**UBND TỈNH BẮC NINH**

**TRƯỜNG CAO ĐẲNG CÔNG NGHIỆP BẮC NINH**

# GIÁO TRÌNH

## MÔN HỌC: MẠCH ĐIỆN

## NGÀNH: KỸ THUẬT LẮP ĐẶT ĐIỆN VÀ ĐIỀU KHIỂN TRONG CÔNG NGHIỆP

## TRÌNH ĐỘ: CAO ĐẲNG

**Bắc Ninh, năm 2017**

# TUYÊN BỐ BẢN QUYỀN

Tài liệu này thuộc loại sách giáo trình nên các nguồn thông tin có thể được phép dùng nguyên bản hoặc trích dùng cho các mục đích về đào tạo và tham khảo.

Mọi mục đích khác mang tính lệch lạc hoặc sử dụng với mục đích kinh doanh thiếu lành mạnh sẽ bị nghiêm cấm.

# LỜI GIỚI THIỆU

Để thực hiện biên soạn giáo trình đào tạo ngành Kỹ thuật lắp đặt điện và điều khiển trong Công nghiệp ở trình độ Cao đẳng, giáo trình Mạch điện là một trong những giáo trình môn học đào tạo chuyên ngành được biên soạn theo nội dung chương trình khung do trường ban hành. Nội dung biên soạn ngắn gọn, dễ hiểu, tích hợp kiến thức và kỹ năng chặt chẽ với nhau, logíc.

Khi biên soạn, nhóm biên soạn đã cố gắng cập nhật những kiến thức mới có liên quan đến nội dung chương trình đào tạo và phù hợp với mục tiêu đào tạo, nội dung lý thuyết và thực hành được biên soạn gắn với nhu cầu thực tế trong sản xuất đồng thời có tính thực tiễn cao.

Nội dung giáo trình được biên soạn với dung lượng thời gian đào tạo 60 giờ gồm có:

Bài mở đầu:Khái quát chung về mạch điện

Chương 1: Các khái niệm cơ bản về mạch điện

Chương 2: Mạch điện một chiều

Chương 3: Dòng điện xoay chiều hình sin

Chương 4: Mạng ba pha

Trong quá trình sử dụng giáo trình, tuỳ theo yêu cầu cũng như khoa học và công nghệ phát triển có thể điều chỉnh thời gian và bổ sung những kiên thức mới cho phù hợp. Trong giáo trình, chúng tôi có đề ra nội dung thực tập của từng bài để người học cũng cố và áp dụng kiến thức phù hợp với kỹ năng. Tuy nhiên, tuy theo điều kiện cơ sở vật chất và trang thiết bị, các trường có thể sử dụng cho phù hợp. Mặc dù đã cố gắng tổ chức biên soạn để đáp ứng được mục tiêu đào tạo nhưng không tránh được những khiếm khuyết. Rất mong nhận được đóng góp ý kiến của các thầy, cô giáo, bạn đọc để nhóm biên soạn sẽ hiệu chỉnh hoàn thiện hơn. Các ý kiến đóng góp xin gửi về Trường Cao đẳng Công nghiệp Bắc Ninh.

*Bắc Ninh, ngày  tháng  năm 2017*

Tham gia biên soạn

1. Chủ biên Nguyễn Thị Sử

2. Nguyễn Thị Hiền

3. Lê Thị Hiền

# MỤC LỤC

**TUYÊN BỐ BẢN QUYỀN** ..... **2**
**LỜI GIỚI THIỆU** ..... **3**
**MỤC LỤC** ..... **4**
**GIÁO TRÌNH MÔN HỌC/MÔ ĐUN** ..... **6**
**CHƯƠNG 1: CÁC KHÁI NIỆM CƠ BẢN VỀ MẠCH ĐIỆN** ..... **7**
1. MẠCH ĐIỆN VÀ MÔ HÌNH ..... 8
1.1. Mạch điện và các phần tử của mạch điện ..... 8
1.2. Các hiện tượng điện từ ..... 8
1.3. Hiện tượng biến đổi năng lượng ..... 9
1.4. Hiện tượng tích phóng năng lượng ..... 10
1.5. Mô hình mạch điện ..... 10
2. CÁC KHÁI NIỆM CƠ BẢN TRONG MẠCH ĐIỆN ..... 13
2.1. Dòng điện và chiều quy ước của dòng điện ..... 13
2.2. Cường độ dòng điện ..... 14
2.3. Mật độ dòng điện ..... 14
3. CÁC PHÉP BIẾN ĐỔI TƯƠNG ĐƯƠNG ..... 14
3.1 Ghép nối tiếp các nguồn điện ( nguồn áp đấu nối tiếp). ..... 14
3.2 Ghép song song các nguồn điện ( Đấu song song ..... 15
3.3 Ghép hỗn hợp nguồn điện ..... 15
3.4. Điện trở ghép nối tiếp, song song ..... 15
3.5. Bài tập về phương pháp biến đổi tương tương mạch điện ..... 17
**CHƯƠNG 2** ..... **20**
**MẠCH ĐIỆN MỘT CHIỀU** ..... **20**
1. CÁC ĐỊNH LUẬT VÀ BIỂU THỨC CƠ BẢN TRONG MẠCH ĐIỆN MỘT CHIỀU ..... 20
1.1. Định luật Ôm ..... 20
1.2. Công suất và điện năng trong mạch điện một chiều ..... 21
1.3. Bài tập áp dụng định luật Ôm ..... 23
1.4. Định luật Joule- Lenxơ ..... 25
1.5. Định luật Faradây(Hiện tượng điện phân) ..... 26
1.6. Hiện tượng nhiệt điện ..... 27
2. CÁC PHƯƠNG PHÁP GIẢI MẠCH ĐIỆN MỘT CHIỀU ..... 28
2.1. Phương pháp biến đổi điện trở ..... 28
2.2. Phương pháp xếp chồng dòng điện ..... 33
2.3. Các phương pháp ứng dụng định luật KiêcKhôp ..... 36
**CHƯƠNG 3** ..... **50**
**DÒNG ĐIỆN XOAY CHIỀU HÌNH SIN** ..... **50**
1. KHÁI NIỆM VỀ DÒNG ĐIỆN XOAY CHIỀU ..... 50
1.1. Dòng điện xoay chiều ..... 50
1.2. Chu kỳ và tần số của dòng điện xoay chiều ..... 50
1.3. Dòng điện xoay chiều hình sin ..... 50
1.4. Các đại lượng đặc trưng ..... 51
1.5. Pha và sự lệch pha ..... 52
1.6. Biểu diễn lượng hình sin bằng đồ thị véc tơ ..... 53

2. GIẢI MẠCH ĐIỆN XOAY CHIỀU KHÔNG PHÂN NHÁNH ..... 55
2.1. Giải mạch R – L – C ..... 55
2.2. Giải mạch điện có nhiều phần tử mắc nối tiếp ..... 64
2.3. Cộng hưởng điện áp ..... 66
3. GIẢI MẠCH XOAY CHIỀU PHÂN NHÁNH ..... 67
3.1. Phương pháp đồ thị vectơ ..... 67
3.2. Phương pháp tổng dẫn ..... 69
3.3.Phương pháp biên độ phức ..... 72
3.4. Cộng hưởng dòng điện ..... 78
3.5. Phương pháp nâng cao hệ số công suất ..... 78
**CHƯƠNG 4 ..... 80**
**MẠNG BA PHA ..... 80**
1.KHÁI NIỆM CHUNG ..... 80
1.1. Hệ thống 3 pha cân bằng ..... 80
1.2. Đồ thị dạng sóng và đồ thị vectơ ..... 81
1.3. Đặc điểm và ý nghĩa ..... 81
2. SƠ ĐỒ ĐẤU DÂY TRONG MẠCH BA PHA CÂN BẰNG ..... 81
2.1 Các định nghĩa. ..... 81
2.2 Nối phụ tải hình Y. ..... 83
2.3. Đấu dây hình tam giác ..... 85
3. CÔNG SUẤT MẠNG 3 PHA CÂN BẰNG ..... 87
3.1 Công suất mạng 3 pha không đối xứng. ..... 87
3.2 Công suất mạch 3 pha đối xứng. ..... 88
4. PHƯƠNG PHÁP GIẢI MẠCH 3 PHA CÂN BẰNG ..... 88
4.1. Phương pháp giải: ..... 88
4.2. Bài tập áp dụng ..... 89
**4. TÀI LIỆU THAM KHẢO: ..... 92**

# GIÁO TRÌNH MÔN HỌC/MÔ ĐUN

**Tên môn học: MH08 Mạch điện**

**Mã môn học/mô đun:**

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

**I. Vị trí, tính chất của môn học:**

-Vị trí: Môn học mạch điện được bố trí học sau các môn học chung và học trước các môn học, mô đun chuyên môn.

- Tính chất: Là môn học bắt buộc.

**II. Mục tiêu môn học:**

- Về kiến thức:

+ Hiểu được các khái niệm về mạch điện.

+ Phát biểu được các định luật, định lý cơ bản trong mạch điện một chiều, xoay chiều, mạch ba pha.

- Về kỹ năng:

+ Tính toán được các thông số kỹ thuật trong mạch điện một chiều, xoay chiều, mạch ba pha ở trạng thái xác lập và quá độ.

+ Vận dụng được các phương pháp phân tích, biến đổi mạch để giải các bài toán về mạch điện hợp lý.

+ Vận dụng phù hợp các định lý các phép biến đổi tương đương để giải các mạch điện phức tạp.

+ Giải thích được một số ứng dụng đặc trưng theo quan điểm của kỹ thuật điện.

- Về năng lực tự chủ và trách nhiệm: Rèn luyện cho sinh viên thái độ nghiêm túc, tỉ mỉ, chính xác trong học tập và trong thực hiện công việc.

**III. Nội dung môn học:**

1. Nội dung tổng quát và phân bổ thời gian:

| SỐ TT | Tên chương, mục | Thời gian (giờ) | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | Tổng số | Lý thuyết | Thực hành, thí nghiệm, thảo luận, bài tập | Kiểm tra |
| 1 | **Bài mở đầu:Khái quát chung về mạch điện** | **2** | **2** | | |
| | 1. Tổng quát về mạch điện. | | 1 | | |
| | 2. Các mô hình toán trong mạch điện. | | 1 | | |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 2 | **Chương 1: Các khái niệm cơ bản về mạch điện** | **6** | **5** | **1** | |
| | 1. Mạch điện và mô hình. | | 2 | | |
| | 2. Các khái niệm cơ bản trong mạch điện. | | 1 | | |
| | 3. Các phép biến đổi tương đương | | 2 | 1 | |
| 3 | **Chương 2: Mạch điện một chiều** | **18** | **13** | **4** | **1** |
| | 1. Các định luật và biểu thức cơ bản trong mạch điện một chiều. | | 5 | 1 | |
| | 2. Các phương pháp giải mạch điện một chiều. | | 8 | 3 | |
| 4 | **Chương 3: Dòng điện xoay chiều hình sin** | **20** | **11** | **7** | **2** |
| | 1. Khái niệm về dòng điện xoay chiều. | | 3 | | |
| | 2. Giải mạch xoay chiều không phân nhánh. | | 3 | 3 | |
| | 3. Giải mạch xoay chiều phân nhánh. | | 5 | 4 | |
| 5 | **Chương 4: Mạng ba pha** | **14** | **9** | **4** | **1** |
| | 1. Khái niệm chung. | | 2 | | |
| | 2. Sơ đồ đấu dây trong mạng ba pha cân bằng. | | 3 | 1 | |
| | 3. Công suất mạng ba pha cân bằng. | | 2 | 1 | |
| | 4. Phương pháp giải mạng ba pha cân bằng. | | 2 | 2 | |
| | **Cộng** | **60** | **40** | **16** | **4** |

# CHƯƠNG 1

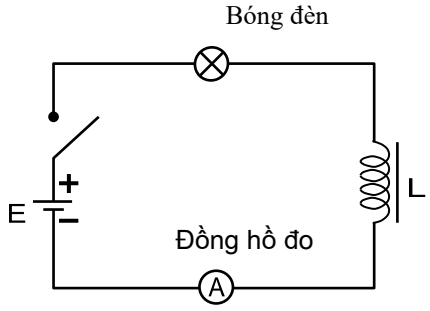
# CÁC KHÁI NIỆM CƠ BẢN VỀ MẠCH ĐIỆN

## 1. Mạch điện và mô hình

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

#### 1.1.1. Mạch điện

- Mạch điện là tập hợp các thiết bị để cho dòng điện chạy qua, mạch điện gồm 3 phần tử cơ bản là nguồn điện, vật tiêu thụ điện, dây dẫn và các thiết bị phụ như: thiết bị đóng cắt, đo lường, bảo vệ, tự động...




**Hình 1-1**

- Sơ đồ mạch điện (hình 1-1)

#### 1.1.2. Các phần tử của mạch điện

***a) Nguồn điện*:** Là các thiết bị để biến đổi các dạng năng lượng khác thành điện năng như pin; ắc quy; máy phát... Nguồn điện được biểu thị bằng 1 suất điện động ký hiệu là E, có chiều từ cực âm về cực dương nguồn và một điện trở trong $r_0$ (gọi là nội trở).

***b) Dây dẫn*:** Là vật dùng để dẫn dòng điện từ nguồn tới nơi tiêu thụ (và có điện trở ở dây dẫn gọi là điện trở đường dây ký hiệu là $R_d$).

***c) Vật tiêu thụ*:** Là những vật dùng để biến đổi điện năng thành các dạng năng lượng khác như: nhiệt năng (bếp điện, lò điện, hàn điện...); quang năng (đèn điện); cơ năng (động cơ điện...).

***d) Các thiết bị phụ trợ***

- Dùng để đóng cắt: cầu dao, máy cắt...

- Dùng để đo lường: ampe mét, vôn mét...

- Dùng để bảo vệ: cầu chì, rơ le...

### 1.2. Các hiện tượng điện từ

#### 1.2.1. Từ trường

- Xung quanh dây dẫn mang dòng điện có 1từ trường, mà biểu hiện của nó là tác dụng lực điện từ lên kim nam châm hay dây dẫn mang dòng điện khác.

- Các đại lượng đặc trưng của từ trường:

+ Cường độ từ cảm B

+ Từ thông $\Phi$

+ Cường độ từ trường: H

+ Hệ số từ thẩm: $\mu$, $\mu_0$

### 1.2.2. Lực điện từ

- Lực điện từ của từ trường tác dụng lên dây dẫn có dòng điện:

+ Dây dẫn đặt vuông góc với đường sức từ:

Trị số lực điện từ: $F = B.I.l$ (1.1)

Chiều xác định bằng quy tắc bàn tay trái

+ Dây dẫn đặt không vuông góc với đường sức mà lệch 1góc $\alpha \neq 90^0$ thì

$$F=B.I.l.\sin\alpha \quad (1.2)$$

- Lực tác dụng giữa 2 dây dẫn mang dòng điện gọi là lực điện động. Hai dây dẫn mang dòng điện cùng chiều sẽ hút nhau, mang dòng điện ngược chiều sẽ đẩy nhau.

## 1.3. Hiện tượng biến đổi năng lượng

* Nguồn điện là thiết bị để biến đổi các dạng năng lượng khác thành điện năng.

- Biến đổi hoá năng thành điện năng: pin, ắcquy.

- Biến đổi cơ năng thành điện năng: Máy phát điện

- Biến đổi nhiệt năng thành điện năng: cặp nhiệt điện.

- Biến đổi quang năng thành điện năng: pin quang điện…

* Phụ tải: là thiết bị tiêu thụ điện năng và biến đổi điện năng thành các dạng năng lượng khác.

- Biến đổi điện năng thành cơ năng: Nam châm điện, động cơ điện…

- Biến đổi điện năng thành nhiệt năng: Bếp điện, lò điện…

- Biến đổi điện năng thành quang năng: Bóng đèn điện…

* Dây dẫn: để truyền tải điện năng từ nguồn điện tới phụ tải.

