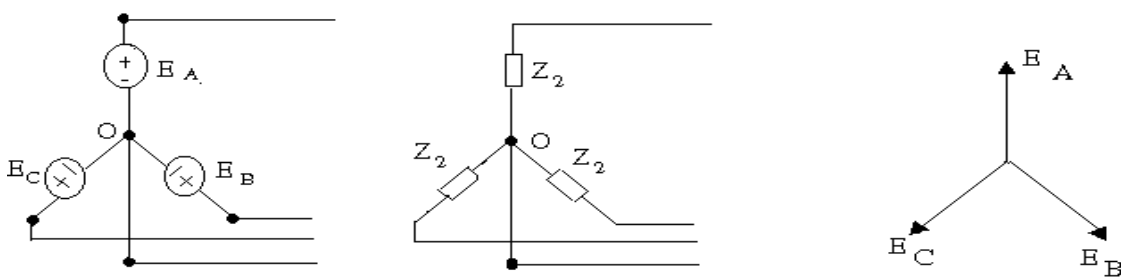
$$I_{dm}=2.4A$$

$$P_{dm}=736W$$

- Trong động cơ mặc dù đầu dạng sao hay tam giác thì các đại lượng đã cho là các đại lượng dây

4.2. GHÉP NỐI MẠCH BA PHA

- Mạch điện ba pha đối xứng là một mạch điện có nguồn và tải đều đối xứng. nghĩa là một mạch điện có nguồn đối xứng và tải có tổng trở của ba pha phải bằng nhau.
- Trong mạch ba pha đối xứng thì dòng điện và điện áp mỗi pha đều đối xứng. Tất cả các điểm trung tính của nguồn và tải đều đẳng thế với nhau.
- Ta xét sơ đồ sau:



$$e_A = \sqrt{2}E \cos(\omega t)$$

$$e_B = \sqrt{2}E \cos(\omega t - 120^\circ)$$

$$e_C = \sqrt{2}E \cos(\omega t - 240^\circ)$$

$$\Rightarrow u_{AB} = u_A - u_B = e_A - e_B = -2U_{mp} \sin(\omega t - 60^\circ) \sin(60^\circ) = \sqrt{3} \cdot U_{mp} \cdot \cos(\omega t + 30^\circ)$$

$$\begin{aligned} \Rightarrow u_{BC} &= u_B - u_C = \sqrt{3} \cdot U_{mp} \cdot \cos(\omega t - 90^\circ) \\ \Rightarrow u_{CA} &= u_C - u_A = \sqrt{3} \cdot U_{mp} \cdot \cos(\omega t - 210^\circ) \end{aligned}$$

– Tương tự ta cũng có:

- Nếu theo số phức ta có:

$$\begin{aligned}\Rightarrow \dot{U}_{AB} &= \dot{U}_A - \dot{U}_B = U_{mp} \angle 0^\circ - U_{mp} \angle -120^\circ = U_{mp} (1 - \cos(-120^\circ) - j \sin(-120^\circ)) \\ &= U_{mp} \left(\frac{3}{2} + j \frac{\sqrt{3}}{2} \right) = \sqrt{3} U_{mp} \angle 30^\circ\end{aligned}$$

- Tương tự ta cũng có:

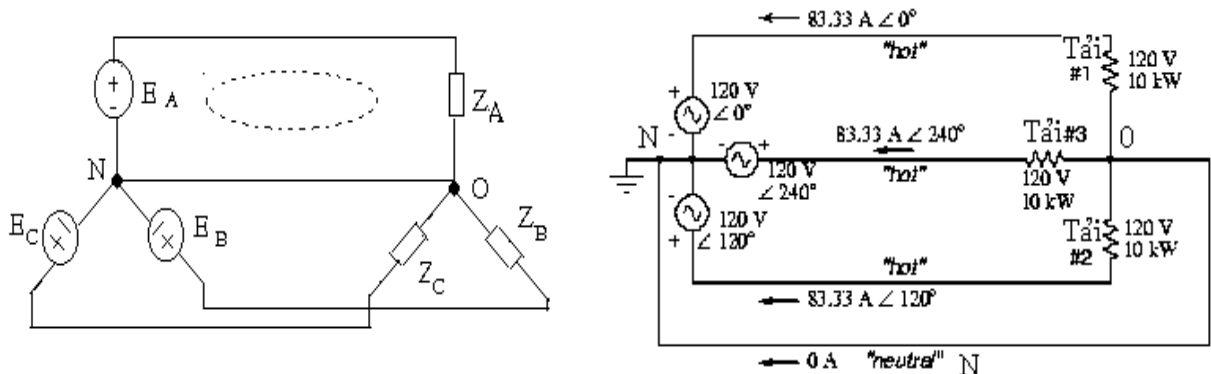
$$\begin{aligned}\Rightarrow \dot{U}_{BC} &= \dot{U}_B - \dot{U}_C = \sqrt{3} U_{mp} \angle 90^\circ \\ \Rightarrow \dot{U}_{CA} &= \dot{U}_C - \dot{U}_A = \sqrt{3} U_{mp} \angle 210^\circ\end{aligned}$$

– Trong thực tế hệ thống 4 dây có điện áp pha là 220V được sử dụng phổ biến hơn cả. Điện áp dây của nó là 380V. Để mô tả hệ thống này người ta thường viết 380/220V. Một đặc tính đặc biệt của hệ thống ba pha đối xứng là tổng của 3 dòng hay áp đối xứng đều bằng không.

$$\dot{E}_A + \dot{E}_B + \dot{E}_C = E_{mp} \left(1 - \frac{1}{2} - j \frac{\sqrt{3}}{2} - \frac{1}{2} + j \frac{\sqrt{3}}{2} \right) = 0$$

4.3. HỆ THỐNG ĐỐI XỨNG BỐN DÂY VÀ CÁCH GIẢI

- Trong hệ thống này điểm trung tính nguồn ký hiệu N và tải ký hiệu là 0



– Nguồn cung cấp là lý tưởng nếu áp trên các cực của nó không phụ thuộc vào dòng tải. Ta có:

$$\begin{aligned}\dot{I}_A &= \frac{\dot{E}_A}{Z_A} \\ \dot{I}_B &= \frac{\dot{E}_B}{Z_B} \\ \dot{I}_C &= \frac{\dot{E}_C}{Z_C}\end{aligned}$$

– Các dòng điện chạy trong các pha của nguồn gọi là dòng pha. Tương tự ta cũng có tải.

- Các dòng điện chạy trong các dây của nguồn gọi là dòng dây.
- Trong mạch nối sao dòng dây bằng dòng pha.
- Dòng dây trung tính bằng: $\dot{I}_N = \dot{I}_A + \dot{I}_B + \dot{I}_C$
- Trong trường hợp 3 pha đối xứng $Z_A = Z_B = Z_C = Z$ thì ta có

$$\dot{I}_A = \frac{\dot{E}_A}{Z}$$

$$\dot{I}_B = \frac{\dot{E}_B}{Z} = \dot{I}_A \angle -120^\circ$$

$$\dot{I}_C = \frac{\dot{E}_C}{Z} = \dot{I}_B \angle -120^\circ = \dot{I}_A \angle -240^\circ$$

- Dòng dây trung tính bằng:

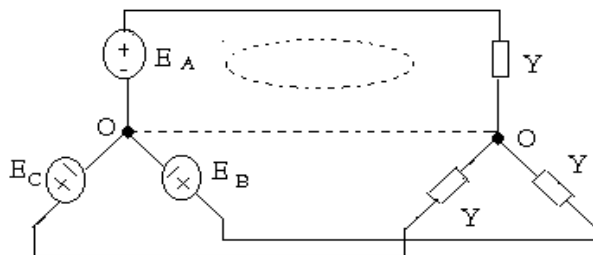
$$\dot{I}_N = \dot{I}_A + \dot{I}_B + \dot{I}_C = 0$$

4.4. MẠCH BA PHA ĐỐI XỨNG

4.4.1. Phân tích mạch ba pha đối xứng

- Do các đặc điểm của mạch ba pha đối xứng ta không cần phân tích mạch điện trên cả ba pha mà cần phải đưa về bài toán mạch điện một pha giản tiện hơn.

Sơ đồ nối sao_sao

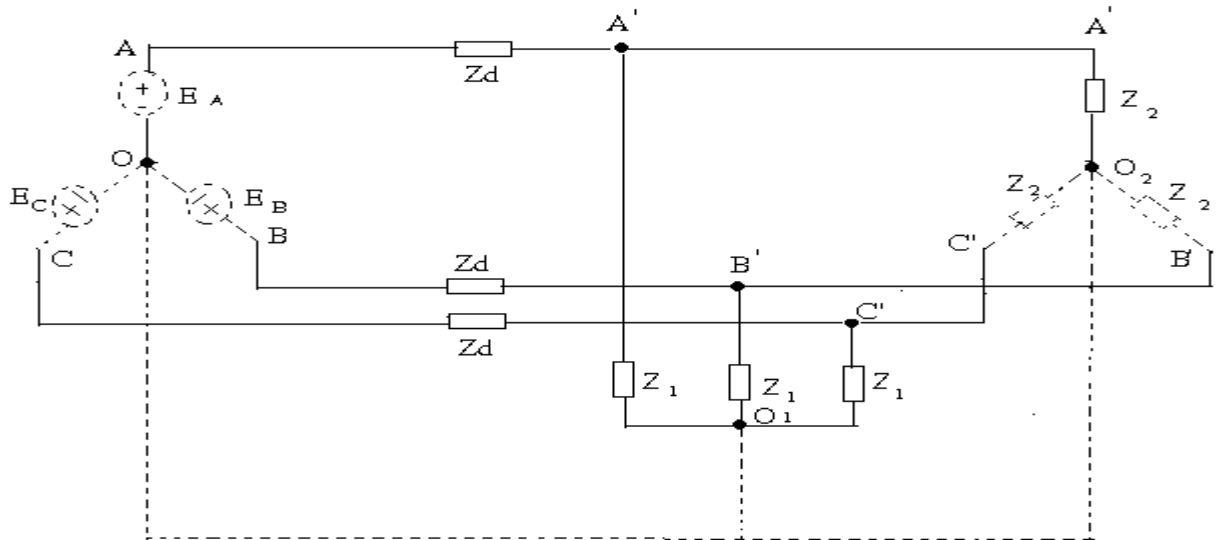


- Nguồn nối hình sao và tải nối hình sao
- Nguồn ba pha đối xứng
- Tải ba pha đối xứng ($Z_A = Z_B = Z_C = Z$)
- Nguồn nối hình sao và tải nối hình sao
- Ta xét điện áp giữa hai điểm trung tính của nguồn và tải
- Như vậy điện thế giữa hai điểm trung tính của nguồn và tải bằng nhau. Ta dùng phương pháp thế đỉnh có thể suy ra điện áp giữa hai điểm trung tính.

$$U_{00'} = \frac{Y_A \cdot E_A + Y_B \cdot E_B + Y_C \cdot E_C}{Y_A + Y_B + Y_C} = \frac{Y E_A + Y E_B + Y E_C}{3 \cdot Y} = \frac{E_A + E_B + E_C}{3} = 0$$

- Viết phương trình kirchhoff 2 và vòng trên ba pha ta có:

$$-E_A + U_A + U_{00} = 0 \Rightarrow U_A = E_A$$



- Tương tự viết kirchhoff 2 cho hai vòng trên pha B và pha C:

$$-E_B + U_B + U_{00} = 0 \Rightarrow U_B = E_B$$

$$-E_C + U_C + U_{00} = 0 \Rightarrow U_C = E_C$$

$$\Rightarrow i_A = \frac{U_A}{Z} = YU_A = YE_A$$

$$\Rightarrow i_B = \frac{U_B}{Z} = YU_B = YE_B$$

$$\Rightarrow i_C = \frac{U_C}{Z} = YU_C = YE_C$$

Như vậy: $\Rightarrow i_A + i_B + i_C = 0$

- Sau khi xét một mạch điện ba pha đối xứng chúng ta nhận thấy rằng điện áp pha trên tải và dòng điện pha trên tải là một hệ thống đối xứng

- Từ sơ đồ vec tơ ta nhận thấy rằng :

- Tam giác AOH có cạnh AH=OA.cos30°

$$\Rightarrow U_{AB} = U_A - U_B = E_A - E_B = 2.U_A.\cos 30^\circ = \sqrt{3}U_A$$

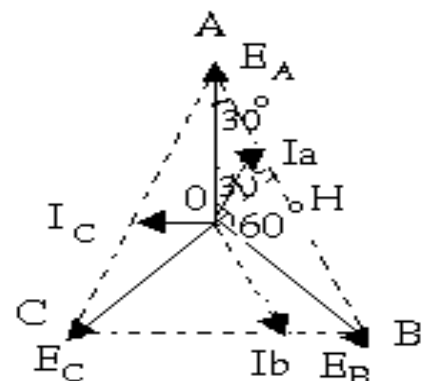
$$\Rightarrow U_{CA} = U_C - U_A = E_C - E_A = 2.U_C.\cos 30^\circ = \sqrt{3}U_C$$

$$\Rightarrow U_{BC} = U_B - U_C = E_B - E_C = 2.U_B.\cos 30^\circ = \sqrt{3}U_B$$

$$\Rightarrow \dot{U}_{AB} = \sqrt{3}.\dot{U}_A.e^{j30^\circ}$$

$$\Rightarrow \dot{U}_{CA} = \sqrt{3}.\dot{U}_C.e^{j30^\circ}$$

$$\Rightarrow \dot{U}_{BC} = \sqrt{3}.\dot{U}_B.e^{j30^\circ}$$



Đồ thị vec tơ

NHẬN XÉT

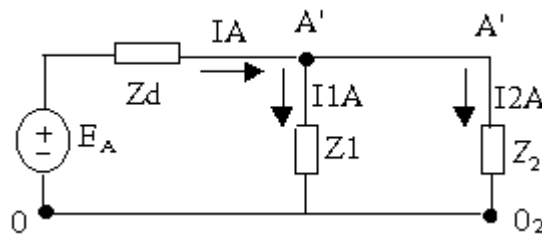
- ✓ Góc lệch pha: Điện áp dây vượt trước điện áp pha một góc 30°
- ✓ Trị số hiệu dụng: điện áp dây lớn hơn điện áp pha $\sqrt{3}$ lần

$$\Rightarrow |\dot{U}_{AB}| = \sqrt{3}|\dot{U}_A|; \quad \Rightarrow |\dot{U}_{CA}| = \sqrt{3}|\dot{U}_C|; \quad \Rightarrow |\dot{U}_{BC}| = \sqrt{3}|\dot{U}_B|;$$

– Trong trường hợp nối hình sao các điểm trung tính của nguồn và tải đẳng thế với nhau. Nếu nối các điểm trung tính này lại với nhau bằng một sợi dây dẫn có tổng trở bằng không thì trạng thái mạch vẫn không đổi. Khi đó chúng ta cần tách mạch ba pha đối xứng thành ba mạch điện một pha.

– Như vậy: Khi phân tích một mạch điện ba pha đối xứng hình sao thì chúng ta có thể tách riêng sơ đồ một pha nào đó (vd: tách pha A) để xét dòng điện, điện áp, công suất của riêng pha đó (vd: tính dòng điện, điện áp, công suất trên pha A) sau đó suy ra các đại lượng này trên các pha còn lại (vd: tính dòng điện, điện áp, công suất trên pha B và pha C)

VÍ DỤ: Cho một nguồn ba pha đối xứng có $E = 125V$ cung cấp cho hai tải đối xứng như hình vẽ: Tính điện áp trên các nhánh.



GIẢI

– Vì mạch điện trên là mạch điện ba pha đối xứng do đó điện thế trên các điểm trung tính của nguồn và tải bằng nhau nên ta có thể nối các điểm trung tính của nguồn và các tải lại với nhau. Sau đó vẽ sơ đồ mạch một pha (vd: vẽ sơ đồ một pha cho pha A)

$$\dot{I}_A = \frac{\dot{E}_A}{Z + \frac{Z_1 \cdot Z_2}{Z_1 + Z_2}} = \frac{125}{3.5 \angle 53^\circ 10' + \frac{20.25 \angle 36^\circ 50'}{20 + 25 \angle 36^\circ 50'}} = 8.56 \angle 26^\circ 10'$$

– Ta tính ra được dòng điện, sau đó tính ra được điện áp được hai đầu các tải :

$$\begin{aligned} \dot{U}_{Z_d} &= \dot{I}_A Z_d \\ \dot{U}_{A'0_2} &= \dot{I}_A \cdot \frac{Z_1 Z_2}{Z_1 + Z_2} \Rightarrow \begin{cases} \dot{I}_{1A} = \frac{\dot{U}_{A'0_2}}{Z_1} \\ \dot{I}_{2A} = \frac{\dot{U}_{A'0_2}}{Z_2} \end{cases} \end{aligned}$$

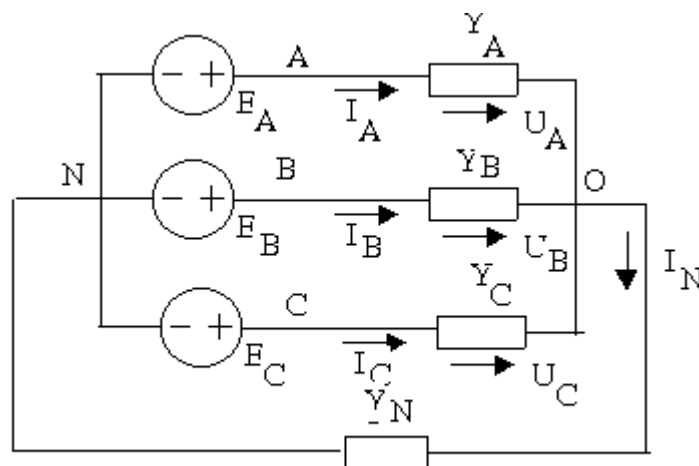
Tóm lại

– Nội dung của phương pháp tính mạch ba pha đối xứng là cần phải lập sơ đồ cho một pha. Sau đó tìm dòng điện và điện áp trên một pha. Từ đó suy ra dòng điện và điện áp trên các pha còn lại.

– Trong trường hợp mạch điện phức tạp có dạng nối theo hình sao và hình tam giác ta cần phải biến đổi tất cả các dạng hình tam giác theo dạng hình sao và sao đó giải bài toán ba pha đối xứng.