* Các thiết bị khác:

- Đóng cắt mạch điện: cầu dao, áptômát…

- Đo các đại lượng của mạch điện: ampemet, vônmet…

- Bảo vệ mạch điện: cầu chì, rơle…

### 1.4. Hiện tượng tích phóng năng lượng

Trong mạch điện 1 nhánh, một phần tử có thể nhận năng lượng ( tích năng lượng) hoặc phóng năng lượng (phát năng lượng). ở một thời điểm nào đó nếu:

$P = u.i > 0$ nhánh tích năng lượng (nhận năng lượng)

$P = u.i < 0$ nhánh phóng năng lượng

### 1.5. Mô hình mạch điện

#### 1.5.1. Khái niệm về mô hình mạch điện

- Khi tính toán người ta thường thay mạch điện thực bằng một sơ đồ gọi là mô hình mạch điện. Trong đó các phần tử thực được thay thế bằng các phần tử lý tưởng E, J, R, L, C
- Yêu cầu về mô hình mạch điện: mô hình mạch điện phải đảm bảo kết cấu hình học và quá trình năng lượng giống như mạch điện thực.
- Một mạch điện thực tế có thể có nhiều mô hình mạch điện, điều đó là tuỳ thuộc vào mục đích nghiên cứu và điều kiện làm việc của mạch điện.
- Các phần chính của mô hình mạch điện:

+ Nguồn điện áp u(t)

+ Nguồn dòng điện j(t)

+ Điện trở R

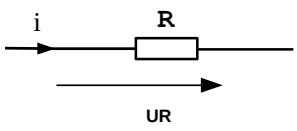
+ Điện cảm L

+ Điện dung C

#### 1.5.2. Phần tử điện trở R

- Điện trở R đặc trưng cho một vật dẫn về mặt cản trở dòng điện chạy qua. Về hiện tượng năng lượng, điện trở R đặc trưng cho tiêu tán, biến đổi điện năng tiêu thụ thành các dạng năng lượng khác như nhiệt năng, quang năng,...
- Khi cho dòng điện i qua điện trở R gây ra điện áp rơi trên điện trở $u_R$. Theo định luật ôm quan hệ giữa i và $u_R$ là :

$$u_R = Ri$$




- Công suất tiêu thụ trên điện trở: $P=u_Ri=Ri^2$

Như vậy điện trở R đặc trưng cho công suất tiêu hao trên điện trở. Đơn vị điện trở là $\Omega$(ôm).

- Ngoài ra còn dùng khái niệm điện dẫn $g = \frac{1}{R}$. Đơn vị của điện dẫn là S(simen).

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

$$A = \int_0^t pdt = \int_0^t Ri^2 dt = Ri^2 t$$

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

*** Ý nghĩa của điện trở và điện dẫn:**

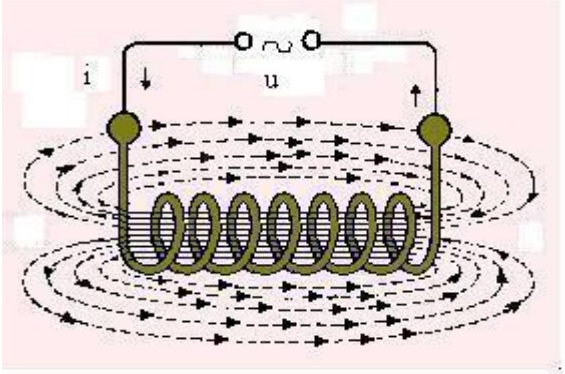
**+ Về mặt vật lý:** Từ công thức (1.1) khi i = 1(A) thì u = R(V). Vậy R nói lên độ

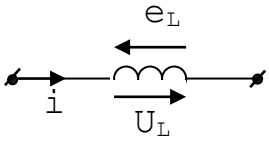
lớn bé của áp trên nhánh thuần trở dưới tác dụng của nguồn dòng kích thích chuẩn 1(A).Khi u = 1(V) thì i = g(A), vậy g nói lên độ lớn của dòng điện qua nhánh dưới tác dụng của nguồn áp kích thích u = 1(V).

**+ Về mặt năng lượng:** ta có p = u i = $Ri^2$ = $gu^2$ Vậy R nói lên mức độ công suất tiêu tán trong nhánh dưới tác dụng của nguồn dòng chuẩn 1(A). Còn g nói lên mức độ tiêu tán công suất trong nhánh dưới tác dụng kích thích điện áp chuẩn 1(V).

### 1.5.3. Phần tử điện cảm

- Khi có dòng điện i chạy qua cuộn dây có w vòng sẽ sinh ra từ thông móc vòng qua cuộn dây: $\Psi = w\Phi$




- Điện cảm của cuộn dây được định nghĩa

$$L = \frac{\Psi}{i} = \frac{w\Phi}{i}$$

- Đơn vị của điện cảm là H(Henri)

Nếu có dòng điện i biến thiên thì từ thông cũng biến thiên và theo định

luật cảm ứng điện từ trong cuộn dây xuất hiện sức điện động tự cảm

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

Điện áp rơi trên cuộn dây

$$u_L = -e_L = L\frac{di}{dt}$$

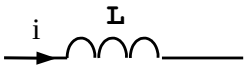
Công suất trên cuộn dây

$$p_L = u_L i = Li\frac{di}{dt}$$

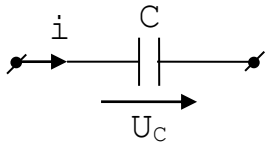
Năng lượng tích lũy trong cuộn dây

$$W_M = \int_0^t P_L dt = \int_0^i Lidi = \frac{Li^2}{2}$$

- Như vậy điện cảm L đặc trưng cho hiện tượng tích lũy lăng lượng từ trường của cuộn dây.

- Ký hiệu. L 


### 1.5.4. Phần tử điện dung C




- Khi đặt điện áp của $u_c$ lên tụ điện có điện dung C thì tụ sẽ được nạp điện với điện tích q

$$q = Cu_c$$

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

$$i = \frac{dq}{dt} = C\frac{du_c}{dt}$$

- Từ đó suy ra ` $u_c = \frac{1}{C}\int_0^t idt$

- Công suất trên tụ điện $p_c = u_c i = Cu_c\frac{du_c}{dt}$

- Năng lượng tích lũy trong tụ điện

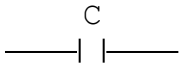
$$W_E = \int_o^t p_c dt = \int_0^u Cu_c du_c = \frac{Cu_c^2}{2}$$

- Như vậy điện dung C đặc trưng cho hiện tượng tích lũy năng lượng điện trường trong tụ diện. Đơn vị của điện dung là F(Fara).

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

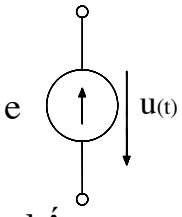
$nF (1nF = 10^{-9} F)$

$pF (1pF = 10^{-12} F)$

- Ký hiệu: C 


### 1.5.5. Phần tử nguồn

**a. Nguồn điện áp u(t)**

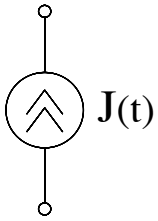



- Nguồn điện áp đặc trưng cho khả năng tạo lên và duy chì một điện áp trên hai cực của nguồn. Chiều điện áp được quy định từ điểm có hiệu điện thế cao xuống điểm có hiệu điện thế thấp. Chiều sức điện động được quy định từ điểm có điện thế thấp đến điểm có điện thế cao.

- Quan hệ giữa sức điện động và hai đầu cực.

u(t)= e(t), hoặc : U = E

**b. Nguồn dòng điện j(t)**

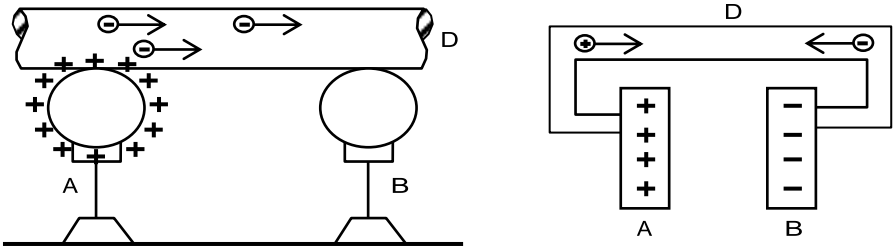



Nguồn dòng đặc trưng cho khả năng của nguồn điện tạo nên và duy chì một dòng điện cung cấp cho mạch ngoài.

## 2. Các khái niệm cơ bản trong mạch điện

### 2.1. Dòng điện và chiều quy ước của dòng điện

#### 2.1.1. Khái niệm về dòng điện

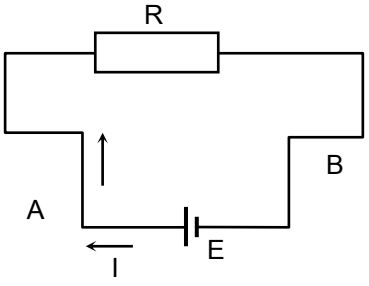



***Hình 2-1***

Khi ta nối vật A tích điện với vật B không tích điện bằng vật dẫn D thì các điện tích sẽ chuyển dời từ A qua D sang B tạo thành dòng điện.

** Định nghĩa:* Dòng điện tích chuyển dời có hướng dưới tác dụng của lực điện trường gọi là dòng điện.

#### 2.1.2. Chiều quy ước của dòng điện




***Hình 2-2***

Theo quy ước chiều dòng điện là chiều chuyển động của các điện tích dương. Như vậy, trong vật dẫn dòng điện sẽ đi từ nơi có điện thế cao (A) đến nơi có

điện thế thấp (B) {hình 2.2}. Ngược lại, trong nguồn điện dòng điện đi từ cực có điện thế thấp đến cực có điện thế cao {hình 2.2}.

### 2.2. Cường độ dòng điện

Để đặc trưng cho độ mạnh yếu của dòng điện, người ta dùng đại lượng gọi là cường độ dòng điện.

** Định nghĩa:* Cường độ dòng điện là lượng điện tích qua tiết diện của dây dẫn trong một đơn vị thời gian (tính bằng giây).

Biểu thức: $I = \frac{q}{t}(A)$

*Trong đó:* I: là cường độ dòng điện, đơn vị Ampe (A).

q: là điện tích, đơn vị là Cu lông (C).

t: là thời gian, đơn vị giây (s).

Nếu q = 1c; t = 1s thì I = 1A

Vậy Ampe là cường độ của dòng điện mà mỗi giây có điện tích 1 culông qua tiết diện dây dẫn. Bội số của ampe là kilô ampe (KA); ước số của ampe là miliampe (mA) và micrô ampe (μA).

$1KA = 1000A = 10^3A$

$1mA = 0,001A = 10^{-3}A$

$1\mu A = 0,000001A = 10^{-6}A = 10^{-3}mA$

### 2.3. Mật độ dòng điện

** Định nghĩa:* Mật độ dòng điện là đại lượng đo bằng tỷ số giữa dòng điện qua dây dẫn và tiết diện dây: $\delta = \frac{I}{s}$ ($A/mm^2$)

*Trong đó:* δ (đen-ta): Là mật độ dòng điện.

I: Là cường độ dòng điện.

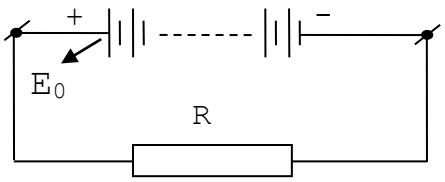
s: Là tiết diện dây.

Trong thực hành, I tính ra A; S tính ra $mm^2$, nên đơn vị của mật độ dòng điện là $A/mm^2$.

## 3. Các phép biến đổi tương đương

### 3.1 Ghép nối tiếp các nguồn điện ( nguồn áp đấu nối tiếp).

- Đấu nối tiếp các nguồn điện là cách đấu cực âm của phần tử thứ nhất nối với cực dương của phần tử thứ 2… Cực dương của phần tử thứ nhất và cực âm của phần tử cuối cùng là 2 cực của bộ nguồn.



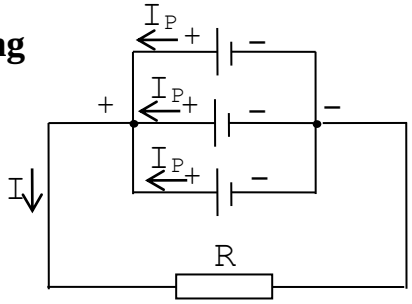

*Hình 3.1*

- Sức điện động chung của cả bộ $E = n.E_0$

- Điện trở trong của cả bộ $r = n.r_0$ với $E_0$ là Sđđ của 1 phần tử, $r_0$ là điện trở trong của 1 phần tử.

Cách đấu này được dùng khi điện áp yêu cầu lớn hơn Sđđ từng phần tử.

### 3.2 Ghép song song các nguồn điện ( Đấu song song các nguồn điện )




*Hình 3.2*

- Đấu song song là các đấu cực dương các phần tử với nhau, cực âm với nhau làm thành 2 cực dương và âm của bộ. Sđđ của cả bộ là:

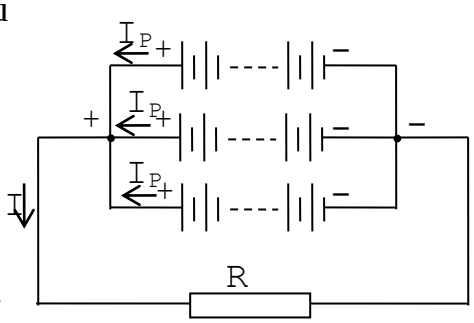
$$E = E_0$$

- Điện trở trong của bộ nguồn: $r = \frac{r_0}{n}$

- Dòng điện của bộ nguồn: $I = n.I_P$

Cách đấu này được dùng khi dòng điện yêu cầu lớn hơn $I_P$ của mỗi phần tử.

### 3.3 Ghép hỗn hợp nguồn điện




*Hình*

- Là cách đấu vừa nối tiếp, vừa song song các phần tử để đạt được dòng điện và điện áp yêu cầu.

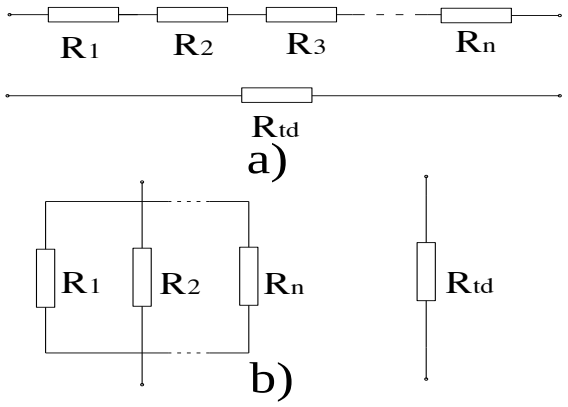
- Số phần tử nối tiếp n cần đảm bảo sđđ cả bộ bằng hoặc lớn hơn điện áp yêu cầu.

- Số nhánh song song m cần đảm bảo dòng điện phóng cả bộ bằng hoặc lớn hơn dòng điện yêu cầu.

### 3.4. Điện trở ghép nối tiếp, song song

#### 3.4.1. Điện trở ghép nối tiếp

- Ghép nối tiếp là cách ghép sao cho các điện trở có cùng 1 dòng điện đi qua.




- Giả sử có $R_1$, $R_2$, $R_3$, $R_n$ được ghép nối tiếp như hình vẽ a. Khi đó điện trở tương đương $R_{tđ}$ của các điện trở $R_1$, $R_2$, $R_3$, ....$R_n$ là: $R_{tđ} = R_1 + R_2 + R_3 + ...+ R_n$

### 4.1.2. Điện trở ghép song song

- Đấu song song điện trở là cách đấu sao cho tất cả các điện trở đều đặt vào cùng 1 điện áp.

- Giả sử có $R_1$, $R_2$, $R_3$, $R_n$ được ghép song song như hình vẽ b. Khi đó điện trở tương đương $R_{tđ}$ của các điện trở $R_1$, $R_2$, $R_3$, ....$R_n$ là:

$$\frac{1}{R_{td}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + ... + \frac{1}{R_n}$$

- Các trường hợp riêng:

+ Trường hợp có 2 điện trở đấu song song thì ta tính như sau:

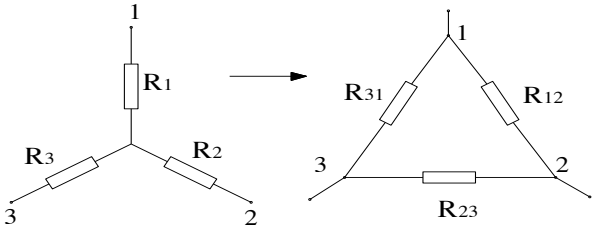
$$\frac{1}{R_{1.2}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \Rightarrow R_{tđ} = \frac{R_1.R_2}{R_1 + R_2}$$

+ Trường hợp có 3 điện trở đấu song song thì ta tính như sau:

$$\frac{1}{R_{1.2}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \Rightarrow R_{td} = \frac{R_1.R_2.R_3}{R_1.R_2 + R_2.R_3 + R_3.R_1}$$

### 3.4. 3 Biến đổi Y - Δ, Δ - Y

- Khái niệm về đấu hình sao và hình tam giác




+ Đấu hình sao là cách đấu 3 điện trở có

cùng một đầu chung, 3 đầu còn lại đấu đến các điểm khác.

+ Đấu hình tam giác là cách đấu 3 điện trở thành một tam giác kín, mỗi cạnh tam giác là một điện trở, mỗi đỉnh của tam giác là một nút của mạch điện nối tới nhánh khác

*** Biến đổi mạch sao thành mạch tam giác:**

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

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

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

*( Quy tắc nhớ : Điện trở của nhánh hình tam giác tương đương bằng tổng của hai điện trở hình sao nối với nó cộng với tích của chúng chia cho điện trở thứ ba)*

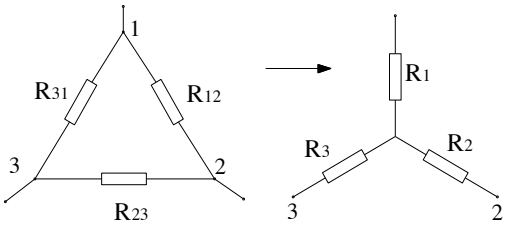
Khi hình sao đối xứng: $R_1 = R_2 = R_3 = R$ thì ta có: $R_{12} = R_{23} = R_{31} = 3R$

**- Biến đổi mạch tam giác thành mạch sao:**

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

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

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



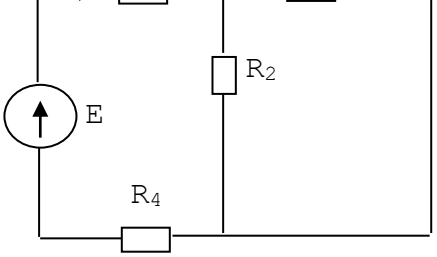

( *Quy tắc nhớ : Điện trở của nhánh hình sao tương đương bằng tích hai điện trở tam giác kẹp nó chia cho tổng ba điện trở tam giác*).

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

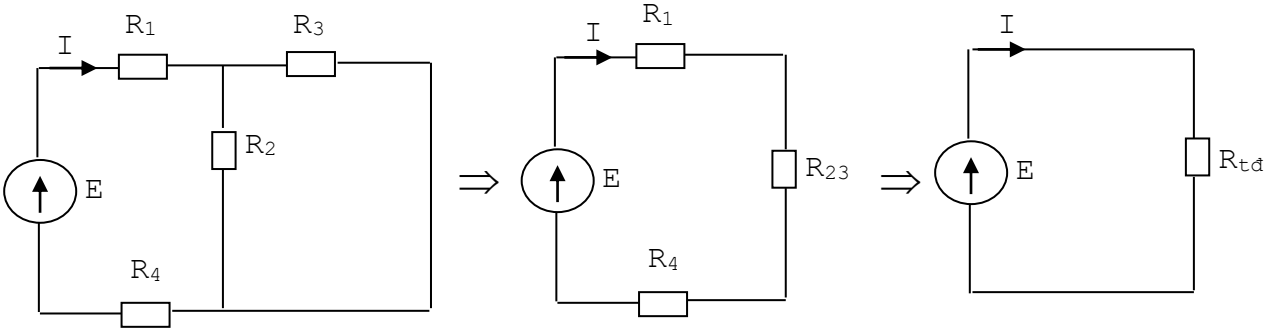
### 3.5. Bài tập về phương pháp biến đổi tương tương mạch điện

**Bài tập 1:**

Hãy biến đổi mạch điện sau trở thành mạch tương đương và viết biểu thức điện trở tương đương $R_{tđ}$

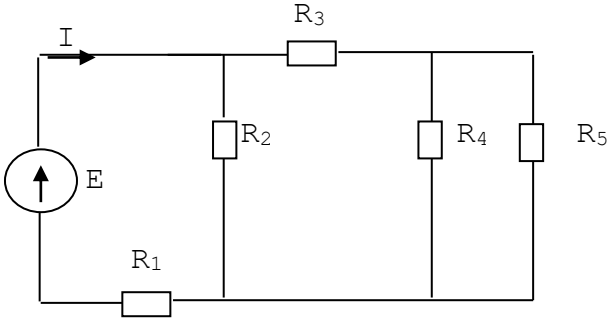



Giải:

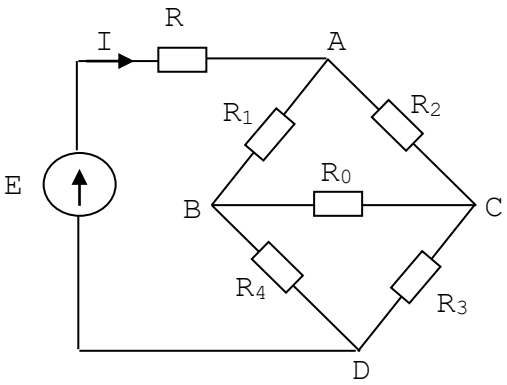


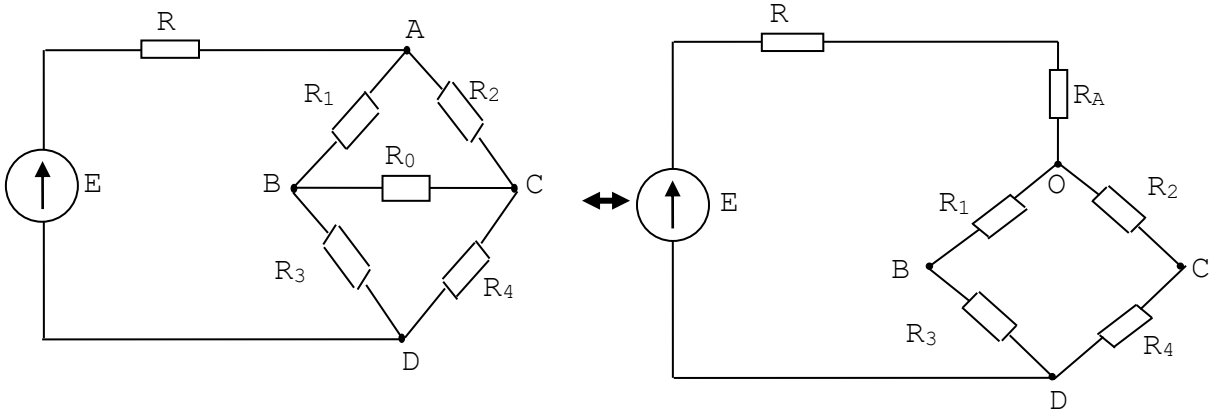

Với : $R_{23} = \frac{R_2.R_3}{R_2 + R_3}$ , $R_{tđ} = R_1 + R_{23} + R_4$

**Bài tập 2**: Biến đổi mạch sau trở thành mạch tương đương




**Bài tập 3**: Biến đổi mạch sau trở thành mạch tương đương




Với: $R_A = \frac{R_1.R_2}{R_1 + R_2 + R_0}$

$$R_B = \frac{R_1.R_0}{R_1 + R_2 + R_0}$$

$$R_C = \frac{R_0.R_2}{R_1 + R_2 + R_0}$$

Điện trở tương đương $R_{OD}$ của đoạn mạch OD gồm 2 nhánh song song.

$$R_{OD} = \frac{(R_B + R_3).(R_C + R_4)}{R_B + R_3 + R_C + R_4}$$

Điện trở tương đương toàn mạch:

$$R_{tđ} = R_n + R_A + R_{OD}$$

# CHƯƠNG 2

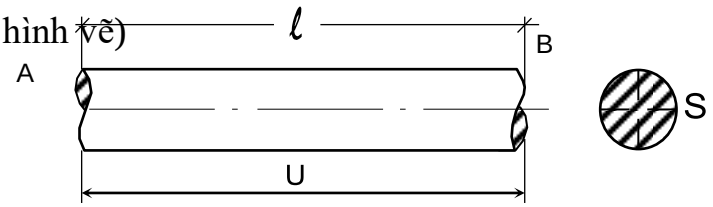
# MẠCH ĐIỆN MỘT CHIỀU

## 1. Các định luật và biểu thức cơ bản trong mạch điện một chiều

### 1.1. Định luật Ôm

#### 1.1.1. Định luật Ôm áp dụng cho một đoạn mạch

Ta xét một đoạn mạch AB có điện áp U, chiều dài l, tiết diện S và có dòng điện I chạy qua (như hình vẽ)



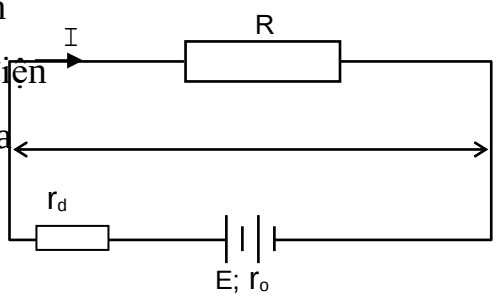

***Hình 2-1***

*Định luật Ôm:* Dòng điện trong mạch tỉ lệ thuận với điện áp 2 đầu đoạn mạch và tỉ lệ nghịch với điện trở của đoạn mạch.

Biểu thức tính: $I = \frac{U}{R}(A)$.

#### 1.1.2. Định luật Ôm áp dụng cho toàn mạch

Giả sử có một đoạn mạch không phân nhánh như hình vẽ 2.6, trong đó: Nguồn điện có sđđ E, điện trở trong $r_0$, cung cấp cho phụ tải có điện trở R, qua một đường dây có điện trở $r_d$, dòng điện chạy qua mạch là I




***Hình 2-2***

U là điện áp mạch ngoài: $U = I.R$

$U_0$ là điện áp rơi trong nguồn: $U_0 = I.r_0$

$U_d$ là điện áp rơi trên đường dây: $U_d = I.r_d$

Vậy: $E = U + U_0 + U_d$

$$E = IR + Ir_0 + I R_d \quad \Rightarrow I = \frac{E}{R + r_0 + r_d}$$

*Định luật ôm:* Dòng điện chạy trong mạch tỉ lệ với suất điện động của nguồn và tỉ lệ nghịch với điện trở toàn mạch.

### 1.1.3. Tổn thất điện áp trên đường dây

- Định nghĩa: Điện áp đặt vào điện trở đường dây gọi là độ sụt áp hay tổn thất điện áp trên đường dây

- Ký hiệu: $\Delta U$

$$\Delta U = I.\ r_d$$

- Ý nghĩa: $\Delta U = U_1 - U_2 \Rightarrow U_2 = U_1 - \Delta U$

Với $U_1$ - Điện áp đầu đường dây (đầu nguồn)

$U_2$ - Điện áp cuối đường dây (điện áp đặt vào tải)

Từ biểu thức trên ta thấy: nếu điện áp của nguồn không đổi thì trị số tổn thất điện áp sẽ quyết định trị số của điện áp đặt vào tải

Nếu $\Delta U$ càng lớn thì $U_2$ càng giảm, điện áp $U_2$ quá nhỏ thì các thiết bị sẽ không thể hoạt được(đèn mờ, động cơ quay chậm). Vì vậy để đảm bảo cho các thiết bị hoạt động tốt, người ta quy định tổn thất điện áp không được vượt quá giới hạn cho phép, gọi là tổn thất điện áp cho phép: $\Delta U = \pm 5\%$ (đối với hộ công nghiệp)

$$\Delta U = \pm (5 \div 10\%) \text{ (đối với hộ nông nghiệp)}$$

Khi tính toán lắp đặt điện người ta phải tính toán dây dẫn đảm bảo điều kiện này

## 1.2. Công suất và điện năng trong mạch điện một chiều

### 1.2.1. Công suất của dòng điện và nguồn điện

***a) Công của dòng điện***

Công của dòng điện là công của lực dịch chuyển các điện tích trong mạch.

$$A = q.U = UI.t \ \ (J)$$

Vậy, công của dòng điện sản ra trên 1 đoạn mạch tỉ lệ với điện áp 2 đầu đoạn mạch và dòng điện qua mạch, thời gian dòng điện duy trì.

***b) Công suất của dòng điện***

Ta biết, công suất là công trong một đơn vị thời gian là: $P = \frac{A}{t} = \frac{UIt}{t} = U.I\ (W)$

Vậy, công suất của dòng điện trên một đoạn mạch tỉ lệ với điện áp 2 đầu đoạn mạch và dòng điện qua mạch. $1W = \frac{1J}{1s} = 1V.1A$

Bội số của oát là KW (kilô oát), MW (mêga oát); đôi khi còn dùng héctô oát (HW)

$1hW = 100W$

$1KW = 1000W = 10^3W$

$1MW = 1000KW = 10^6W$

Từ biểu thức: $P = \frac{A}{t} \Rightarrow A = P.t$

Do vậy, trong ngành kỹ thuật điện người ta dùng đơn vị Wh; KWh; MWh (oát giờ;
ki lô oát giờ...).

Vậy, oát giờ là công do dòng điện sản ra trên một đoạn mạch có công suất 1W trong thời gian một giờ.

$1Wh = 1W. 3600s = 3600J = 3,6KJ$

$1KWh = 1000Wh = 3600\ KJ$

***c) Công của nguồn điện***

Công của nguồn điện là số đo năng lượng chuyển hoá các dạng năng lượng khác thành điện.

Từ định nghĩa về suất điện động của nguồn (công thức tính E), công của nguồn tính theo biểu thức: $A_{ng} = E.q = EIt$.

***d) Công suất của nguồn điện***

$$P_f = \frac{A_{ng}}{t} = E.I$$

Vậy, công suất của nguồn điện bằng tích của suất điện động nguồn với dòng điện.

Từ định luật Ôm cho toàn mạch, nhân cả 2 vế của biểu thức:

$$E = U + U_d + U_o$$

Với dòng điện I ta có: $EI = UI + U_dI + U_oI$

Hay: $P_f = P + P_d + P_o = \Sigma P$

Nghĩa là, trong mạch điện, công suất của nguồn phát ra bằng tổng công suất của dòng điện (công suất tiêu thụ) trên toàn mạch.

Định luật bảo toàn và biến hoá năng lượng áp dụng cho mạch điện. Trong 1 mạch điện, tổng công suất phát của các nguồn bằng tổng công suất tiêu thụ trên các phụ tải và công suất tổn hao trong mạch.

$$\Sigma P_f = \Sigma P + \Delta P_\Sigma$$

*Trong đó:* $\Sigma P_f$ là tổng công suất của các nguồn.

$\Sigma P$ là tổng công suất các phụ tải.

$\Delta P_\Sigma$ là tổng công suất tổn hao trong các nguồn và trên đường dây.

***e) Quan hệ giữa công, công suất và điện trở trên 1 đoạn mạch***

+ Xét một đoạn mạch có điện trở R, điện áp U và dòng điện I, 3 đại lượng này quan hệ với nhau bằng định luật ôm. Công suất của dòng điện trên đoạn mạch là:

$$P = UI = U.\frac{U}{R} = \frac{U^2}{R}$$

Vậy, công suất của dòng điện trên 1 điện trở tỉ lệ với bình phương điện áp đặt vào điện trở hoặc $P = UI = (I.R)I = I^2 R$

Công suất của dòng điện trên 1 điện trở tỉ lệ với bình phương dòng điện qua điện trở

### 1.2.2. Điện năng trong mạch điện một chiều

Ta có các biểu thức tính điện năng: $A = P.t = I^2.R.t$ (Wh)

$$A = P.t = \frac{U^2}{R}t \quad (Wh)$$

## 1.3. Bài tập áp dụng định luật Ôm

**<u>Bài tập 1</u>:** Một bếp điện điện trở 24 Ω, đặt vào mạch điện có dòng điện 5A qua bếp. Tìm điện áp đặt vào bếp. Giả sử cần giảm dòng điện đI 5 lần thì điện trở bếp phải tăng lên bao nhiêu nếu điện áp đặt vào là không đổi? Tính công suất bếp cả hai trường hợp trên.

*Giải:*

- Điện áp đặt vào bếp:

Áp dụng định luật Ôm ta có: $I = \frac{U}{R} \Rightarrow U = I.R = 5.24 = 120(V)$

- Khi dòng điện giảm 5 lần, tức là I' = $\frac{I}{5}=\frac{5}{5}=1(A)$

Điện trở của bếp lúc này là R', ta có I' = $\frac{U}{R'} \Rightarrow$ R' = $\frac{U}{I'}=\frac{120}{1}=120(\Omega)$

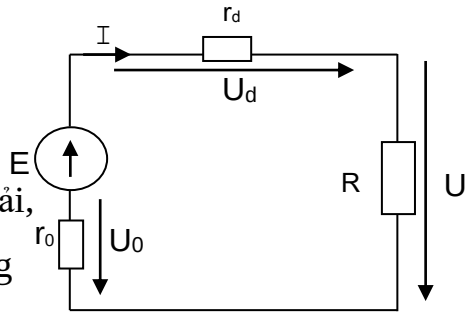
Vậy khi giảm dòng điện đi 5 lần thì điện trở bếp tăng lên 5 lần (120 = 5. 24)

- Công suất của bếp cả 2 trường hợp trên:

Trường hợp 1: P = U. I = 120. 5 = 600(W)

Trường hợp 2: P = U. I' = 120. 1 = 120(W)

**<u>Bài tập 2</u>:**




Cho mạch điện như hình vẽ :

Có: E = 231V, $r_0$ = 0,1 Ω, r = 22 Ω, $r_d$ = 1 Ω

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

*Giải :*

- Dòng điện chạy qua mạch.