4.4.2. Phân tích mạch điện ba pha không đối xứng

– Thông thường trên thực tế. Nguồn ba pha cung cấp cho các hộ tiêu thụ điện một pha như: thắp sáng, sinh hoạt, các động cơ một pha nên việc các tải mất đối xứng xảy ra. Như vậy hệ thống trở nên không còn đối xứng nữa. Nên việc phân tích mạch điện ba pha không đối xứng rất cần thiết.



Xét mạch điện ba pha sau:

- Giải mạch điện nối theo hình sao – Trong đó nguồn và tải đều không đối xứng
- Giải bài toán này cần áp dụng phương pháp thế nút. Ta có điện áp điểm trung bình giữa nguồn và tải:

$$\dot{U}_{ON} = \frac{Y_A \cdot \dot{E}_A + Y_B \cdot \dot{E}_B + Y_C \cdot \dot{E}_C}{Y_A + Y_B + Y_C + Y_N}$$

❖ Điện áp trên các pha của tải :

$$\dot{U}_A = \dot{E}_A - \dot{U}_{ON}$$

$$\dot{U}_B = \dot{E}_B - \dot{U}_{ON}$$

$$\dot{U}_C = \dot{E}_C - \dot{U}_{ON}$$

❖ Dòng điện trên các pha của tải

$$\dot{I}_A = Y_A \dot{U}_A$$

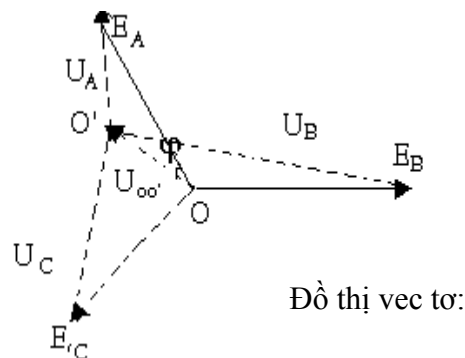
$$\dot{I}_B = Y_B \dot{U}_B$$

$$\dot{I}_C = Y_C \dot{U}_C$$

❖ Dòng điện trên dây trung tính: $\dot{I}_N = Y_N \dot{U}_{ON}$

– Đối với mạch điện ba pha không đối xứng thì điện áp và dòng điện trên tải của hệ thống mạch điện này sẽ không còn đối xứng nữa. Ta có đồ thị vec tơ của điện áp mạch điện ba pha không đối xứng:

– Tuy nhiên nếu như tổng trở của giây trung tính bằng không hay tổng dẫn của dây trung tính rất lớn. Mặc dù tải của các pha không đối xứng nhưng lúc đó $U_{O'O} = 0$. Trên đồ thị tô pô điểm O' , trùng với điểm $O \Rightarrow$ lúc đó $U_A = E_A$; $U_B = E_B$; $U_C = E_C$



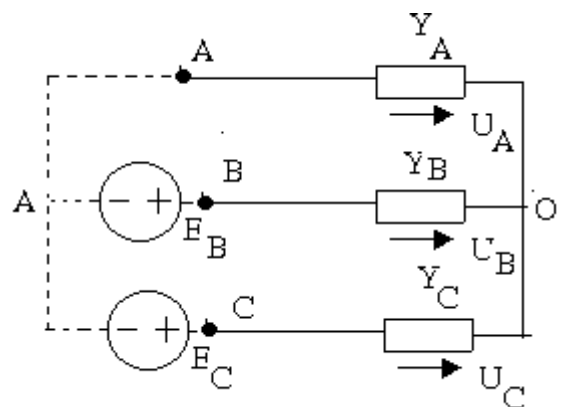
Chú ý: Trong thực tế thường ta chỉ biết điện áp dây mà không biết được điện áp pha của nguồn. Lúc đó ta có thể thay thế hệ thống điện áp dây bằng ba nguồn hoặc hai nguồn điện áp tương đương. Chọn sao cho bảo đảm điện áp dây đã cho là được. Sau đó lại dùng những cách tính đã nói ở trên.

Ví dụ: Cho nguồn ba pha không đối xứng cung cấp cho một tải nối hình sao hãy tính dòng điện và điện áp trên tải.

Giải :

– Để tính được điện áp pha A trên tải. Để giản tiện nhất ta có thể thay thế hệ thống điện áp dây không đối xứng bằng hai sức điện động tương đương. $E_B = U_{AB}$, $E_C = U_{AC}$

$$\dot{U}_A = \dot{U}_{AO} = \frac{Y_{BC} \dot{U}_{AB} + Y_{CA} \dot{U}_{AC}}{Y_A + Y_B + Y_C}$$



- Tương tự như trên để tính được điện áp pha B ta thay $E_A = U_{BA}$. $E_C = U_{BC}$

$$U_B = U_{BO} = \frac{Y_{AC}U_{BA} + Y_C U_{BC}}{Y_A + Y_B + Y_C}$$

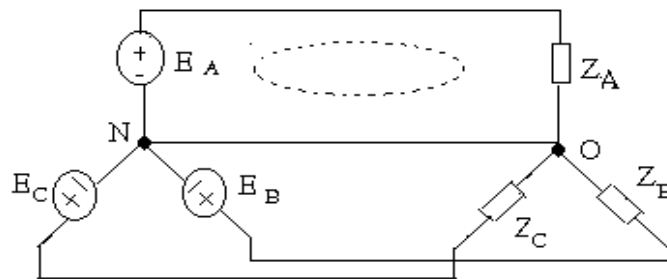
$$U_C = U_{CO} = \frac{Y_{AC}U_{CA} + Y_{BC}U_{CB}}{Y_A + Y_B + Y_C}$$

- Tương tự như trên để tính được điện áp pha C ta thấy $E_A = U_{CA}$. $E_B = U_{BC}$

4.5. CÔNG SUẤT TÁC DỤNG VÀ ĐO CÔNG SUẤT

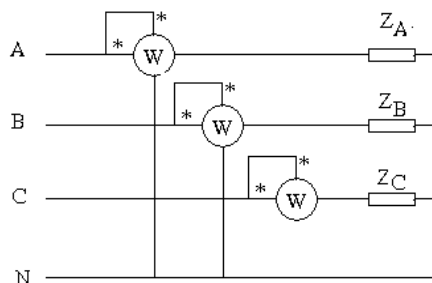
- Xét một hệ thống 3 pha 4 dây như hình ta có công suất của 3 pha bằng tổng các công suất của từng pha cộng lại.

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



- Trong trường hợp 3 pha đối xứng $Z_A = Z_B = Z_C = Z$ thì tất cả các pha có trị hiệu dụng như nhau $U_A = U_B$ và các dòng $I_p = I_A = I_B = I_C$ đồng thời góc lệch pha giữa áp và dòng của ba pha như nhau và bằng φ_p . Khi đó công suất của 3 pha được tính như sau:

$$P = P_A + P_B + P_C = 3 U_p I_p \cos \varphi_p$$



- Vậy để đo công suất tác dụng trong hệ ba pha bốn dây người ta cần 3 wattmeter chúng được nối như hình bên.
- Trong trường hợp 3 pha đối xứng không có dây trung tính việc đo điện áp pha trở nên khó khăn vì vậy ta phải tìm ra công thức tính công suất theo điện áp dây và dòng điện dây. Ta có sự chuyển đổi giữa đấu sao và tam giác như sau.

sao	Tam giác
$U_P = \frac{U_d}{\sqrt{3}}$	$U_P = U_d$
$I_P = I_d$	$I_P = \frac{I_d}{\sqrt{3}}$

- Ta có công thức tính công suất trong hệ 3 pha đối xứng như sau:

$$P = \sqrt{3} U_d I_d$$

Trong đó :

U_d là điện áp pha hiệu dụng

I_d là dòng điện dây hiệu dụng

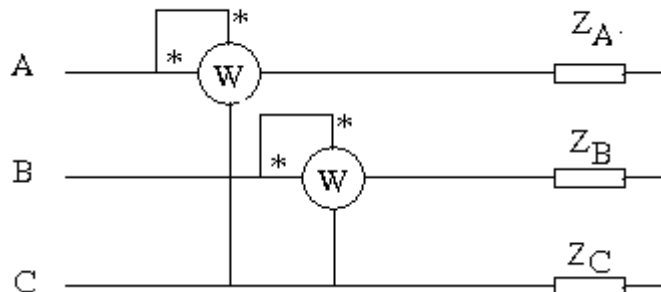
φ là góc lệch pha giữa điện áp và dòng điện ($\varphi = \varphi_u - \varphi_I$)

- Trong trường hợp 3 pha đối xứng ta chỉ cần mắc wattmeter trên một pha rồi đọc kết quả nhân với 3.