Áp dụng định luật Ôm cho toàn mạch , ta có :

I = $\frac{E}{r_0+r_d+r}=\frac{231}{0{,}1+1+22}=10(A)$

- Điện áp đặt vào phụ tải : U = I.r = 10. 22 = 220(V)
- Điện áp đặt trên đường dây : $U_d$ = I. $r_d$ = 10.1 = 10 (V)
- Điện áp đặt vào đầu đường dây: $U_1$ = U + $U_d$ = 220 + 10 = 230 (V)
- Tổn thất điện áp trên đường dây: ΔU = $\frac{U_d.100\%}{U_1}=\frac{10.100\%}{230}=4{,}35\%$

**<u>Bài tập 3:</u>**

Một bóng đèn có ghi 220V, 100W

1. Giải thích ký hiệu đó
2. Tính điện trở của của bóng đèn (ở trạng thái làm việc)
3. Nếu bóng đó đặt vào điện áp U' = 110 V thì công suất bóng tiêu thụ là bao nhiêu?

(Giả thiết điện trở của đèn là không đổi)

*Giải:*

1. Bóng đèn ghi 220V, 100W có nghĩa là: Điện áp định mức $U_{đm}$ = 220V

Công suất định mức $P_{đm}$ = 100W

Nếu điện áp làm việc ứng với 220V thì đèn làm việc bình thường, đảm bảo các tính năng kỹ thuật theo quy định của nhà chế tạo và khi đó công suất tiêu thụ là 100W.

2. Điện trở của đèn ở trạng thái làm việc:

$$P_{đm} = \frac{U_{dm}^2}{R} \Rightarrow R = \frac{U^2_{dm}}{P_{dm}} = \frac{220^2}{100} = 484(\Omega)$$

3. Gọi công suất đèn tiêu thụ với điện áp U' là P'

$$P' = \frac{U'^2_{dm}}{R} = \frac{U'^2_{dm}}{R} = \frac{110^2}{484} = 25(W)$$

**Bài tập 4:** Bộ ắc quy có điện trở trong $r_0$ = 0,2 Ω, suất điện động E = 12V, cung cấp cho điện trở R, qua đường dây điện trở 0,8 Ω. Dòng điện qua là 2 A. Tính điện trở R, điện áp đặt vào điện trở R, điện áp đầu đường dây, tổn thất điện áp trên đường dây?

**Bài tập 5**: Bếp điện mắc vào điện áp 120V, có dòng điện 3A qua trong 20 phút. Xác định công suet và điện năng bếp tiêu thụ.

### 1.4. Định luật Joule- Lenxơ

#### 1.4.1. Định luật

Định luật này do hai nhà bác học là Jun(người Anh) và Lenxơ(người Pháp) nên được gọi là định luật Joule- Lenxơ

Dòng điện tích chuyển động trong vật dẫn làm va chạm với các phân tử vật dẫn, truyền bớt năng lượng cho các phân tử, làm tăng mức chuyển động nhiệt trong vật dẫn. Như vậy, dòng điện qua vật dẫn sẽ làm nóng vật dẫn, tức điện năng đã chuyển hoá thành nhiệt.

Gọi điện trở của vật dẫn là r, công của dòng điện xác định theo công thức A = Pt = $I^2$rt (Jun). Biết rằng lượng nhiệt của công là 0,24 Calo với mỗi jun, nên nhiệt lượng do công A chuyển hoá là:

$$Q = 0,24A = 0,24\ I^2rt\ (Calo)$$

***Định luật:*** Nhiệt lượng do dòng điện toả ra trên một điện trở tỷ lệ với bình phương cường độ dòng điện, với trị số điện trở và thời gian dòng điện chạy qua.

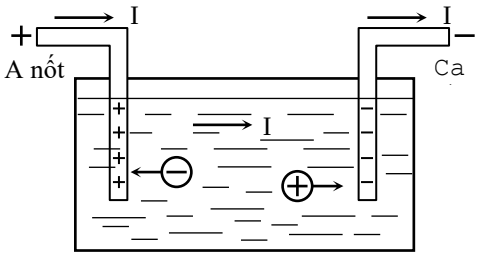
### 1.4.2. Ứng dụng

Định luật Joule- Lenxơ được ứng dụng rất rộng rãi để làm các dụng cụ đốt nóng bằng dòng điện, như đèn điện có sợi nung, bếp điện, bàn là điện, lò sấy, lò luyện bằng điện trở, mỏ hàn điện,… Nguyên tắc cơ bản của các dụng cụ này là ding một phần tử đốt nóng để cho dòng điện chạy qua. Nhiệt lượng toả ra ở phần tử đốt nóng sẽ gia nhiệt các bộ phận chính của dụng cụ hoặc sẽ phát sáng (ở đèn điện).

## 1.5. Định luật Faradây(Hiện tượng điện phân)

### 1.5.1.Bản chất của dòng điện trong dung dịch điện phân

Thực nghiệm chứng tỏ rằng, các dung dịch điện phân là vật dẫn tốt. Nhúng vào dung dịch điện phân 2 thanh kim loại làm điện cực rồi nối tới nguồn điện, ta thấy có dòng điện qua mạch (hình 2-8). Cực nối tới cực dương nguồn gọi là anốt, cực nối tới cực âm nguồn gọi là katốt.




***Hình 2-3***

Ta biết trong dung dịch điện phân các phân tử như muối, axít, bazơ kiềm đều bị phân tích thành các phần tử mang điện gọi là ion. Đó là hiện tượng điện ly.

*Ví dụ:* Muối ăn tan trong nước sẽ điện ly theo phương trình sau:

$$NaCl \rightleftharpoons Na^+ + Cl^-$$

Các Ion dương (như $Na^+$) gọi là cation, các Ion âm (Như $Cl^-$) gọi là anion. Bình thường, các Ion trong dung dịch tham gia chuyển động nhiệt. Chúng chuyển động hỗn loạn nên không tạo thành dòng điện. Khi đặt vào nguồn điện, lực điện trường sẽ bắt các Ion chuyển dời có hướng, các anion chuyển về phía anốt còn các cation chuyển về phía katốt (tức Ion dương chuyển động theo chiều điện trường, còn Ion âm chuyển động ngược chiều điện trường). Kết quả là trong dung dịch có dòng điện, chiều quy ước từ $A \rightarrow K$.

*Vậy:* Dòng điện trong chất điện phân là dòng các Ion chuyển dời có hướng do tác dụng của lực điện trường.

### 1.5.2. Hiện tượng điện phân

Khi dòng điện qua chất điện phân sẽ xảy ra hiện tượng phân tích chất

điện phân, giải phóng kim loại hoặc hyđrô ở cực âm. Đó là hiện tượng điện phân.

### 1.5.3. Ứng dụng của hiện tượng điện phân

Được dùng để luyện kim, mạ điện.

a. Luyện kim

Trong luyện kim, hiện tượng điện phân được ứng dụng để tinh chế và điều chế một số kim loại

Muốn tinh chế kim loại, người ta ứng dụng hiện tượng cực dương tan. Chẳng hạn, để tinh chế đồng, người ta dùng thanh đồng cần tinh chế làm cực dương, dung dịch điện phân là muối đồng tan. Khi dòng điện qua dung dịch, thanh đồng bị hoà tan dần và ở cực âm sẽ hình thành một lớp tinh khiết.

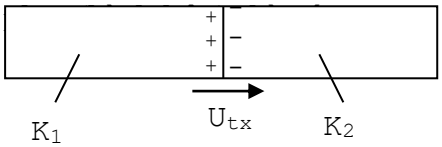
b. Mạ điện

Mạ điện là phương pháp dùng dòng điện để phủ lên các đồ vật một lớp kim loại không như Niken, bạc, vàng,...

## 1.6. Hiện tượng nhiệt điện

### 1.6.1. Hiện tượng

- Mỗi kim loại đều có mật độ điện tử tự do (tức là số điện tử tự do trong một đơn vị thể tích) nhất định. Mật độ này ở các kim loại khác nhau là khác nhau. Khi cho hai thanh kim loại khác nhau $K_1$, $K_2$ tiếp xúc với




sự khuếch tán điện tử qua chỗ tiếp xúc

- Giả sử kim loại $K_1$ có mật độ điện tử tự do lớn hơn $K_2$.

Khi đó điện tử từ $K_1$ sẽ khuếch tán sang $K_2$ kết quả là $K_1$ sẽ tích điện dương (vì thiếu điện tử), $K_2$ sẽ tích điện âm (thừa điện tử và hình thành một điện trường tại mặt tiếp xúc, có một hiệu điện thế tiếp xúc $U_{tx}$)

- Khi hai thanh kim loại $K_1$, $K_2$ được nối kín sẽ có một sức điện động gọi là sức điện động nhiệt điện E bằng hiệu của hai hiệu điện thế tiếp xúc. Dòng điện do hai sức điện động nhiệt điện sinh ra gọi là dòng nhiệt điện.

### 1.6.2. Ứng dụng của hiện tượng nhiệt điện

- Hiệu ứng nhiệt điện được ứng dụng để chế tạo các pin nhiệt điện hay cặp nhiệt điện.

- Pin nhiệt điện gồm có thanh kim loại (hay bán dẫn) khác loại, được hàn với nhau ở một đặt vào nơi có nhiệt độ cao(đầu lạnh), sức điện động nhiệt điện của pin được dùng để đo lường hay phát điện.

## 2. Các phương pháp giải mạch điện một chiều

### 2.1. Phương pháp biến đổi điện trở

#### 2.1.1. Điện trở ghép nối tiếp

Ghép nối tiếp là cách ghép sao cho các điện trở có cùng 1 dòng điện đi qua.

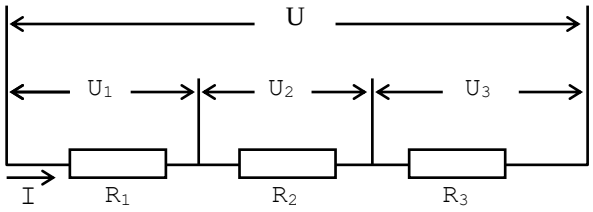
$U_1 = IR_1$ ; $U_2 = IR_2$ ; $U_3 = IR_3$

$U = U_1 + U_2 + U_3$

$U = I (R_1 + R_2 + R_3)$

$R_{tđ} = R_1 + R_2 + R_3$

$U = IR_{tđ} \Rightarrow I = \frac{U}{r_{td}}$




***Hình 2-4***

Vậy, khi đấu nối tiếp, tổng các sụt áp trên từng điện trở bằng điện áp chung đặt vào nhánh.

+ Điện trở tương đương của cả nhánh bằng tổng các điện trở đấu nối tiếp.

+ Công suất tiêu thụ:

$$P_1 = I^2R_1; \quad P_2 = I^2R_2 ; \quad P_3 = I^2R_3 \Rightarrow P_1: P_2: P_3 = R_1: R_2: R_3$$

+ Khi đấu nối tiếp, công suất tiêu thụ tỉ lệ với trị số điện trở. Nếu $R_1 = R_2 =... R_n$

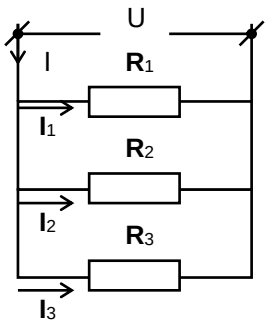
$\Rightarrow R_{tđ} = n. R$ (n là số điện trở mắc nối tiếp)

$$P_1 = P_2 =... P_n \Rightarrow \quad U_1 = U_2 =... U_n$$

#### 2.1.2. Đấu song song điện trở

Đấu song song điện trở là cách đấu sao cho tất cả các điện trở đều đặt vào cùng 1 điện áp.

- Dòng điện qua mỗi nhánh: $I_1 = \frac{U}{R_1} = U. g_1$




***Hình 2-5***

$g_1 = \frac{1}{R_1}$ (trong đó g là điện dẫn).

$I_2 = \frac{U}{R_2} = U.g_2$

$I_n = \frac{U}{R_n} = U.g_n$. Từ đó có: $I_1: I_2: I_3 = g_1: g_2: g_3 = \frac{1}{R_1} : \frac{1}{R_2} : \frac{1}{R_3}$

Vậy dòng điện trong mỗi mạch nhánh đấu song song tỉ lệ với điện dẫn của nhánh, tức là tỉ lệ nghịch với điện trở của nhánh.

Áp dụng định luật KiếcShốp I cho điểm phân nhánh ta có:

$$I = I_1 + I_2 + I_3 = U (g_1 + g_2 + g_3) = U \left( \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \right) = \frac{U}{R_{td}}$$

ở đây, $g_{tđ}$ là điện dẫn tương đương và $R_{tđ}$ là điện trở tương đương của các nhánh đấu song song:

$$g_{tđ} = \Sigma g_i = \Sigma \left( \frac{1}{R_i} \right) \quad ; \quad R_{tđ} = \frac{1}{g_{td}} = \frac{1}{\Sigma \left( \frac{1}{R_i} \right)}$$

Điện dẫn tương đương của các nhánh đấu song song bằng tổng điện dẫn từng nhánh.

$$\frac{1}{R_{td}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} = \frac{R_2.R_3 + R_1R_3 + R_1R_2}{R_1.R_2.R_3} \quad => \quad R_{tđ} = \frac{R_1.R_2.R_3}{R_2R_3 + R_1R_3 + R_1R_2}$$

+ Công suất mỗi nhánh:

$$P_1 = \frac{U^2}{R_1} = U^2.g_1 \; ; \; P_2 = \frac{U^2}{R_2} = U^2.g_2 \; ; \; P_3 = \frac{U^2}{R_3} = U^2.g_3$$

$$\Rightarrow P_1: P_2: P_3 = g_1: g_2: g_3 = \frac{1}{R_1} : \frac{1}{R_2} : \frac{1}{R_3}$$

Công suất tiêu thụ ở mỗi nhánh song song tỉ lệ thuận với điện dẫn của nhánh hoặc tỉ lệ nghịch với điện trở của nhánh.

Vậy, khi đấu song song nhánh nào có điện trở lớn hơn sẽ tiêu thụ công suất nhỏ hơn.

* Trường hợp có 2 điện trở đấu song song thì ta tính như sau:

$$\frac{1}{R_{1.2}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \Rightarrow R_{tđ} = \frac{R_1.R_2}{R_1 + R_2}$$

Dòng điện nhánh được tính theo dòng mạch chính:

$$I_1 = I\frac{R_{td}}{R_1} = I\frac{R_1.R_2}{R_1(R_1 + R_2)} = I\frac{R_2}{R_1 + R_2}$$

$$I_2 = I\ \frac{R_{td}}{R_2} = I\frac{R_1.R_2}{R_2(R_1 + R_2)} = I\frac{R_1}{R_1 + R_2}$$

### 2.1.3. Các bước giải mạch điện một chiều có điện trở đấu hỗn hợp

- Bước 1: Đưa mạch điện phân nhánh về mạch điện không phân nhánh bằng cách thay các nhánh song song bằng điện trở tương đương.

- Bước 2: áp dụng định luật Ôm cho toàn mạch để tính dòng qua mạch chính.

- Bước 3: Tính dòng trong mạch nhánh song song theo các công thức ở trên.

### 2.1.4. Bài tập áp dụng

**Bài tập 1:** Hai bóng đèn 120V, 60W và 120V, 100W đấu nối tiếp và đặt vào điện áp 220V. Tính dòng điện, điện áp đặt vào mỗi bóng đèn và công suất từng bóng tiêu thụ. Có nhận xét gì?

*Giải:*

- Điện trở mỗi bóng đèn:

$$r_1 = \frac{U^2_{1dm}}{P_{1dm}} = \frac{120^2}{60} = 240(\Omega)$$

$$r_1 = \frac{U^2_{2dm}}{P_{2dm}} = \frac{120^2}{100} = 144(\Omega)$$

- Dòng điện qua mạch :

Áp dụng định luật ôm, ta có : I = $\frac{U}{r_1 + r_2} = \frac{220}{240 + 144} = 0{,}573(A)$

- Điện áp đặt vào từng bóng đèn :

$U_1 = I \,.\, r_1 = 0{,}573 \,.\, 240 = 137{,}5(V)$

$U_2 = I \,.\, r_2 = 0{,}573 \,.\, 144 = 82{,}5(V)$

- Công suất của mỗi bóng tiêu thụ :

$P_1 = U_1 \,.\, I = 137{,}5 \,.\, 0{,}573 = 78{,}8\ (W)$

$P_2 = U_2 \,.\, I = 82{,}5 \,.\, 0{,}573 = 47{,}2\ (W)$

- Nhận xét :

1. Khi đấu nối tiếp hai bóng đèn cùng điện áp định mức, bóng nào có công suất định mức nhỏ hơn sẽ sáng hơn
2. Bóng 1 bị quá tải, nên dễ bị hỏng, bóng 2 chỉ sáng mờ. Do đó nếu chọn hai bóng mắc nối tiếp, nên chọn loại cùng điện áp định mức và cùng công suất.

**Bài tập 2 :** Cần dùng ít nhất bao nhiêu bóng đèn 24 V, 12W đấu vào mạch điện áp U = 120(V) ? Tìm điện trở tương đương và dòng điện qua mạch

*Giải :*

- Bóng đèn 24 V không đấu trực tiếp vào mạch 120V được mà phải đấu nối tiếp nhiều bóng để đảm bảo điện áp trên mỗi bóng không vượt quá 24 V. Vì các bóng giống nhau, nên khi đấu nối tiếp, điện áp đặt vào từng bóng là như nhau.

  Vậy số bóng cần đấu nối tiếp là :

$$n \geq \frac{120}{24} = 5 \text{ (bóng)}$$

  Ta lấy n = 5, tức cần đấu 5 bóng đấu nối tiếp

- Điện trở tương đương toàn mạch : $r_{tđ}$ = n. r = 5 . 48 = 240 (Ω)
- Dòng điện qua mạch : $I = \frac{U}{r_{td}} = \frac{120}{240} = 0{,}5(A)$

**Bài tập 3 :** Có 3 điện trở $r_1$= 60Ω, $r_2$ = 120Ω, $r_3$ = 150Ω đấu song song, đặt vào điện áp U = 120V. Tính điện trở tương đương, dòng điện ở mỗi nhánh và ở nhánh chính.

*Giải :*

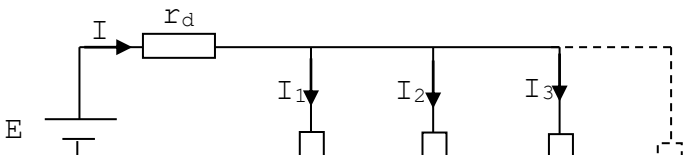
- Điện trở tương của 3 nhánh : $r_{tđ} = \frac{r_1.r_2.r_3}{r_1.r_2 + r_2.r_3 + r_3.r_1} = 31{,}6(\Omega)$
- Dòng điện ở mỗi nhánh :

  $I_1 = \frac{U}{r_1} = \frac{120}{60} = 2(A)$, $I_2 = \frac{U}{r_2} = \frac{120}{120} = 1(A)$, $I_3 = \frac{U}{r_3} = \frac{120}{150} = 0{,}8(A)$

- Dòng điện ở nhánh chính : $I = I_1 + I_2 + I_3 = 2 + 1 + 0{,}8 = 3{,}8$ (A)

**Bài tập 4 :** Cho mạch điện như hình vẽ :

E = 131V, $r_0$ = 0,5 Ω



$r_d = 2\Omega$, $r_1 = 150\Omega$, $r_2 = 75\Omega$,$r_3 = 60\Omega$

Tính dòng điện qua mạch,

công suất $P_1$, $P_2$, $P_3$ ?

*Giải :*

- Điện dẫn tương đương của 3 điện trở đấu song song :

$g_{ab} = g_1 + g_2 + g_3 = \frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} + \frac{1}{r_3} = \frac{1}{150} + \frac{1}{75} + \frac{1}{60} = \frac{11}{300}(S)$

- Điện trở tương đương : $r_{ab} = \frac{1}{g_{ab}} = \frac{300}{11} \approx 27,3(\Omega)$

- Thay 3 điện trở tương đương bằng một điện trở tương $r_{ab}$, áp dụng định luật Ôm cho toàn mạch, ta có :

$I = \frac{E}{\sum r} = \frac{E}{r_0 + r_d + r_{ab}} = \frac{131}{0,5 + 2 + 27,3} \approx 4,4(A)$

- Dòng điện trong các nhánh :

$I_1 = I.\frac{r_{ab}}{r_1} = 4,4.\frac{27,3}{150} = 0,8(A)$

$I_2 = I.\frac{r_{ab}}{r_2} = 4,4.\frac{27,3}{75} = 1,6(A)$

$I_3 = I.\frac{r_{ab}}{r_3} = 4,4.\frac{27,3}{60} = 2(A)$

- Công suất các điện trở tiêu thụ :

$P_1 = I_1^2.\ r_1 = 0,8^2\ .\ 150 = 96(W)$

$P_1 = I_2^2.\ r_2 = 1,6^2\ .\ 75 = 120(W)$

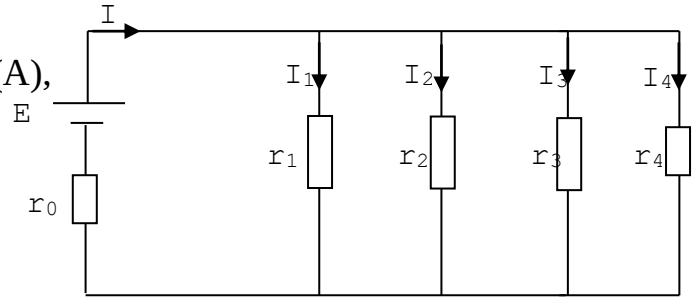
$P_1 = I_3^2.\ r_3 = 2^2\ .\ 60 = 240(W)$

**Bài tập 5 :** Bốn điện trở 10, 15, 25, 30 Ω đấu song song và đấu vào nguồn điện có sức điện động E = 170V, điện trở trong $r_0$= 0,55Ω. Xác định dòng điện qua nguồn và qua các mạch nhánh.

Đáp số : $r_{tđ} = 4,15(\Omega)$

I = 36(A), $I_1$ = 15(A), $I_2$ = 10(A),

$I_3$ = 6(A), $I_4$ = 5(A)



## 2.2. Phương pháp xếp chồng dòng điện

### 2.2.1. Phương pháp giải mạch điện bằng nguyên lý xếp chồng

- Nguyên lý xếp chồng: Trong mạch điện tuyến tính nhiều nguồn, dũng điện qua các nhánh bằng tổng đại số các dũng điện qua các nhánh do tác dụng riêng rẽ của từng sức điện động ( lúc đó các sức điện động khác coi như bằng không ).

- Các bước giải mạch điện :

+ Bước 1 : Thiết lập sơ đồ điện chỉ có một nguồn tác động

+ Bước 2 : Tính dòng điện và điện áp trong mạch chỉ có một nguồn tác động(Các nguồn khác coi bằng 0)

+ Bước 3 : Thiết lập sơ đồ mạch điện cho các nguồn tiếp theo, lặp lại các bước 1 và 2 đối với các nguồn tác động khác.

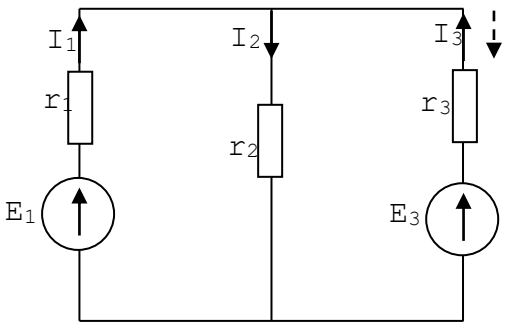
+ Bước 4 : Xếp chồng ( cộng đại số) các kết quả tính dòng điện, điện áp của mỗi nhánh do nguồn tác dụng riêng rẽ.

### 2.2.2. Bài tập áp dụng

**Bài tập 1 :** Hãy tính dòng điện trong các nhánh của mạch điện sau bằng phương pháp xếp chồng

$r_1 = 2\Omega$, $r_2 = 4\Omega$, $r_3 = 4\Omega$

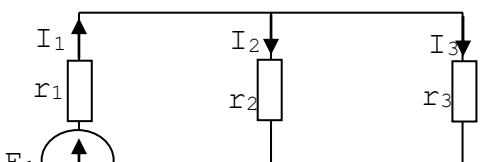
$E_1 = 40V$, $E_3 = 16V$




*Giải :*

- Bước 1 : Thiết lập sơ đồ chỉ có một nguồn $E_1$ tác động (coi $E_3 = 0$)

- Bước 2 : Giải mạch điện chỉ có nguồn $E_1$ tác động :



+ Điện trở tương đương của mạch

$r_{tđ} = r_1 + \frac{r_2.r_3}{r_2+r_3} = 2 + \frac{4.4}{4+4} = 4(\Omega)$

+ Dòng điện nhánh 1 do nguồn $E_1$ tác động :

$I_{11} = \frac{E_1}{r_{td}} = \frac{40}{4} = 10(A)$

+ Dòng điện nhánh 2 do nguồn $E_1$ tác động :

$I_{21} = I_{11}.\frac{r_3}{r_2+r_3} = 10.\frac{4}{4+4} = 5(A)$

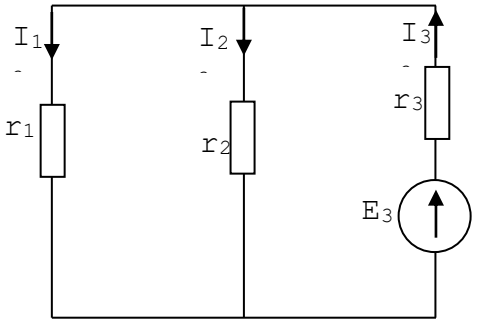
+ Dòng điện nhánh 3 do nguồn $E_1$ tác động :

$I_{31} = I_{11}.\frac{r_2}{r_2+r_3} = 10.\frac{4}{4+4} = 5(A)$

- Bước 3 : Thiết lập sơ đồ và giải mạch điện chỉ có một nguồn $E_3$ tác động(coi $E_1$=0)

+ Điện trở tương đương của mạch :

$r_{tđ} = r_3 + \frac{r_1.r_2}{r_1+r_2} = 4 + \frac{4.2}{4+2} = \frac{16}{3}(\Omega)$




+ Dòng điện nhánh 3 do nguồn $E_3$ tác động :

$I_{33} = \frac{E_3}{r_{td}} = \frac{16}{16/3} = 3(A)$

+ Dòng điện nhánh 2 do nguồn $E_3$ tác động :

$I_{23} = I_{33}.\frac{r_1}{r_1+r_2} = 3.\frac{2}{2+4} = 1(A)$

+ Dòng điện nhánh 1 do nguồn $E_3$ tác động :

$I_{13} = I_{33}.\frac{r_2}{r_1+r_2} = 3.\frac{4}{2+4} = 2(A)$

- Bước 4 : Xếp chồng kết quả

+ Dòng điện nhánh 1 do cả 2 nguồn tác động : $I_1 = I_{11} - I_{13} = 10 - 2 = 8(A)$

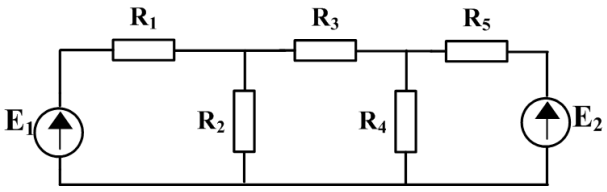
+ Dòng điện nhánh 2 do cả 2 nguồn tác động : $I_2 = I_{21} + I_{23} = 5 + 1 = 6(A)$

+ Dòng điện nhánh 3 do cả 2 nguồn tác động : $I_3 = I_{31} - I_{33} = 3 - 5 = -2(A)$

Ta thấy dòng điện $I_3 < 0$, do đó thực tế chiều của $I_3$ có chiều ngược lại.

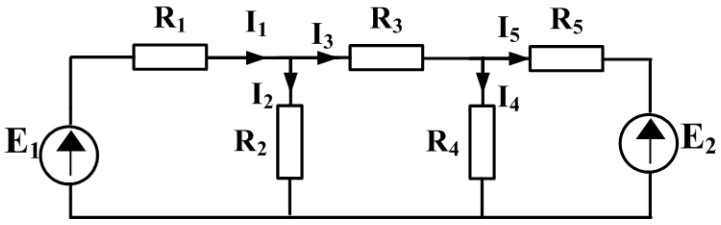
**Bài tập 2 :** Cho mạch điện như hình vẽ, các điện trở và sức điện động đó cho trước

Hãy xác định các dòng diện đi vào các nhánh?

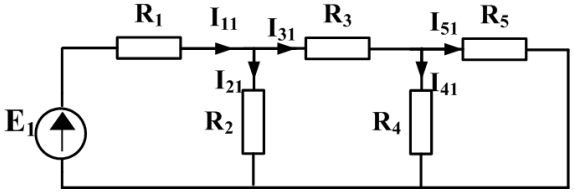



*Bài giải:*

Giả sử chiều dũng điện đi vào các nhánh như hỡnh vẽ:



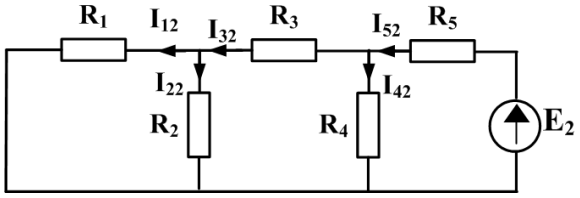

Thiết lập sơ đồ chỉ có một nguồn $E_1$ tác động




Nhìn vào hình vẽ ta thấy (($R_5$//$R_4$) nt $R_3$)//$R_2$ nt $R_1$)

Áp dụng các phương pháp biến đổi tương đương ta sẽ tính ra được dòng điện đi vào từng nhánh.

Sơ đồ chỉ có nguồn $E_2$




Nhìn vào hình vẽ ta thấy (($R_1$/$R_2$ nt $R_3$)//$R_4$ nt $R_5$)

Áp dụng các phương pháp biến đổi tương đương ta sẽ tính ra được dòng điện đi vào từng nhánh

Dòng điện tổng hợp đi vào các nhánh:

$$\begin{aligned} I_1 &= I_{11} - I_{12} \\ I_2 &= I_{21} + I_{22} \\ I_3 &= I_{31} - I_{32} \\ I_4 &= I_{41} + I_{42} \\ I_5 &= I_{51} - I_{52} \end{aligned}$$

**Bài tập 3** : Cho mạch điện như hình vẽ :

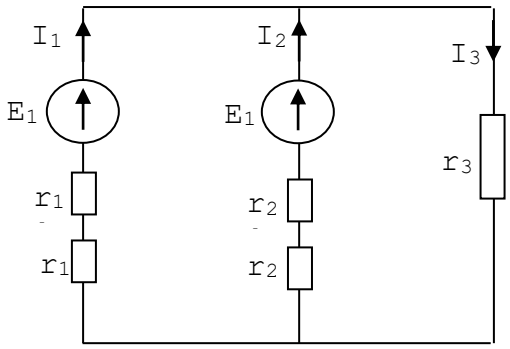
Biết: $E_1$ = 120V, $r_1$' = 0,6Ω

$E_2 = 110V$, $r_2' = 0,3\Omega$

$r_1 = 4,4\Omega$, $r_2 = 2,7\Omega$, $r_3 = 22\Omega$

Hãy tính dòng điện trong các nhánh

Bằng phương pháp xếp chồng dòng điện




**Kiểm tra**

Câu 1(2đ): Em hãy phát biểu và viết biểu thức định luật ôm áp dụng cho toàn mạch? Cho ví dụ minh hoạ.

Câu 2(4đ):

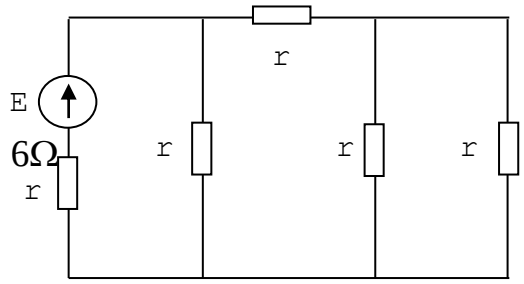
Một phụ tải gồm 3 điện trở đấu song song: $r_1 = 25\Omega$, $r_2 = 10\Omega$, $r_3 = 50\Omega$ lấy điện từ nguồn U = 234V, qua đường dây có điện trở $r_d = 0,25\Omega$.

Hãy xác định dòng điện trên đường dây, tổn thất điện áp trên đường dây, điện áp trên tải và công suất các tải tiêu thụ.

Câu3(4đ): Cho mạch điện như hình vẽ:

E = 12V, $r_1 = 8\Omega$, $r_2 = 5\Omega$, $r_3 = 15\Omega$, $r_4 = 30\Omega$, $r_5 = 6\Omega$

Tính dòng điện trong các nhánh.




Đáp số: 2) I=36A, $\Delta U$= 9V hay 4%, $U_{tải} = 225V$

$P_1$= 2,025KW, $P_2$ = 5,063KW, $P_3$ = 1,013KW

3) $I_1 = 1A$, $I_2 = 0,8A$, $I_3 = 0,2A$, $I_4 = 0,033A$, $I_5 = 0,167A$

## 2.3. Các phương pháp ứng dụng định luật KiêcKhôp

Định luật Ôm nêu lên mối quan hệ giữa dòng điện và điện áp ở mạch điện không phân nhánh. Đối với mạch điện phân nhánh, quan hệ giữa dòng điện và điện áp sẽ phức tạp hơn ở các nhánh. Định luật KiếcShốp nêu lên quan hệ đó. Trên cơ sở các định luật Ôm và định luật KiếcShốp ta có thể phân tích các mạch điện bất kỳ.