- Trong hệ thống 3 pha 3 dây ta đều có $i_A + i_B + i_C = 0$ nên ta có biểu thức tính công suất tức thời trên tải như sau:

$$\begin{aligned} P &= u_{AO} i_A + u_{BO} i_B + u_{CO} i_C = u_{AO} i_A + u_{BO} i_B + u_{CO} (i_A - i_B) \\ &= (u_{AO} - u_{CO}) i_A + (u_{BO} - u_{CO}) i_B \\ &= u_{AC} i_A + u_{BC} i_B = P_1 + P_2 \end{aligned}$$

- Từ đó ta có để đo công suất Trong hệ thống 3 pha 3 dây ta chỉ cần 2 wattmeter và được mắc như sau:



$$\begin{cases} P_1 = U_{AC} \cdot I_A \cos(\varphi_{\dot{U}_{AC}} - \varphi_{\dot{I}_A}) \\ P_2 = U_{BC} \cdot I_B \cos(\varphi_{\dot{U}_{BC}} - \varphi_{\dot{I}_B}) \end{cases}$$

- Khi đó tổng của chúng biểu thị công suất tác dụng trên tải kể cả đối xứng và không đối xứng:

$$P = P_1 + P_2$$

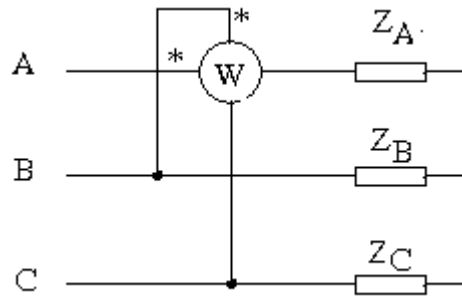
4.5.1. Các đại lượng công suất khác và hiệu chỉnh hệ số công suất

4.5.1.1. Công suất phản kháng

– Công suất phản kháng được phát ra từ nguồn ba pha bất kỳ sẽ bằng công suất phản kháng nhận được của 3 tải

$$Q = Q_A + Q_B + Q_C = U_{AO} I_A \sin \varphi_A + U_{BO} I_B \sin \varphi_B + U_{CO} I_C \sin \varphi_C$$

– Trong trường hợp 3 pha đối xứng ta có



$$Q = Q_A + Q_B + Q_C = 3.U_P I_P \sin \varphi_P = \sqrt{3}.U_d I_d \sin \varphi$$

– Theo mục 4.5 ta có: $P_1 - P_2 = U_d I_d \sin \varphi$

– Vậy $Q = \sqrt{3}.(P_1 - P_2)$

– Ta có sơ đồ đo công suất phản kháng 3 pha bằng một wattmeter như sau:

4.5.1.2. Công suất biểu kiến

$$S = U_{AO} I_A + U_{BO} I_B + U_{CO} I_C$$

– Trong trường hợp 3 pha đối xứng ta có

$$S = 3.U_P I_P = \sqrt{3}.U_d I_d$$

4.5.1.3. Công suất phức

– Công suất phức của ba pha bằng tổng công suất phức của từng pha cộng lại

$$\dot{S} = \dot{S}_A + \dot{S}_B + \dot{S}_C = (P_A + P_B + P_C) + j(Q_A + Q_B + Q_C)$$

– Công suất biểu kiến của từng pha

$$S_A = \sqrt{P_A^2 + Q_A^2}$$

$$S_B = \sqrt{P_B^2 + Q_B^2}$$

$$S_C = \sqrt{P_C^2 + Q_C^2}$$

- Công suất biểu kiến của ba pha

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2} = \sqrt{(P_A + P_B + P_C)^2 + (Q_A + Q_B + Q_C)^2}$$

- Hệ số công suất của hệ thống 3 pha

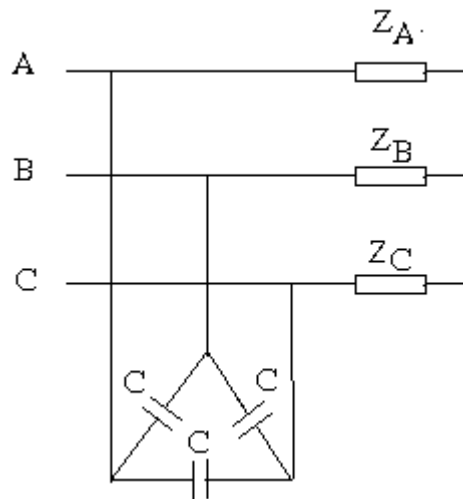
$$\cos \varphi = \frac{P}{\sqrt{3}U_d I_d} = \frac{P}{S} = \frac{P}{\sqrt{P^2 + Q^2}}$$

- Rõ ràng khi số công suất của hệ thống càng nhỏ thì công suất tác dụng P càng nhỏ

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

4.5.1.4. Nguyên nhân gây ra hệ số công suất nhỏ là do động cơ không đủ tải

- Để hiệu chỉnh hệ số công người ta dùng tụ điện có điện dung C nối tam giác



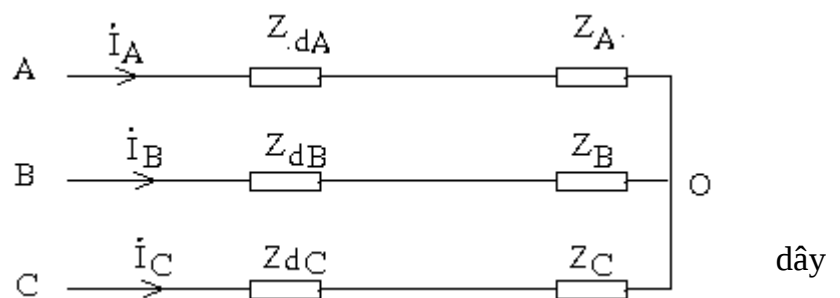
- Công suất phản kháng Q_k của bộ tụ điện cần để hiệu chỉnh hệ số công suất từ giá trị $\cos \varphi$ đến giá trị $\cos \varphi_t$ với một công suất tác dụng đã cho được tính theo công thức

$$Q_k = P(\tan \varphi - \tan \varphi_t)$$

4.5.2. Sụt áp và tổn hao công suất

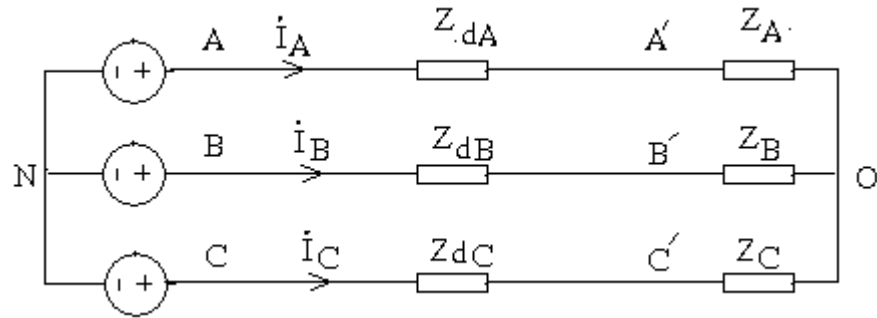
4.5.2.1. Sụt áp

- Sụt áp trên đường dây 3 pha là hiệu các giá trị của điện áp hiệu dụng của đầu đường dây và cuối đường dây



- Sụt áp trên đường

bằng điện áp rơi trên tổng trở Z_d



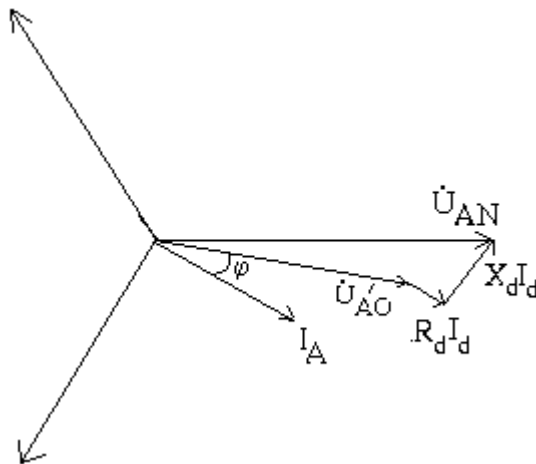
$$\Delta U = I_d \cdot Z_d = |\dot{U}_{AN}| - |\dot{U}_{AO}|$$

– Để tìm nó ta có thể dùng công thức gần đúng chiếu lần lượt các véc tơ lên véc tơ

$$\dot{U}_{AO} \Rightarrow \Delta U_P \approx (R_d \cos \varphi + X_d \sin \varphi) I_d$$

Trong đó : I_d là trị hiệu dụng của dòng dây

$\cos \varphi$ hệ số công suất của tải



4.5.2.2. Tổn hao công suất.

– Dòng điện chạy trên dây dẫn xảy ra tổn hao công suất tác dụng cũng như công suất phản kháng

$$\Delta P = R_d (I_A^2 + I_B^2 + I_C^2)$$

$$\Delta Q = X_d (I_A^2 + I_B^2 + I_C^2)$$

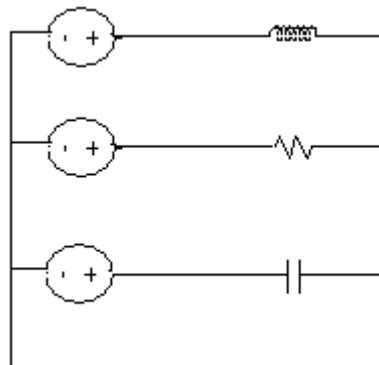
BÀI TẬP CHƯƠNG 4

4.1. Cho nguồn 3 pha đối xứng có $U_{ab} = 200\sin(100t)$. Tìm điện áp pha

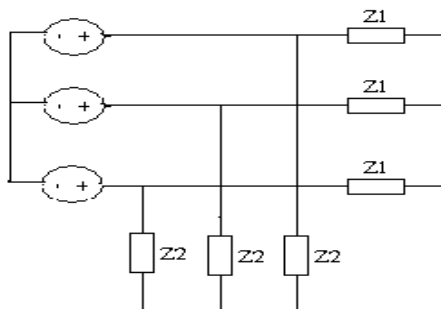
4.2. Cho nguồn 3 pha đối xứng có $U_{ab} = 200\sin(100t)$. Tìm dòng trên các dây và công suất tác dụng của tải.