### 2.3.1. Các yếu tố kết cấu của mạch điện (nhánh, nút, vòng)

Hình 2-5a là sơ đồ mạch điện đơn giản, còn hình 2-5b là sơ đồ mạch phân nhánh. Các yếu tố kết cấu của mạch chủ yếu là nút và nhánh. *Nhánh là phần*

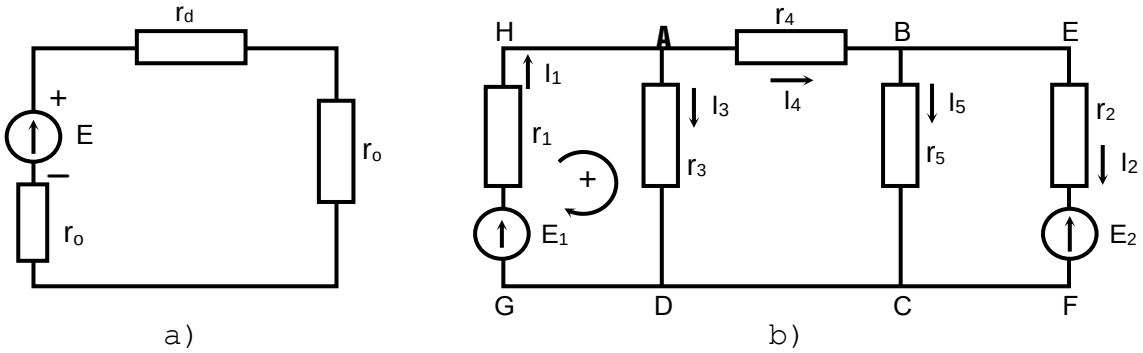
*đoạn mạch chỉ có một dòng điện duy nhất chạy qua.* Ví dụ: các nhánh AB, EF, AD trên hình 2-5b. *Nút là điểm gặp nhau của ít nhất ba nhánh trở lên.* Mạch không có điểm nút gọi là mạch không phân nhánh. Mạch không  phân nhánh chỉ tạo thành một nhánh duy nhất, tức chỉ có một dòng điện duy nhất chạy qua tất cả các phần tử của nó. Ngược lại, mạch có điểm nút gọi là mạch phân nhánh.

Trên hình 2-5b các điểm A, B, C, D là các điểm nút. Thực ra 4 điểm G, D, C, F chỉ là một điểm nút duy nhất vì chúng có cùng một điện thế. Cũng vậy, các điểm H, A là một, các điểm B, E là một nên mạch điện này có 3 điểm nút là A, B, C (hoặc A, B, D).

*Tập hợp tất cả các nhánh tạo thành một mạch vòng kín gọi là một mạch vòng*. Chẳng hạn, các mạch vòng AHGD, AEFD trên hình 2-5b. *Các mạch vòng không chứa nhánh bên trong gọi là mắt lưới hay mắt* (hình 2-5a), có rất nhiều mạch vòng, nhưng chỉ có 3 mắt, đó là ADGH, ABCD, BCFE.

Gọi số mắt của mạch điện phân nhánh là m, số nút là n, số nhánh là N, ta luôn luôn có: N = m + (n - 1).

ở hình 2-5b, ta có  n = 3 nút; m = 3 mắt; N = 5 nhánh.

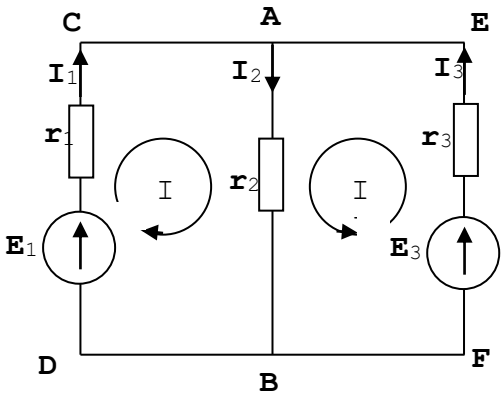



***Hình 2-5: Sơ đồ mạch điện không phân nhánh và phân nhánh***

### 2.3.2. Định luật KiếcKhốp I

Xét sơ đồ mạch điện hình vẽ bên:

Giả sử các dòng điện có chiều như hình vẽ




*Định luật: Tổng đại số các dòng điện đi đến một điểm nút bằng không:*

$\Sigma I = 0$.

Nếu quy ước dấu như sau: Dòng điện đi đến điểm nút có dấu dương, dòng điện rời khỏi nút có dấu âm thì định luật KiếcShốp I tại nút A được viết như sau:

Chẳng hạn đối với nút A , ta có: $I_2 = I_1 + I_3$ hay $I_1 + I_3 – I_2 = 0$.

Ta nhận xét là tổng các dòng điện đi đến một điểm nút bằng tổng các dòng điện rời nút đó

### 2.3.3. Định luật KiếcKhốp II

Trong mỗi mạch vòng của mạch điện, nếu ta xuất phát từ một điểm, đi qua tất cả các phần tử của vòng (gồm các suất điện động và các sụt áp trên từng đoạn mạch) rồi trở lại điểm xuất phát thì ta có lại điện thế ban đầu. Như vậy, ta có nhận xét rằng tổng các suất điện động trong mạch vòng sẽ cân bằng với sụt áp trên từng đoạn mạch. Đó là cơ sở của định luật KiếcShốp II.

*Định luật: Đi theo một mạch vòng bất kỳ, tổng đại số các suất điện động bằng tổng đại số các sụt áp trên các phần tử của vòng.* $\Sigma E = \Sigma I.r$

Để viết được phương trình KiếcKhốp II, ta phải chọn chiều dương cho vòng (thuận hay ngược chiều kim đồng hồ tuỳ theo sự thuận tiện của từng mạch vòng). Nhưng suất điện động và điện áp nào cùng chiều quy ước sẽ mang dấu (+), ngược chiều quy ước sẽ mang dấu (-).

Chẳng hạn, đối với mạch vòng ABCD (Vòng I), ta chọn chiều dương thuận chiều kim đồng hồ, định luật KiếcKhốp II có dạng: $E_1 = I_1 r_1 + I_2 r_2$

Đối với mạch vòng ABFE (Vòng II), ta chọn chiều dương ngược chiều kim đồng hồ, ta có: $E_3 = I_3 r_3 + I_2 r_2$

### 2.3.4. Phương pháp dòng điện nhánh

#### 2.3.4.1. Giải mạch điện bằng phương pháp dòng điện nhánh

Đối với mạch điện một chiều không phân nhánh hoặc mạch điện phân nhánh có một nguồn thì cơ sở để giải mạch điện này là phương trình định luật Ôm đối với toàn mạch và các cách biến đổi điện trở, đưa mạch phân nhánh về không phân nhánh.

Đối với mạch điện phức tạp hơn (mạch phân nhánh có nhiều nguồn) thì phương pháp trên không dùng được. Ta phải sử dụng các phương pháp tổng quát hơn, đó là phương pháp dựa theo các phương trình KiếcShốp.

Phương pháp dòng điện nhánh phụ thuộc vào hai định luật KiêcKhôp I, II để viết phương trình nút và vòng biểu diễn mối quan giữa các dòng điện trong các nhánh chọn làm ẩn số với các số liệu kết cấu của mạch điện đã biết(các sức điện động, điện trở,…). Vì thế, phương pháp này còn gọi là các phương pháp các phương trình KiếcShốp hay phương pháp phương trình nút và mạch vòng.

Người ta chứng minh được rằng, trong mạch điện có n điểm nút sẽ được viết (n -1) phương trình nút (phương trình KiếcShốp I) độc lập với nhau.

Các bước giải mạch điện:

- Bước 1: Quy ước chiều các dòng điện nhánh, mỗi dòng điện là một ẩn số. Việc chọn chiều là tuỳ ý, nếu kết quả tính ra là trị số âm thì chiều thực của dòng điện ngược chiều với chiều đã chọn, có trị số tuyệt đối của kết quả đã tính
- Bước 2: Thành lập hệ phương trình KiêcKhôp

Chọn (m - 1) nút để viết phương trình điểm nút

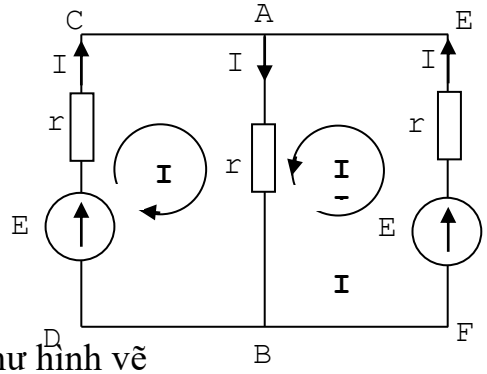
Chọn (n + 1) – m mạch vòng(tức số mắt của mạch), mỗi mắt chọn chiều dương và viết phương trình KiếcKhốp II

Với m – số điểm nút

n – số mạch nhánh, (n +1) – m là số mắt của mạch

- Bước 3: Giải hệ phương trình trên, tìm ra đáp số là dòng điện, ta kết luận chiều thực của dòng điện là chiều ngược lại với chiều đã chọn

### 2.3.4.2. Bài tập áp dụng




**Bài tập 1:** Cho mạch điện như hình vẽ

$E_1 = 125V$, $r_1 = 3\Omega$, $E_3 = 90V$, $r_3 = 2\Omega$

$r_2 = 4\Omega$. Tìm dòng điện trong các nhánh

*Giải:*

- Bước 1: Chọn chiều dòng điện trong các nhánh như hình vẽ
- Bước 2: Thành lập hệ phương trình KiêcKhôp

Phương trình định luật KiêcKhôp I tại nút A: $I_1 + I_3 – I_2 = 0$ (1)

Phương trình định luật KiêcKhôp II:

Chọn chiều dương vòng I cùng chiều KĐH: $E_1 = I_1 r_1 + I_2 r_2$ (2)

Chọn chiều dương vòng II ngược chiều KĐH: $E_3 = I_3 r_3 + I_2 r_2$ (3)

- Bước 3: Giải hệ phương trình (1), (2), (3):

Từ phương trình (2), (3) ta có: $I_1 = \frac{E_1 - I_2.r_2}{r_1}$ (4) , $I_3 = \frac{E_1 - I_2.r_2}{r_3}$ (5)

Thay (4), (5) vào phương trình (1) ta được:

$\frac{E_1 - I_2.r_2}{r_1} + \frac{E_1 - I_2.r_2}{r_3} - I_2 = 0 \Leftrightarrow \frac{125 - I_2.4}{3} + \frac{90 - I_2.4}{2} - I_2 = 0$

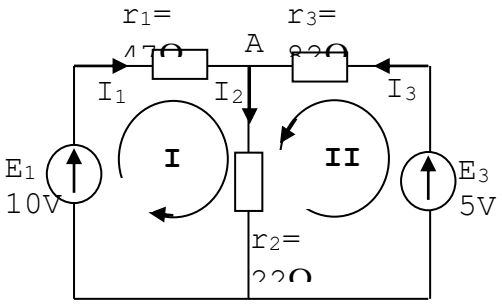
$\Leftrightarrow 2(125 - 4I_2) + 3(90 - 4I_2) - 6I_2 = 0 \Leftrightarrow 250 - 8I_2 + 270 - 12I_2 - 6I_2 = 0$

$\Leftrightarrow 26I_2 = 520 \Leftrightarrow I_2 = 20(A)$, Thay $I_2 = 20(A)$ vào 2 phương trình (4), (5) ta được:

$I_1 = 15$ (A), $I_3 = 5$(A)

Vậy $I_1 = 15$ (A), $I_2 = 20$(A), $I_3 = 5$(A)

**Bài tập 2:** Cho mạch điện như hình vẽ Tính dòng điện trong các nhánh bằng phương pháp dòng điện nhánh.




*Giải*:

- Chọn chiều dòng điện trong các nhánh như hình vẽ trên
- Viết phương trình định luật KiêcKhôp I tại nút A: $I_1 + I_3 - I_2 = 0$ (1)

Viết phương trình định luật KiêcKhôp II cho 2 vòng I , vòng II:

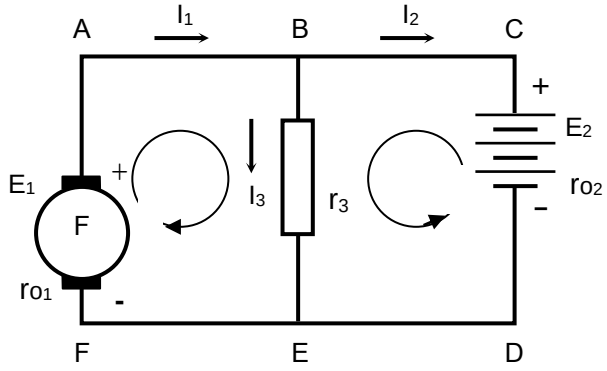
Vòng I: $E_1 = I_1 r_1 + I_2 r_2$ (2)

Vòng II: $E_3 = I_3 r_3 + I_2 r_2$ (3)

- Giải hệ phương trình (1), (2), (3) ta được dòng điện trong các nhánh:

$I_1 = 138$ mA, $I_2 = 160$ mA, $I_1 = 22$ mA.

**Bài tập 3:**




***Hình 2.9***

Một máy phát điện, điện trở trong $r_{01} = 0{,}4\Omega$ cung cấp dòng điện phụ tải là $I_3 = 10$ (A) và đồng thời nạp điện cho bộ ắc quy dòng điện $I_2 = 5$ (A). Biết bộ ắc quy có điện trở trong $r_{02} = 0{,}4\Omega$, điện trở tải $r_3 = 22{,}6\Omega$ (hình

2-22).

a) Tính suất điện động ở máy phát điện và ở bộ ắc quy?

b) Nếu điện trở tải giảm còn $r'_3 = 5,5\Omega$, suất điện động của máy phát và bộ ắc quy không đổi thì dòng điện và điện áp trên tải là bao nhiêu?

*Giải :*

1. Tính sđđ $E_1$ ở máy phát điện và sđđ $E_2$ ở bộ ắc quy

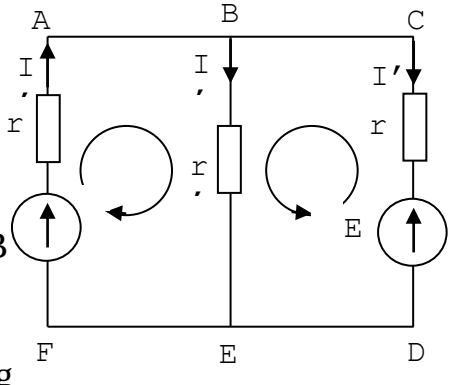
- Viết phương trình định luật KiêcKhôp II cho vòng ABEF, chọn chiều dương cùng chiều KĐH: $E_1 = I_1 . r_{01} + I_3 . r_3$ (1)

- Viết phương trình định luật KiêcKhôp I cho nút B, ta có : $I_1 = I_2 + I_3$ , thay vào (1) ta được:

$E_1 = (I_2 + I_3) . r_{01} + I_3 . r_3 = (5+ 10).0,4 + 10. 22,6 = 232(V)$

- Viết phương trình định luật KiêcKhôp II cho vòng BCDE, chọn chiều dương ngược chiều KĐH: $E_2 = - I_2 . r_{02} + I_3 . r_3 = - 5.4 + 10. 22,6 = 206(V)$.

2. Khi giảm $r_3$ còn $r'_3 = 5,5\ \Omega$, suất điện động của máy phát và bộ ắc quy không đổi ta có mạch điện với số liệu sau: $E_1 = 232V$, $E_2 = 224V$, $r_{01} = 0,4\ \Omega$, $r_{02} = 0,4\ \Omega$, $r'_3 = 5,5\ \Omega$. Tính dòng điện và điện áp trên tải?




- Gọi dòng điện trong các nhánh là $I'_1, I'_2, I'_3$ với chiều như hình vẽ

- Viết phương trình định luật KiêcKhôp I cho nút B ta có : $I'_1 = I'_2 + I'_3$ (2)

- Viết phương trình định luật KiêcKhôp II cho vòng ABEF, chọn chiều dương cùng chiều KĐH:

$E_1 = I'_1 . r_{01} + I'_3 . r'_3$ (3)

- Viết phương trình định luật KiêcKhôp II cho vòng BCDE, chọn chiều dương ngược chiều KĐH: $E_2 = - I'_2 . r_{02} + I'_3 . r'_3$(4)

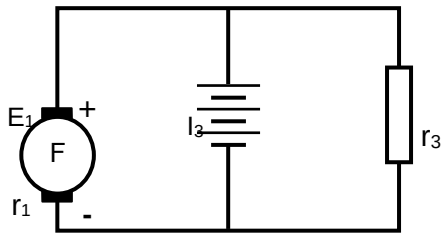
- Giải hệ phương trình (2), (3), (4):

Từ phương trình (3), (4), ta có: $I'_1 = \frac{E_1 - I'_3.r'_3}{r_{01}}$ (5) , $I'_2 = \frac{-E_2 + I'_3.r'_3}{r_{02}}$ (6)

Thay (5), (6) vào phương trình (2), ta được:

$$\frac{E_1 - I'_3.r'_3}{r_{01}} + \frac{E_2 - I'_3.r'_3}{r_{02}} - I'_3 = 0 \Leftrightarrow \frac{232 - I'_3.5,5}{0,4} + \frac{224 - I'_3.5,5}{0,4} - I'_3 = 0$$

$\Rightarrow I'_3 = 40(A), U'_3 = I'_3 . r_3 = 40. 5,5 =$ 220(V)



*Hình 2.10*

**Bài tập 4:**

Mạch điện gồm máy phát điện có suất điện động $E_1 = 130$ (V), $r_1 = 1\Omega$ đấu song song với ắc quy có $E_2 = 117$ (V), $r_2 = 0,6\Omega$ cung cấp cho phụ tải $r_3 = 24\Omega$ (hình 2-23). Tìm dòng điện và công suất trong các nhánh?