Biết: $R = 40 \text{ ohm}$ $L = 0,1 \text{ H}$

$C = 10^{-4} \text{ F}$ $\omega = 200 \text{ rad/s}$



4.3. Cho nguồn ba pha đối xứng tải đối xứng như hình sau. Tìm tổng trở tương đương từng pha

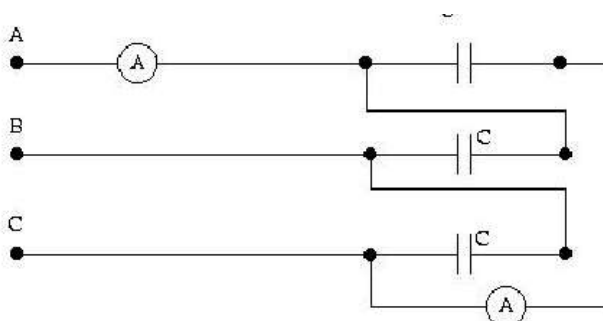


4.4. Cho mạch ba pha như bài 4.3 trong đó $Z_1 = 3-j4$ $Z_2 = 3+j4$ áp dây hiệu dụng $U_d = 100\sqrt{3}$. Tính dòng qua các tải

4.5. Cho mạch như hình vẽ. Xác định dòng điện chạy trong pha A và dòng qua tụ C

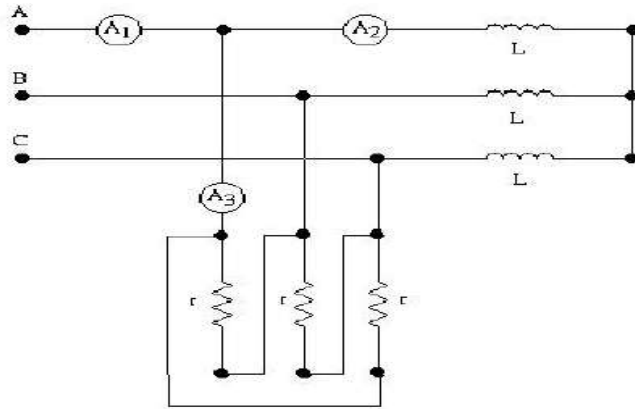
Biết: $X_c = 90\Omega$

$U_{AB} = 120\sqrt{2}\sin\omega t$



4.6. Cho mạch như hình vẽ. Xác định dòng điện chạy trong các ampe mét

Biết: $X_L = 2\Omega$ $U_{AB} = 380\sqrt{2}\sin\omega t$ $r = 6\Omega$

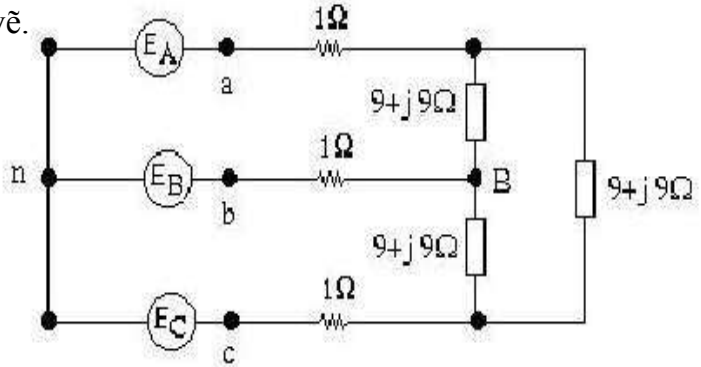


4.7. Cho mạch điện bap ha như hình vẽ.

$$E_A = 100\sqrt{2} \sin(\omega t)$$

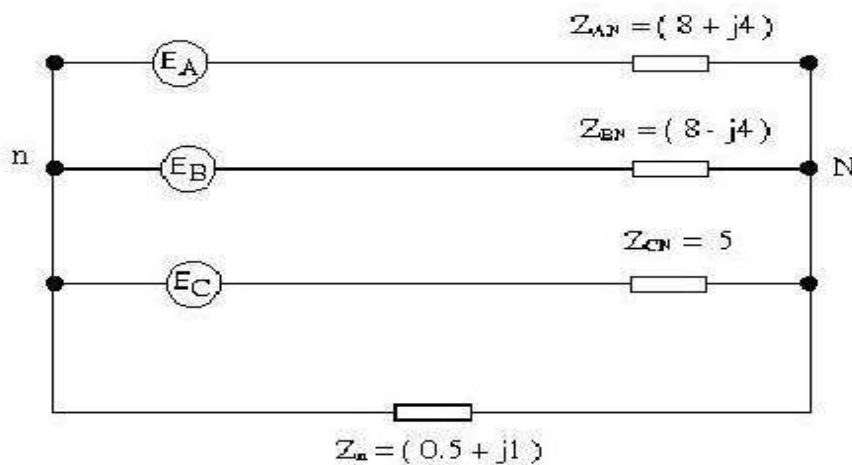
$$E_B = 100\sqrt{2} \sin(\omega t - 120^\circ)$$

$$E_C = 100\sqrt{2} \sin(\omega t - 240^\circ)$$



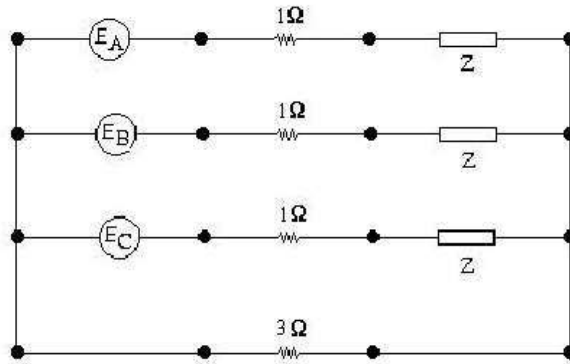
- Tính trị hiệu dụng của dòng dây?
- Suy ra trị hiệu dụng của dòng dòng pha?
- Tính trị hiệu dụng điện áp dây của nguồn và điện áp dây của tải?
- Tính trị hiệu dụng của sụt áp trên đường dây ?
- Tính công suất tổn hao trên đường dây , công suất tiêu thụ của tải và công suất của nguồn phát ra?

4.8. Cho mạch như hình vẽ. Điện áp pha của nguồn là 220v



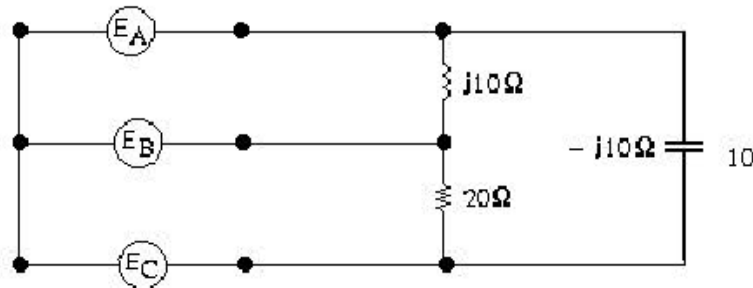
- Tính dòng điện và điện áp qua mỗi pha của tải
- Tính dòng điện trên dây trung tính?
- Tính công suất tác dụng tiêu thụ trong tải và tổn hao trên dây trung tính

4.9. Cho hệ thống bap ha 4 dây như hình vẽ, với điện áp pha của nguồn là 100V, tổng trở tải của các pha là $Z = (3+j3) \Omega$



- Tính trị hiệu dụng của dòng dây?
- Suy ra trị hiệu dụng của dòng dòng pha?
- Tính trị hiệu dụng điện áp dây của nguồn và điện áp dây của tải?
- Tính trị hiệu dụng của sụt áp trên đường dây?
- Tính công suất tổn hao trên đường dây, công suất tiêu thụ của tải và công suất của nguồn phát ra?

4.10. Cho một nguồn bap ha cân bằng ghép hình Y có điện áp dây $U_d = 100V$ cung cấp điện cho một tải không cân bằng có các thông số trên hình vẽ sau:



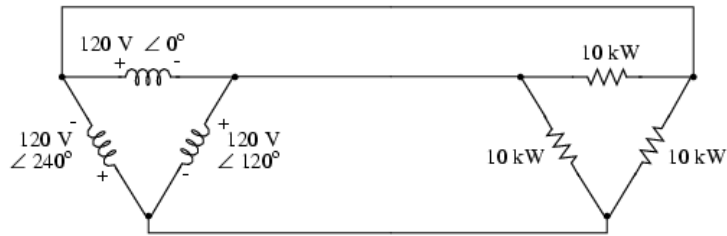
- Tính các dòng điện dây và pha?
- Tính tổng trở Z_p

4.11. Cho một nguồn ba pha cân bằng ghép hình Y có điện áp dây $U_d = 200V$ cung cấp điện cho một tải không cân bằng có công suất thực $P = 900W$ và có hệ số công suất bằng 0.9 (trễ pha):

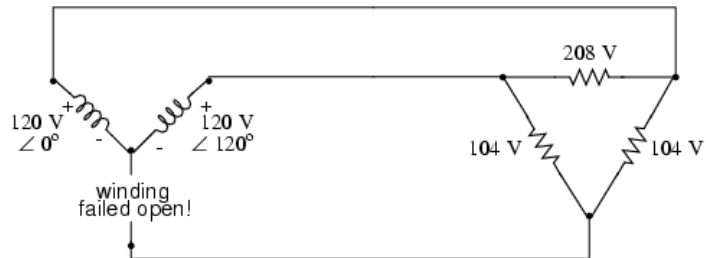
- Tính các dòng điện dây và pha?
- Tính tổng trở Z_p