**Bài tập 5**:

Bốn máy phát điện có nội trở bằng nhau, bằng $r_0 = 0,1\Omega$, suất điện động lần lượt là: $E_1$= 123 (V), $E_2$ = 123 (V), $E_3$ = 122 (V), $E_4$ = 117 (V) đấu song song, cung cấp cho tải r = 6Ω. Xác định điện áp trên tải, dòng điện trong các nhánh và nhận xét?

### 2.3.5. Phương pháp dòng điện vòng

#### 2.3.5.1. Giải mạch điện bằng phương pháp dòng điện vòng

Ở phương pháp này, ẩn số trong hệ phương trình không phải là dòng điện các nhánh mà là một dòng điện mạch vòng mang ý nghĩa về toán học, vì nếu biết được chúng có thể dễ dàng tính được dòng điện cắt nhánh.

Các bước giải theo phương pháp dòng điện mạch vòng như sau:

*Bước 1:* Xác định (m - n + 1) mạch vòng độc lập và tuỳ ý, vẽ chiều dòng điện mạch vòng, thông thường nên chọn chiều các dòng điện mạch vòng giống nhau, thuận tiện cho lập hệ phương trình.

*Bước 2:* Viết phương trình KiếcShốp 2 cho mỗi mạch vòng theo các dòng điện mạch vòng đã chọn.

*Bước 3:* Giải hệ phương trình vừa thiết lập, ta có dòng điện mạch vòng.

*Bước 4:* Tính dòng điện các nhánh theo dòng điện mạch vòng như sau: Dòng điện mỗi nhánh bằng tổng đại số dòng điện mạch vòng chạy qua nhánh ấy.

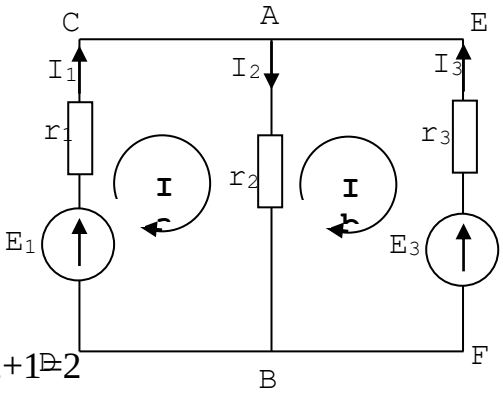
#### 2.3.5.2. Bài tập áp dụng

**Bài tập 1:** Giải mạch điện hình vẽ, bằng phương pháp dòng điện vòng

$E_1 = 125V$, $r_1 = 3\Omega$

$E_3 = 90V$, $r_3 = 2\Omega$

$r_2 = 4\Omega$




Tìm dòng điện trong các nhánh

*Giải*:

- Bước 1: Số mạch vòng độc lập: m – n + 1 = 3-2+1=2 mạch vòng. Chọn chiều các dòng điện mạch vòng như hình vẽ

- Bước 2: Viết phương trình KiêcKhôp II cho các mạch vòng:

Mạch vòng a: $(r_1 + r_2)I_a – r_3I_b = E_1(1)$

Mạch vòng b: $(r_2 + r_3)I_b – r_3I_a = - E_2(2)$

- Bước 3: Giải hệ phương trình (1), (2)

Thay số vào hệ phương trình (1), (2) ta được: $\begin{cases}(3+4)I_a - 4I_b = 125\\(2+4)I_b - 4I_a = -90\end{cases} \Leftrightarrow$

$\begin{cases}7I_a - 4I_b = 125(3)\\6I_b - 4I_a = -90(4)\end{cases}$

Từ phương trình (3) $\Rightarrow I_b = \frac{7I_a - 125}{4}$ Thay vào phương trình (4), ta được:

$6.\ \frac{7I_a - 125}{4} - 4\ I_a = - 90$

$\Leftrightarrow 42\ I_a – 750 – 16\ I_a = - 360$

$\Leftrightarrow 26\ I_a = 390 \Leftrightarrow I_a = 15 \Rightarrow I_b = \frac{7.15 - 125}{4} = -5$

- Bước 4: Tính dòng điện các nhánh:

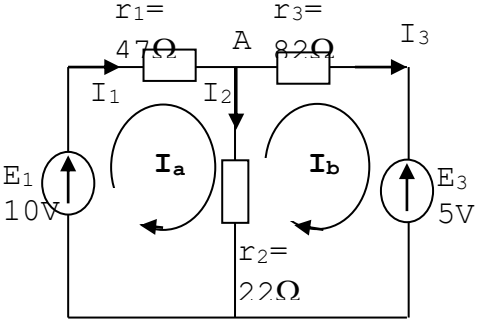
$I_1 = I_a = 15$ (A)

$I_2 = - I_b = 5$ (A)

$I_3 = I_a – I_b = 15 – (- 5) = 20$ (A)

**Bài tập 2:** Cho mạch điện như hình vẽ

Tính dòng điện trong các nhánh bằng phương pháp dòng điện mạch vòng.




Đáp số:

$I_a = 0,139$ (A)

$I_b$ = - 0,0187(A)

$I_1 = I_a$ = 0,139(A)

$I_2 = I_a - I_b$ = 0,139 – (- 0,0187) = 0,158(A)

$I_3 = I_b$ = - 0,0187(A)

Dòng điện $I_3 < 0$, do đó $I_3$ có chiều ngược lại với chiều đã chọn.

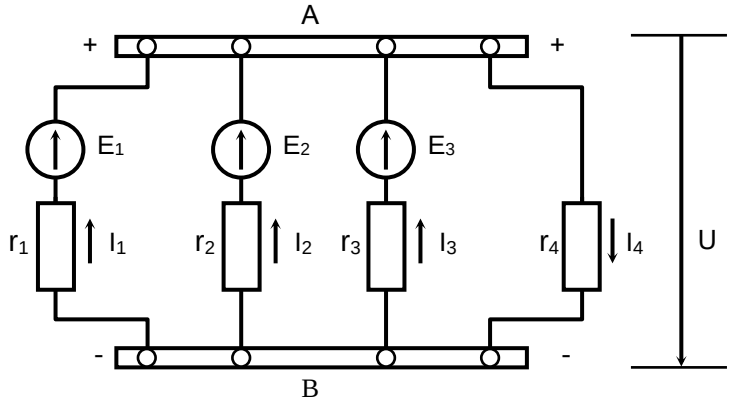
### 2.3.6. Phương pháp điện thế nút

#### 2.3.6.1. Giải mạch điện bằng phương pháp điện thế nút

Phương pháp điện áp hai nút là trường hợp đặc biệt của phương trình điện thế nút, chỉ áp dụng được cho mạch điện có 2 điểm nút, tức n = 2 (hình 2-18). Đó là trường hợp mạch có nhiều nguồn và tải, cùng đấu chung lên hệ thanh góp A (thanh góp dương) và B (thanh góp âm) chung, cũng là trường hợp rất thường gặp trong thực tế.

*Thành lập công thức:*

Gọi điện áp giữa 2 điểm nút AB là $U = \varphi_A - \varphi_B$, và chọn chiều dòng điện các nhánh như hình vẽ (tức là nhánh có nguồn thì dòng điện hướng về nút A, nhánh không nguồn thì dòng điện hướng theo chiều điện áp). áp dụng định luật KiếcShốp II cho từng mạch vòng gồm mỗi nhánh khép kín mạch qua điện áp U.




***Hình 2.11: Mạch điện có hai điểm nút***

Ta có công thức: $E_1 = I_1 r_1 + U \rightarrow I_1 = \frac{E_1 - U}{r_1} = (E_1 - U)\, g_1$ (a)

$$E_2 = I_2 r_2 + U \rightarrow I_2 = \frac{E_2 - U}{r_2} = (E_2 - U)\, g_2 \qquad (b)$$

$$E_3 = I_3 r_3 + U \rightarrow I_3 = \frac{E_3 - U}{r_3} = (E_3 - U)\, g_3 \qquad (c)$$

Đối với nhánh không nguồn, ta có định luật Ôm thông thường:

$$I_4 = \frac{U}{r_4} = U\, g_4 \qquad (d)$$

Áp dụng định luật KiếcShốp I cho điểm A:

$$I_1 + I_2 + I_3 - I_4 = 0$$

Hay: $(E_1 - U)\, g_1 + (E_2 - U)\, g_2 + (E_3 - U)\, g_3 - U g_4 = 0$

Rút ra: $$U = \varphi_A - \varphi_B = \frac{E_1 g_1 + E_2 g_2 + E_3 g_3}{g_1 + g_2 + g_3 + g_4} = \frac{\Sigma(Eg)}{\Sigma g} \qquad (e)$$

Nghĩa là, điện áp giữa 2 điểm nút của các nhánh song song bằng tổng đại số các tích suất điện động nhánh với điện dẫn nhánh, chia cho tổng điện dẫn các nhánh.

ΣEg là tổng đại số với dấu quy ước như sau: Suất điện động nào hướng về nút A (thanh góp dương) sẽ mang dấu dương, suất điện động nào hướng về nút B (thanh góp âm) sẽ mang dấu âm.

Sau khi đã tính được điện áp U, ta dùng các công thức ở trên để tính dòng điện ở các nhánh.

*Cách giải mạch điện bằng phương pháp điện áp 2 nút.*

*Bước 1*: Xác định điểm nút dương và điểm nút âm. Điểm nút nào có nhiều suất điện động hướng về sẽ là nút dương, điểm còn lại là nút âm. Sau đó, quy định chiều dòng điện ở các nhánh như sau: ở các nhánh có nguồn, cho chiều dòng điện hướng đến nút dương, còn nhánh không nguồn, cho chiều dòng điện hướng đến nút âm.

*Bước 2*: áp dụng công thức (e) tính điện áp giữa 2 nút, trong đó các tích Eg có dấu dương hay âm tuỳ thuộc vào suất điện động E hướng đến nút dương hay âm. Nếu kết quả tính ra U có giá trị âm thì chứng tỏ đã chọn sai 2 nút âm và dương,

cần hiểu chiều thực của điện áp ngược với chiều đã chọn (trường hợp này ít xảy ra).

*Bước 3*: áp dụng công thức (a, b, c) để tính dòng điện trong các nhánh có nguồn và công thức (d) để tính dòng điện trong các nhánh không nguồn. Nếu nhánh nào tính ra dòng điện âm thì ta hiểu chiều thực của dòng điện ngược với chiều đã chọn.

### 2.3.6.1. Bài tập áp dụng

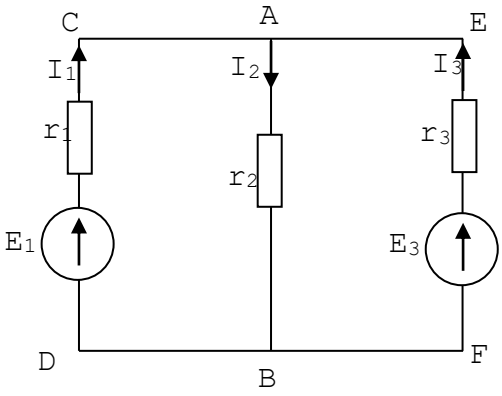
**Bài tập 1**: Giải mạch điện hình vẽ, bằng phương pháp điện áp hai nút

$E_1 = 125V$, $r_1 = 3\Omega$

$E_3 = 90V$, $r_3 = 2\Omega$

$r_2 = 4\Omega$

Tìm dòng điện trong các nhánh




*Giải*:

- Bước 1: Chọn nút A làm nút dương, nút B là nút âm
- Bước 2: Tính điện áp giữa 2 nút AB

$$U = \frac{E_1.g_1 + E_2.g_2}{g_1 + g_2 + g_3} = \frac{\frac{125}{3} + \frac{90}{2}}{\frac{1}{3} + \frac{1}{2} + \frac{1}{4}} = 80(V)$$

- Bước 3: Tính dòng điện trong các nhánh

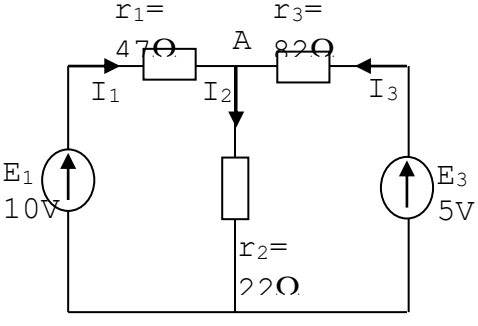
$$I_1 = \frac{E_1 - U}{r_1} = \frac{125 - 80}{3} = 15(A)$$

$$I_2 = \frac{E_2 - U}{r_2} = \frac{90 - 80}{2} = 5(A)$$

$$I_3 = \frac{U}{r_3} = \frac{80}{4} = 20(A)$$

**Bài tập 2:** Cho mạch điện như hình vẽ

Tính dòng điện trong các nhánh bằng phương pháp điện áp 2 nút.




*Giải*:

- Chọn nút A làm nút dương, B làm nút âm

- Điện áp giữa 2 nút A, B

$$U = \frac{E_1.g_1 + E_3.g_3}{g_1 + g_2 + g_3} = \frac{\frac{E_1}{r_1} + \frac{E_3}{r_3}}{\frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} + \frac{1}{r_3}} = \frac{\frac{10}{47} + \frac{5}{82}}{\frac{1}{47} + \frac{1}{22} + \frac{1}{82}} = 3{,}487(V)$$

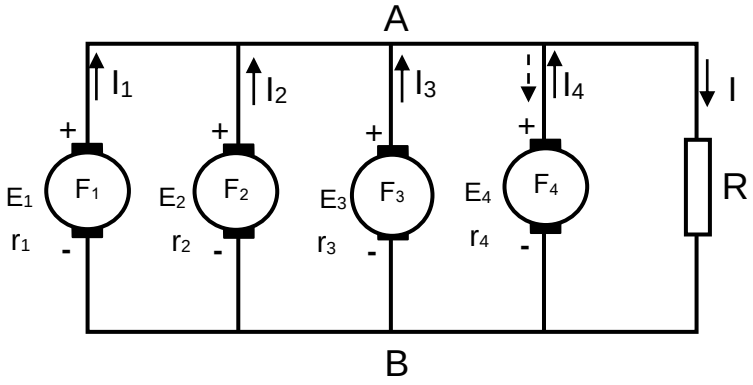
- Tính dòng điện trong các nhánh:

$$I_1 = \frac{E_1 - U}{r_1} = \frac{10 - 3{,}487}{47} = 0{,}139(A)$$

$$I_2 = \frac{U}{r_2} = \frac{3{,}487}{22} = 0{,}158(A)$$

$$I_3 = \frac{E_3 - U}{r_3} = \frac{5 - 3{,}487}{82} = 0{,}0187(A)$$

**Bài tập 3:** Bốn máy phát điện ghép song song cung cấp cho phụ tải R




Biết : $r_1 = r_2 = :r_3 = r_4 = 0{,}5\Omega$

$R = 6\Omega$

$E_1 = 625V$, $E_2 = 620V$

$E_3 = 615V$, $E_4 = 590V$

Xác định dòng điện qua các

máy phát điện và điện áp trên tải. Có nhận xét gì?

*Giải*:

- Chọn nút A làm nút dương, nút B là nút âm.