4.12. Cho mạch như hình vẽ

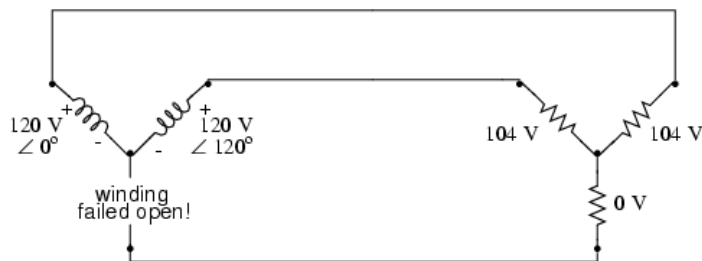
- Tính dòng trên các pha nguồn và tải
- Tính dòng trên dây



4.13. Cho mạch như hình vẽ . Tính dòng trên các pha nguồn và tải



4.14. Cho mạch như hình vẽ. Tính dòng dây

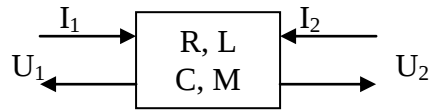


CHƯƠNG V

MẠNG HAI CỬA

5.1. KHÁI NIỆM

– Là thiết bị điện có một cửa ngõ để nhận năng lượng hay tín hiệu, một cửa khác để trao đổi năng lượng hay tín hiệu với các bộ phận khác.



- Dòng vào cực 1 phải bằng dòng chảy ra trên cực kia.
- Mạng hai cửa có nguồn (tích cực), không nguồn (thụ động).

5.2. HỆ PHƯƠNG TRÌNH TRẠNG THÁI

5.2.1. Hệ phương trình trạng thái dạng Z (Tổng trở)

- Biểu diễn $(\dot{U}_1, \dot{U}_2)$ theo $(\dot{I}_1, \dot{I}_2)$

$$\begin{cases} \dot{U}_1 = Z_{11} \dot{I}_1 + Z_{12} \dot{I}_2 \\ \dot{U}_2 = Z_{21} \dot{I}_1 + Z_{22} \dot{I}_2 \end{cases}$$

- Viết dưới dạng ma trận là :

$$\begin{bmatrix} \dot{U}_1 \\ \dot{U}_2 \end{bmatrix} = \mathbf{Z} \cdot \begin{bmatrix} \dot{I}_1 \\ \dot{I}_2 \end{bmatrix}$$

- Ma trận tổng trở $\mathbf{Z}$ là :

$$\mathbf{Z} = \begin{bmatrix} Z_{11} & Z_{12} \\ Z_{21} & Z_{22} \end{bmatrix}$$

– Các thông số Z_{ik} không phụ thuộc vào dòng, áp mà chỉ phụ thuộc vào các phần tử ở bên trong trong mạng hai cửa : R, L, C.

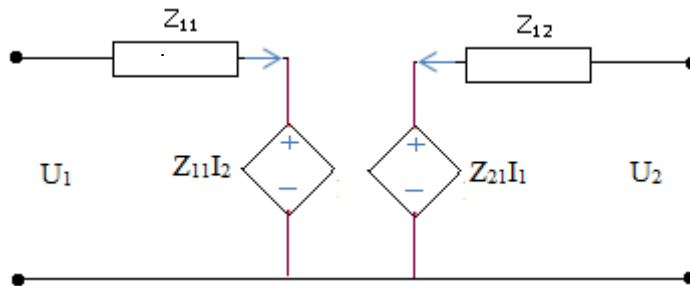
$$Z_{11} = \left. \frac{\dot{U}_1}{\dot{I}_1} \right|_{\dot{I}_2=0} : \text{Trở kháng vào cửa 1 khi hở mạch cửa 2.}$$

$Z_{12} = \left. \frac{\dot{U}_1}{\dot{I}_2} \right|_{I_1=0}$: Trở kháng tương hỗ giữa cửa 1 đối với cửa 2 khi hở mạch cửa 1.

$Z_{21} = \left. \frac{\dot{U}_2}{\dot{I}_1} \right|_{I_2=0}$: Trở kháng tương hỗ giữa cửa 2 đối với cửa 1 khi hở mạch cửa 2.

$Z_{22} = \left. \frac{\dot{U}_2}{\dot{I}_2} \right|_{I_1=0}$: Trở kháng vào cửa 2 khi hở mạch cửa 1.

- Đơn vị tính trở kháng trên là Ω .
- Mạch tương đương :



- Cách xác định các thông số:

Cách 1 :

- Dựa vào mạch điện cụ thể tìm ra cách viết quan hệ giữa các biến $(\dot{U}_1, \dot{U}_2)$ theo $(\dot{I}_1, \dot{I}_2)$ sao cho giống dạng hệ phương trình trạng thái các hệ số đứng trước $\dot{I}_1, \dot{I}_2$ sẽ chính là các thông số Z_{ik} cần tìm.

Cách 2 :

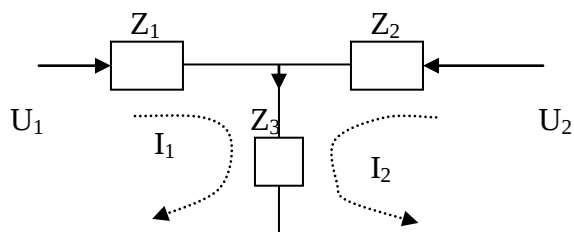
- Tính các thông số Z_{ik} theo công thức ngắn mạch hoặc hở mạch.

Ví dụ 1 :

Cho mạng hai cửa. Xác định thông số Z_{ik} hoặc ma trận Z .

Mạng hai cửa hình T :

$$\begin{cases} \dot{U}_1 = Z_{11} \dot{I}_1 + Z_{12} \dot{I}_2 \\ \dot{U}_2 = Z_{21} \dot{I}_1 + Z_{22} \dot{I}_2 \end{cases}$$



Cách 1 : Áp dụng vòng mắc lưới :

$$\begin{cases} \dot{U}_1 = (Z_1 + Z_2)\dot{I}_1 + Z_2 \dot{I}_2 \\ \dot{U}_2 = Z_2 \dot{I}_1 + (Z_2 + Z_3)\dot{I}_2 \end{cases}$$

$$\begin{cases} Z_{11} = Z_1 + Z_2 \\ Z_{12} = Z_2 \end{cases}$$

$$\begin{cases} Z_{21} = Z_2 \\ Z_{22} = Z_2 + Z_3 \end{cases}$$

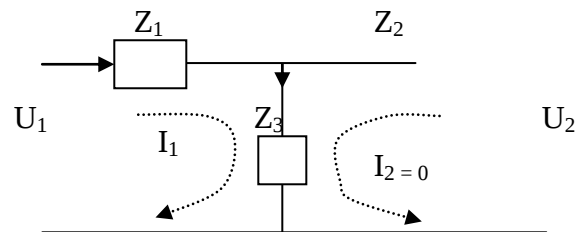
Cách 2 :

$$\begin{cases} \dot{U}_1 = (Z_1 + Z_2)\dot{I}_1 + Z_2 \dot{I}_2 \\ \dot{U}_2 = Z_2 \dot{I}_1 + (Z_2 + Z_3)\dot{I}_2 \end{cases}$$

Hở mạch cửa 2 : $I_2 = 0$

$$Z_{11} = \frac{\dot{U}_1}{\dot{I}_1} = Z_{td1} = Z_1 + Z_2$$

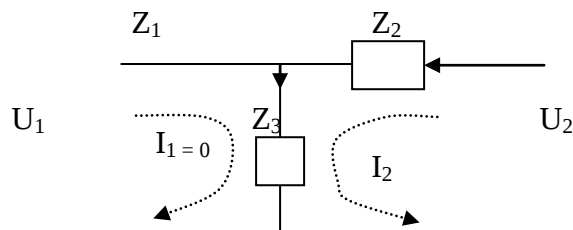
$$Z_{21} = \frac{\dot{U}_2}{\dot{I}_1} = \frac{Z_2 \dot{I}_1}{\dot{I}_1} = Z_2$$



Hở mạch cửa 1 : $I_1 = 0$

$$Z_{22} = \frac{\dot{U}_2}{\dot{I}_2} = Z_{td2} = Z_2 + Z_3$$

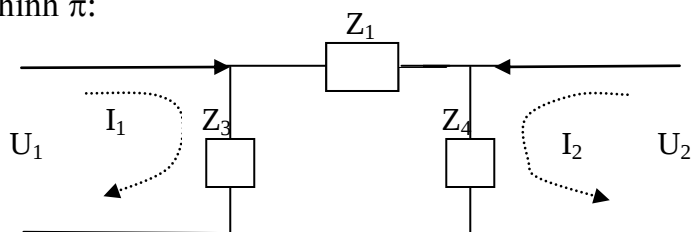
$$Z_{12} = \frac{\dot{U}_1}{\dot{I}_2} = \frac{Z_2 \dot{I}_2}{\dot{I}_2} = Z_2$$



Ví dụ 2 :

Cho mạng hai cửa. Xác định thông số z_{ik} hoặc ma trận Z.

Mạng hai cửa hình π :



Cách 2 :

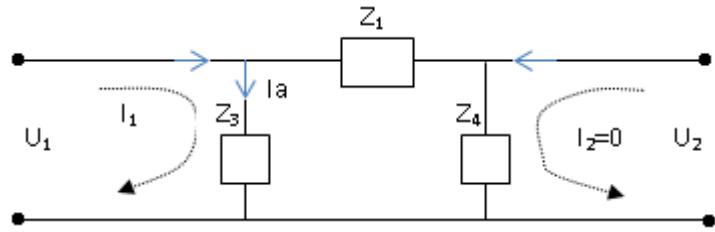
$$\begin{cases} \dot{U}_1 = Z_{11} \dot{I}_1 + Z_{12} \dot{I}_2 \\ \dot{U}_2 = Z_{21} \dot{I}_1 + Z_{22} \dot{I}_2 \end{cases}$$

Hở mạch cửa 2 : $I_2 = 0$

$$Z_{11} = \frac{\dot{U}_1}{\dot{I}_1} = Z_{td} = \frac{(Z_1 + Z_4) \cdot Z_2}{Z_1 + Z_2 + Z_4}$$

$$Z_{21} = \frac{\dot{U}_2}{\dot{I}_1} = \frac{\dot{I}_a Z_4}{\dot{I}_1} = \frac{Z_4 \cdot Z_2}{Z_1 + Z_2 + Z_4}$$

$$\dot{I}_a = \dot{I}_1 \frac{Z_2}{Z_1 + Z_2 + Z_4}$$

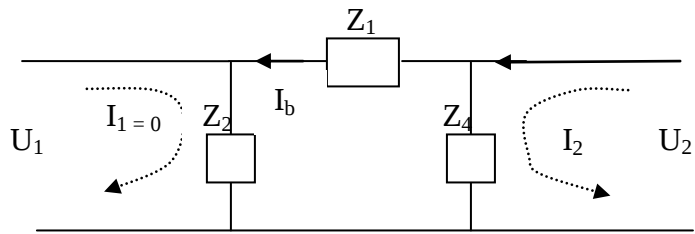


Hở mạch cửa 1 : $I_1 = 0$

$$Z_{22} = \frac{\dot{U}_2}{\dot{I}_2} = Z_{td} = \frac{(Z_1 + Z_2) \cdot Z_4}{Z_1 + Z_2 + Z_4}$$

$$Z_{12} = \frac{\dot{U}_1}{\dot{I}_2} = \frac{\dot{I}_b Z_2}{\dot{I}_2} = \frac{Z_4 \cdot Z_2}{Z_1 + Z_2 + Z_4}$$

$$\dot{I}_b = \dot{I}_2 \frac{Z_4}{Z_1 + Z_2 + Z_4}$$



5.2.2. Hệ phương trình trạng thái dạng Y (Dẫn nạp)

– Biểu diễn $(\dot{I}_1, \dot{I}_2)$ theo $(\dot{U}_1, \dot{U}_2)$

$$\begin{cases} \dot{I}_1 = Y_{11} \dot{U}_1 + Y_{12} \dot{U}_2 \\ \dot{I}_2 = Y_{21} \dot{U}_1 + Y_{22} \dot{U}_2 \end{cases}$$

– Viết dưới dạng ma trận là:

$$\begin{bmatrix} \dot{I}_1 \\ \dot{I}_2 \end{bmatrix} = \mathbf{Y} \cdot \begin{bmatrix} \dot{U}_1 \\ \dot{U}_2 \end{bmatrix}$$

– Hay tổng trở Z là :

$$\mathbf{Y} = \begin{bmatrix} Y_{11} & Y_{12} \\ Y_{21} & Y_{22} \end{bmatrix}$$

– Các thông số Z_{ik} không phụ thuộc vào dòng áp mà chỉ phụ thuộc vào các phần tử ở bên trong trong mạng hai cửa: R, L, C.

$$Y_{11} = \left. \frac{\dot{I}_1}{\dot{U}_1} \right|_{U_2=0} : \text{Dẫn nạp vào cửa 1 khi ngắn mạch cửa 2.}$$

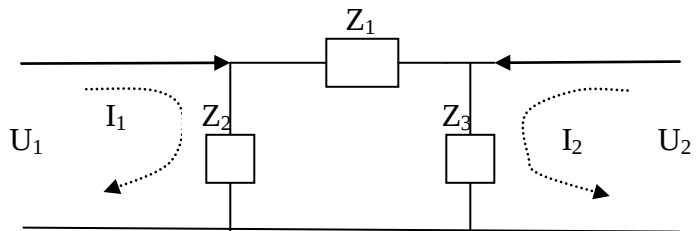
$$Y_{12} = \left. \frac{\dot{I}_1}{\dot{U}_2} \right|_{U_1=0} : \text{Dẫn nạp tương hỗ giữa cửa 1 đối với cửa 2 khi ngắn mạch cửa 1.}$$

$$Y_{21} = \left. \frac{\dot{I}_2}{\dot{U}_1} \right|_{U_2=0} : \text{Dẫn nạp tương hỗ giữa cửa 2 đối với cửa 1 khi ngắn mạch cửa 2.}$$

$$Y_{22} = \left. \frac{\dot{I}_2}{\dot{U}_2} \right|_{U_1=0} : \text{Dẫn nạp vào cửa 2 khi ngắn mạch cửa 1.}$$

Cách 1 : Áp dụng thế nút

$$\begin{cases} \dot{I}_1 = \left(\frac{1}{Z_1} + \frac{1}{Z_2}\right) \dot{U}_1 - \left(\frac{1}{Z_1}\right) \dot{U}_2 \\ \dot{I}_2 = -\left(\frac{1}{Z_2}\right) \dot{U}_1 + \left(\frac{1}{Z_1} + \frac{1}{Z_3}\right) \dot{U}_2 \end{cases}$$



– Suy ra giá trị cần tìm:

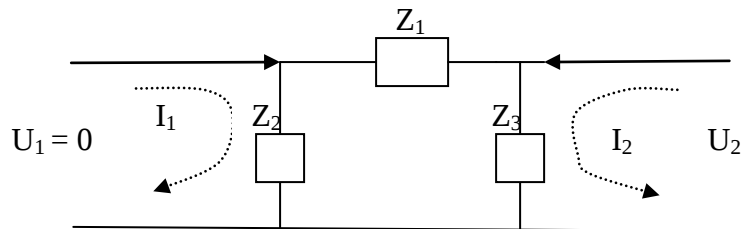
$$\begin{cases} Y_{11} = \left(\frac{1}{Z_1} + \frac{1}{Z_2}\right) \\ Y_{12} = -\left(\frac{1}{Z_2}\right) \end{cases} \quad \begin{cases} Y_{22} = \left(\frac{1}{Z_1} + \frac{1}{Z_3}\right) \\ Y_{21} = -\left(\frac{1}{Z_2}\right) \end{cases}$$

Cách 2 : Ngắn mạch từng cửa

– Ngắn mạch cửa 1: $U_1 = 0$

$$Y_{22} = \frac{\dot{I}_2}{\dot{U}_2} = \frac{1}{Z_{\text{td}}} = \frac{(Z_1 + Z_3)}{Z_1 Z_3}$$

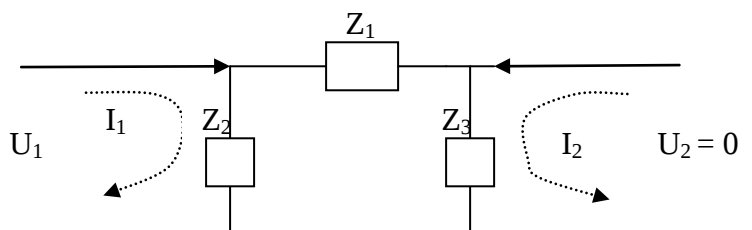
$$Y_{12} = \frac{\dot{I}_1}{\dot{U}_2} = \frac{\dot{I}_1}{Z_1 \dot{I}_1} = -\frac{1}{Z_1}$$



– Ngắn mạch cửa 2: $U_2 = 0$

$$Y_{11} = \frac{\dot{I}_1}{\dot{U}_1} = \frac{1}{Z_{\text{td}}} = \frac{(Z_1 + Z_2)}{Z_1 Z_2}$$

$$Y_{21} = \frac{\dot{I}_2}{\dot{U}_1} = \frac{\dot{I}_2}{Z_3 \dot{I}_2} = -\frac{1}{Z_3}$$



5.2.3. Hệ phương trình trạng thái dạng H (Hệ số khuếch đại)

– Biểu diễn $(\dot{U}_1, \dot{I}_2)$ theo $(\dot{I}_1, \dot{U}_2)$

$$\begin{cases} \dot{U}_1 = H_{11} \dot{I}_1 + H_{12} \dot{U}_2 \\ \dot{I}_2 = H_{21} \dot{I}_1 + H_{22} \dot{U}_2 \end{cases}$$

– Các thông số H_{ik} không phụ thuộc vào dòng áp mà chỉ phụ thuộc vào các phần tử ở bên trong trong mạng hai cửa: R, L, C.

$$H_{11} = \left. \frac{\dot{U}_1}{\dot{I}_1} \right|_{\dot{U}_2=0} : \text{Trở kháng vào vào cửa 1 khi ngắn mạch cửa 2.}$$

$$H_{12} = \left. \frac{\dot{U}_1}{\dot{U}_2} \right|_{\dot{I}_1=0} : \text{Hàm truyền đạt áp (hệ số khuếch đại) khi hở mạch cửa 1.}$$

$$H_{21} = \left. \frac{\dot{I}_2}{\dot{I}_1} \right|_{\dot{U}_2=0} : \text{Hàm truyền đạt dòng khi ngắn mạch cửa 2.}$$

$$H_{22} = \left. \frac{\dot{I}_2}{\dot{U}_2} \right|_{\dot{I}_1=0} : \text{Dẫn nạp vào cửa 2 khi hở mạch cửa 1.}$$

5.2.4. Hệ phương trình trạng thái dạng G

– Biểu diễn $(\dot{I}_1, \dot{U}_2)$ theo $(\dot{U}_1, \dot{I}_2)$

$$\begin{cases} \dot{I}_1 = G_{11} \dot{U}_1 + G_{12} \dot{I}_2 \\ \dot{U}_2 = G_{21} \dot{U}_1 + G_{22} \dot{I}_2 \end{cases}$$

5.2.5. Hệ phương trình trạng thái dạng A

Biểu diễn $(\dot{U}_1, \dot{I}_1)$ theo $(\dot{U}_2, -\dot{I}_2)$

$$\begin{cases} \dot{U}_1 = A_{11} \dot{U}_2 - A_{12} \dot{I}_2 \\ \dot{I}_1 = A_{21} \dot{U}_2 - A_{22} \dot{I}_2 \end{cases}$$

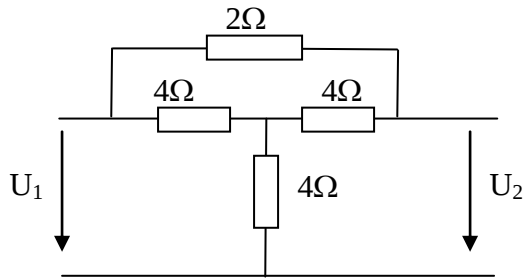
5.2.6. Hệ phương trình trạng thái dạng B

Biểu diễn $(\dot{U}_2, \dot{I}_2)$ theo $(\dot{U}_1, -\dot{I}_1)$:

$$\begin{cases} \dot{U}_2 = B_{11} \dot{U}_1 - B_{12} \dot{I}_1 \\ \dot{I}_2 = B_{21} \dot{U}_1 - B_{22} \dot{I}_1 \end{cases}$$

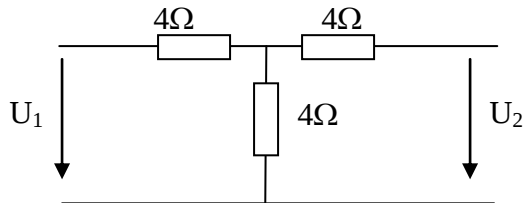
Ví dụ 1 : (SV tự giải)

Cho mạch điện. Tính thông số Z, H.



Ví dụ 2 : (SV tự giải)

Cho mạch điện. Tính thông số Z, H.



5.3. PHÂN LOẠI MẠNG HAI CỬA

5.3.1. Mạng hai cửa tương hỗ

Ma Trận	Z	Y	H	G	A	B
Điều kiện tương hỗ	$Z_{12} = Z_{21}$	$Y_{12} = Y_{21}$	$H_{12} = -H_{21}$	$G_{12} = -G_{21}$	$\Delta A = -1$	$\Delta B = 1$

$$\Delta A = A_{11} A_{22} - A_{12} A_{21} = -1$$

- Mạch có tính chất tương hỗ có ba thống số độc lập.

5.3.2. Mạng hai cửa đối xứng

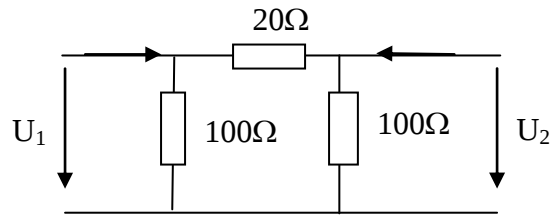
- Khi thay đổi chiều truyền đạt cửa 1 và cửa 2 thì tính chất và các phương trình không thay đổi.

Ma Trận	Z	Y	H	G	A	B
Điều kiện đối xứng	$Z_{11} = Z_{22}$	$Y_{11} = Y_{22}$	$\Delta H = 1$	$\Delta G = 1$	$A_{11} = A_{22}$	$B_{11} = B_{22}$

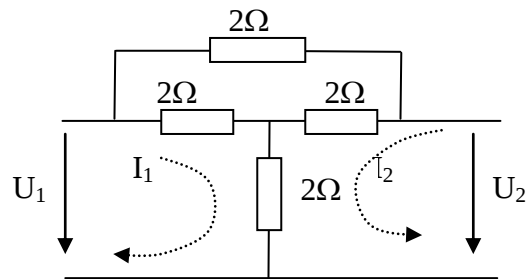
- Một mạng hai cửa đối xứng thì tương hỗ và có hai thông số độc lập.

BÀI TẬP CHƯƠNG 5

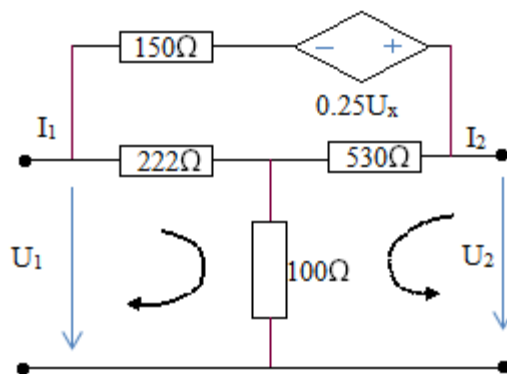
5.1 Cho mạch điện. Tính thông số Y.



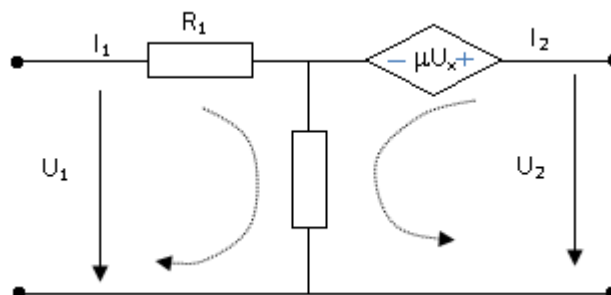
5.2 Cho mạch điện. Tính thông số Z, H, Y.



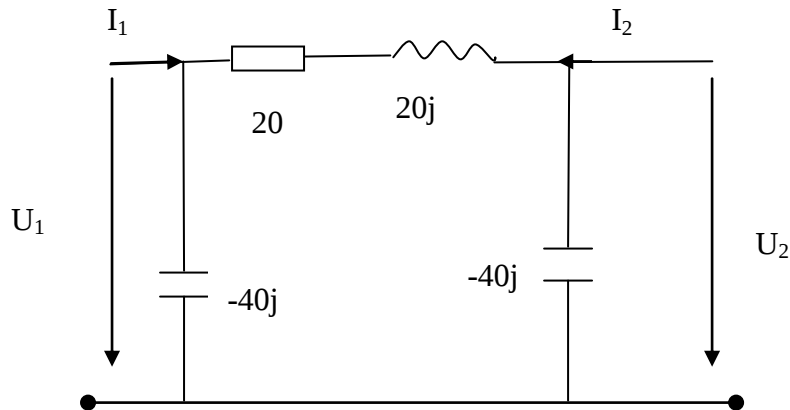
5.3 Cho mạch điện. Tính thông số Y.



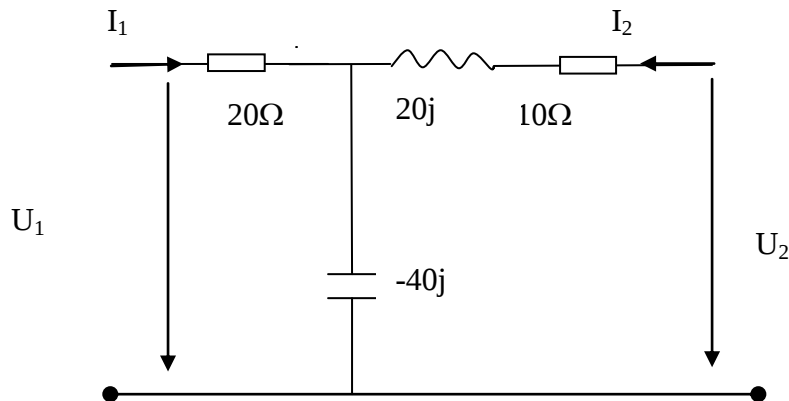
5.4 Cho mạch điện. Tính thông số Z, Y.



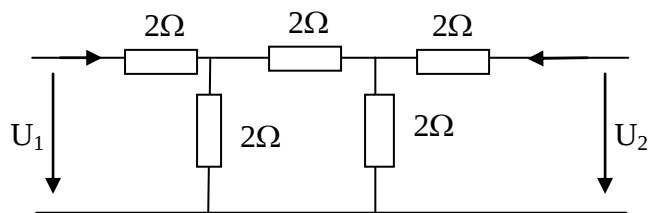
5.5 Cho mạch điện. Tính thông số A.



5.6 Cho mạch điện. Tính thông số A.



5.7 Cho mạch điện. Tính thông số Z, H.



5.8 Cho mạch điện. Tính thông số Z, H.