Chiều các dòng điện như hình vẽ

- Điện áp giữa 2 nút AB, cũng là điện áp trên tải:

U =

$$\frac{E_1.g_1 + E_2.g_2 + E_3.g_3 + E_4.g_4}{g_1 + g_2 + g_3 + g_4} = \frac{\frac{E_1}{r_1} + \frac{E_2}{r_2} + \frac{E_3}{r_3} + \frac{E_4}{r_4}}{\frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} + \frac{1}{r_3} + \frac{1}{r_4}} = \frac{\frac{625}{0{,}5} + \frac{620}{0{,}5} + \frac{615}{0{,}5} + \frac{590}{0{,}5}}{\frac{1}{0{,}5} + \frac{1}{0{,}5} + \frac{1}{0{,}5} + \frac{1}{0{,}5}} = 600(V)$$

- Dòng điện ở các máy phát :

$$I_1 = \frac{E_1 - U}{r_1} = \frac{625 - 600}{0{,}5} = 50(A)$$

$$I_2 = \frac{E_2 - U}{r_2} = \frac{620 - 600}{0{,}5} = 40(A)$$

$$I_3 = \frac{E_3 - U}{r_3} = \frac{615 - 600}{0{,}5} = 30(A)$$

$$I_4 = \frac{E_4 - U}{r_4} = \frac{590 - 600}{0{,}5} = -20(A)$$

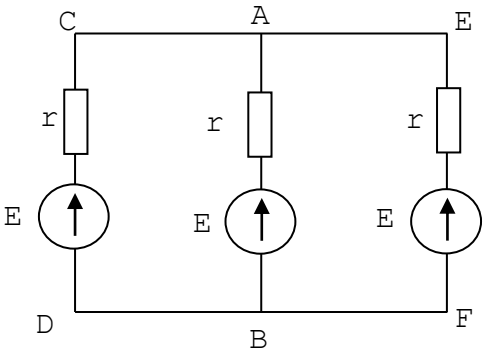
Như vậy chiều thực của dòng điện $I_4$ ngược lại với chiều đã chọn, máy phát điện $F_4$ chạy thành động cơ(tức làm việc ở chế độ động cơ)

- Dòng điện qua tải:

$$I = \frac{U}{R} = \frac{600}{6} = 100(A)$$

Thử lại định luật KiêKhôp I tại nút A: $I_1 + I_2 + I_3 - I_4 - I = 50 + 40 + 30 - 20 - 100 = 0$

**Bài tập 4:** Cho mạch điện như hình vẽ




$E_1 = 60V$, $E_2 = 80V$, $E_3 = 10V$

$r_1 = 100\Omega$, $r_2 = 200\Omega$, $r_3 = 60\Omega$

Tìm dòng điện trong các nhánh bằng các phương pháp sau:

- Phương pháp dòng điện nhánh
- Phương pháp dòng điện vòng
- Phương pháp điện áp hai nút
- Nguyên lý xếp chồng dòng điện

Đáp số: $I_1 = 0{,}038(A)$, $I_2 = 0{,}12(A)$, $I_3 = 0{,}079(A)$

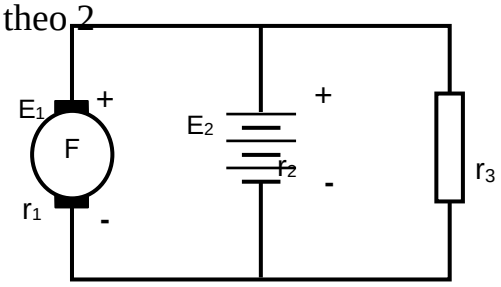
## Kiểm tra

Câu 1: Hãy phát biểu và viết biểu thức định luật KiêcKhôp I, II. Cho ví dụ minh hoạ?

Câu 2: Cho mạch điện gồm máy phát điện có s đ đ $E_1 = 130V$, $r_1 = 1\Omega$ đấu song song với ắc quy có s đ đ $E_2 = 117V$, $r_2 = 0{,}6\Omega$ , cung cấp cho tải $r_3 = 24\Omega$ (hình 2.9)

Tìm dòng điện và công suất trong các nhánh theo 2 phương pháp:

- Phương pháp dòng điện nhánh



- Phương pháp điện áp hai nút

Đáp số: $I_1 = 10A$, $I_2 = -5A$, $I_3 = 5A$

$P_1 = 1,3KW$, $P_2 = - 0,585KW$, $P_3 = 0,6KW$

(Ắc quy đang ở trạng thái nạp)

# CHƯƠNG 3

# DÒNG ĐIỆN XOAY CHIỀU HÌNH SIN

## 1. Khái niệm về dòng điện xoay chiều

### 1.1. Dòng điện xoay chiều

Dòng điện xoay chiều là dòng điện biến đổi cả chiều và trị số theo thời gian

### 1.2. Chu kỳ và tần số của dòng điện xoay chiều

#### 1.2.1. Chu kỳ

- Dòng điện xoay chiều thường là dòng điện biến đổi tuần hoàn (biến đổi chu kỳ). Nghĩa là cứ sau một khoảng thời gian nhất định, nó lặp lại quá trình biến thiên cũ gọi là chu kỳ dòng điện xoay chiều.
- Ký hiệu: T

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

- Đơn vị: giây(s)

#### 1.2.1. Tần số

- Số chu kỳ mà dòng điện thực hiện trong một đơn vị thời gian (trong 1s) được gọi là tần số
- Ký hiệu: f, f = $\frac{1}{T}$
- Đơn vị: Hec (Hz)

Dòng điện tần số 1 Hec là dòng điện thực hiện được 1 chu kỳ trong 1s : 1Hz = 1/s

Bội số của Hz là KilôHec(KHz) và Mêgahec(MHz)

1KHz = $10^3$ Hz

1MHz = $10^3$ KHz = $10^6$ Hz

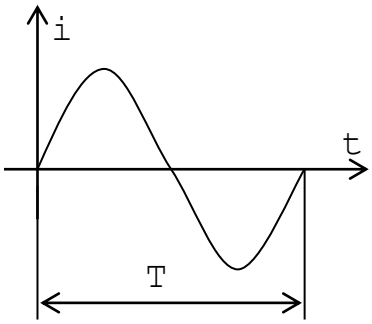
Ở nước ta và phần lớn các nước trên thế giới, dòng điện công nghiệp có $f_{đm}$ = 50Hz

Mỹ và một số nước Tây Âu có $f_{đm}$ = 60Hz

### 1.3. Dòng điện xoay chiều hình sin

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

Dòng điện xoay chiều hình sin được biểu diễn như sau:




## 1.4. Các đại lượng đặc trưng

### 1.4.1. Trị số tức thời

Trên hình 1.1. là đồ thị của dòng điện xoay chiều hình sin có biểu thức: $i = I_m \sin\omega t$

Từ biểu thức trên ta thấy rằng, tại thời điểm khác nhau, dòng điện có trị số tức thời khác nhau, ví dụ: tại thời điểm ban đầu t = 0 , dòng điện có trị số tức thời i = 0

tại thời điểm bất kỳ t , dòng điện có trị số tức thời $i = i_t$

Kết luận: Vậy tại mỗi thời điểm t, dòng điện có một giá trị tương ứng gọi là trị số tức thời của dòng điện xoay chiều

Ký hiệu trị số tức thời: Dòng điện tức thời: i

Sức đ động tức thời: e

Điện áp tức thời: u

### 1.4.2. Trị số cực đại

Trị số cực đại của dòng điện xoay chiều là giá trị lớn nhất của trị số tức thời trong một chu kỳ được gọi là trị số cực đại hay là biên độ

Ký hiệu: Dòng điện cực đại $I_m$

Điện áp cực đại $U_m$

Sức điện độn cực đại $E_m$

### 1.4.3. Trị số hiệu dụng

- Trị số hiệu dụng là giá trị tương ứng của dòng điện một chiều khi chúng đi qua

một điện trở trong thời gian một chu kỳ thì toả ra một năng lượng (dưới dạng nhiệt) là như nhau

- Ký hiệu: trị số hiệu dụng của dòng điện : I

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

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

### 1.5. Pha và sự lệch pha

#### 1.5.1. Pha

Phần ứng máy phát điện thường có nhiều khung dây đặt dải trên mặt lõi thép. Tại thời điểm t = 0, 1 khung dây ở đúng mặt phẳng trung tính thì khung dây bất kỳ sẽ ở cách mặt phẳng trung tính 1góc $\varphi$. Khi rôto quay tại thời điểm t, khung dây ở vị trí cách mặt phẳng trung tính 1 góc $\alpha = \omega t + \varphi$ ( $\omega$ là tốc độ góc của rôto)

Và biểu thức sđđ trong trường hợp tổng quát có dạng: $e = E_m \sin(\omega t + \varphi)$

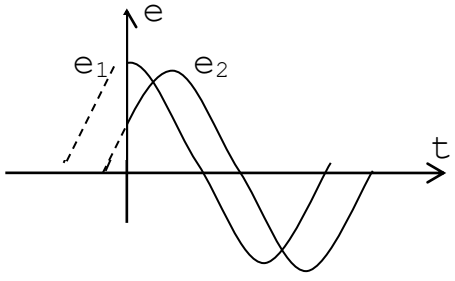
Lượng $\omega t + \varphi$ đặc trưng cho dạng biến thiên của sđđ hình sin hay các đại lượng hình sin nói chung ( i, u…) được gọi là góc pha hay pha của lượng hình sin

- Tại thời điểm t = 0, góc pha bằng $\varphi$ nên được gọi là góc pha đầu

- Lượng $\omega$ càng lớn thì tốc độ biến thiên càng nhanh nên $\omega$ được gọi là tốc độ góc hay tần số góc, đơn vị là rad/s

Khi lượng hình sin biến thiên hết 1 chu kì t = T thì góc pha biến thiên hết một góc đầy $360^o$ hay $2\Pi$ rad

Vậy $\omega t = 2\Pi$ nên $\omega = 2\Pi/T = 2\Pi f$




#### 1.5.2. Sự lệch pha

Có 2 sđđ hình sin được biểu diễn bởi các biểu thức sau:

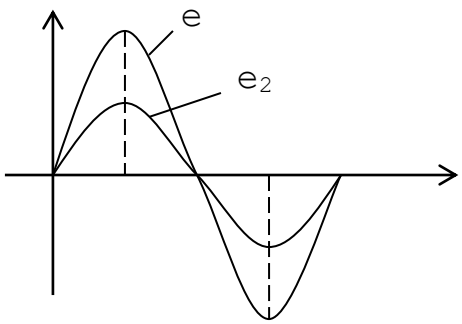
$e_1 = E_m \sin \omega t + \varphi_1$;  $e_2 = E_m \sin \omega t + \varphi_2$

Hai sđđ này có cùng biên độ $E_m$ cùng tần số. Vẽ đồ thị hình sin của 2 sđđ, từ đồ thị ta thấy $e_1$ và $e_2$ có dạng biến thiên tương tự nhau, nhưng $e_1$ luôn luôn biến thiên nhanh hơn $e_2$ một góc nào đó, như cực đại trước, triệt tiêu trước.

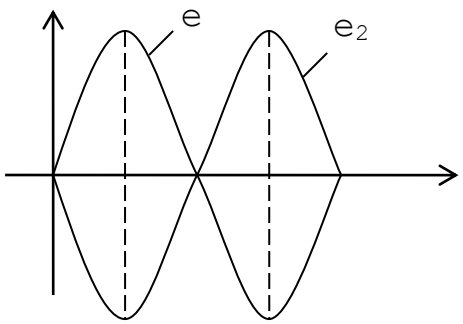
Lượng sai khác đó chính là hiệu 2 góc pha của $e_1$ và $e_2$ được gọi là góc lệch pha giữa 2 lượng hình sin kí hiệu là $\varphi_{12}$

$$\varphi_{12} = (\omega t + \varphi_1) - (\omega t + \varphi_2) = \varphi_1 - \varphi_2$$

- Nếu $\varphi_1 > \varphi_2$ thì $e_1$ vượt pha trước $e_2$ một góc bằng $\varphi_{12}$
- Nếu $\varphi_1 < \varphi_2$ thì $e_1$ chậm pha sau $e_2$
- Nếu $\varphi_1 = \varphi_2$ thì $\varphi_{12} = 0$ thì $e_1$ và $e_2$ là 2 lượng đồng pha. Hai lượng đồng pha sẽ có dạng biến thiên giống nhau như cùng cực đại, cùng triệt tiêu
- Nếu $\varphi_1 = \varphi_2 + \Pi \rightarrow \varphi_{12} = \pm\Pi$ thì $e_1$ và $e_2$ là 2 lượng đối pha. Hai lượng đối pha sẽ có dạng biến thiên ngược nhau. Khi $e_1$ âm thì $e_2$ dương và ngược lại.



*Hai lượng đồng pha*



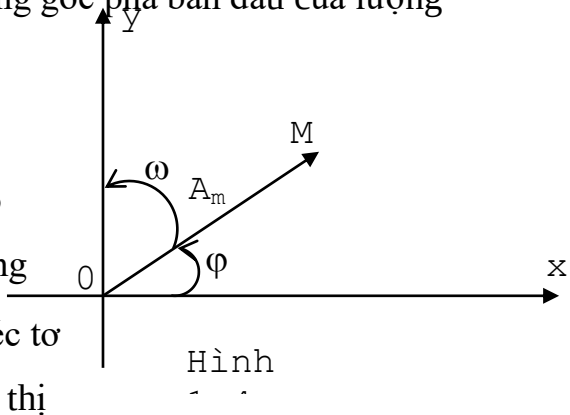
*Hai lượng đối pha*

### 1.6. Biểu diễn lượng hình sin bằng đồ thị véc tơ

#### 1.6.1. Nguyên tắc biểu diễn lượng hình sin bằng đồ thị véc tơ

Một lượng hình sin bất kỳ $a = A_m \sin(\omega t + \varphi)$ có thể biểu diễn dưới dạng véc tơ như sau:

- Chọn tỉ lệ xích thích hợp
- Trên mặt phẳng tọc độ, lấy một bán kính véc tơ OM có độ dài bằng trị cực đại $A_m$ ($OM = A_m$) và làm với trục hoành một góc bằng góc pha ban đầu của lượng hình sin φ (hình 1.4)



Hình

- Cho bán kính véc tơ $\overrightarrow{OM}$ quay quanh gốc toạ độ với tốc độ góc của lượng hình sin theo chiều dương ngược chiều kim đồng hồ. Véc tơ $\overrightarrow{OM}$ chính là véc tơ biểu diễn lượng hình sin đã cho và được gọi là đồ thị véc tơ của lượng hình sin a.

Từ đồ thị véc tơ ta có thể xác định được:

- Biên độ của lượng hình sin ($I_m$, $U_m$, $E_m$)

- Góc pha đầu của lượng hình sin($\varphi_i$, $\varphi_u$, $\varphi_e$)

- Tốc độ góc, chu kỳ, tần số.

Kí hiệu véc tơ a là $\vec{A}$.

### 1.6.2. Bài tập áp dụng

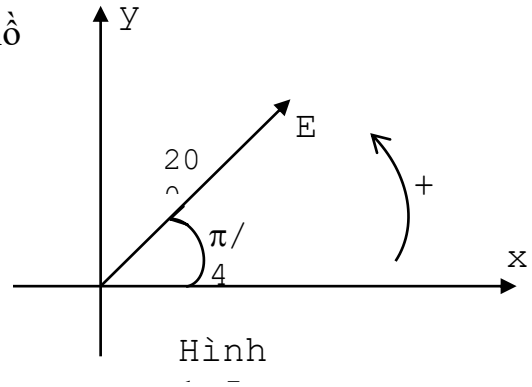
**Bài tập 1:** Biểu diễn sức điện động hình sin sau bằng đồ thị véc tơ:

$e = 200\sqrt{2}\sin(\omega + \frac{\Pi}{4})$

*Giải:*

- Vẽ hệ trục x0y

- Lấy véc tơ $\vec{E}$ có độ dài 200 và làm với trục ox một góc $\frac{\Pi}{4}$ ($45^0$) theo chiều dương ngược chiều kim đồng hồ

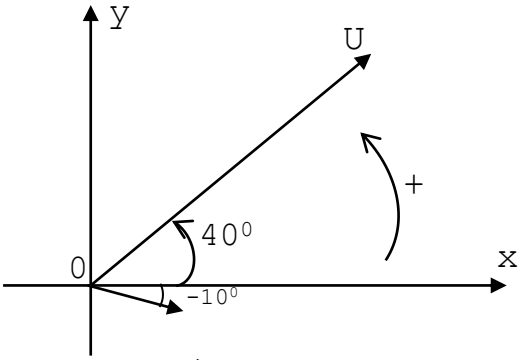


Hình

**Bài tập 2:** Hãy biểu diễn các dòng điện, điện áp sau bằng đồ thị véc tơ và chỉ ra góc lệch pha giữa dòng điện và điện áp (φ):

$i = 20\sqrt{2}\sin(\omega t - 10^0)$ (A)

$u = 100\sqrt{2}\sin(\omega t + 40^0)$ (A)



Hình

*Giải:*

- Vẽ hệ trục x0y

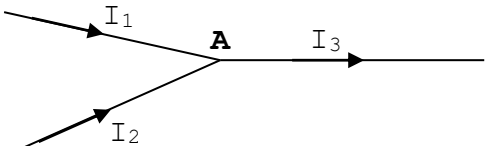
- Lấy véc tơ dòng điện $\vec{U}$ có độ dài 100 và làm với trục ox một góc $40^0$ theo chiều dương ngược chiều kim đồng hồ

- Lấy véc tơ dòng điện $\vec{I}$ có độ dài 20 và làm với trục ox một góc $-10^0$ (ngược chiều dương)

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

$\varphi = \varphi_u - \varphi_i = 40^0 - (-10^0) = 50^0$

**Bài tập 3:** Tính dòng điện $i_3$ trong hình 1.7



Cho biết trị số tức thời $i_1 = 16\sqrt{2}\sin\omega t$ (A)

$$I_2 = 12\sqrt{2}\sin(\omega t + 90^0)\ (A)$$

*Giải:*

- Áp dụng định luật Kiêckhôp 1 tại nút A, ta có: $i_3 = i_1 + i_2$

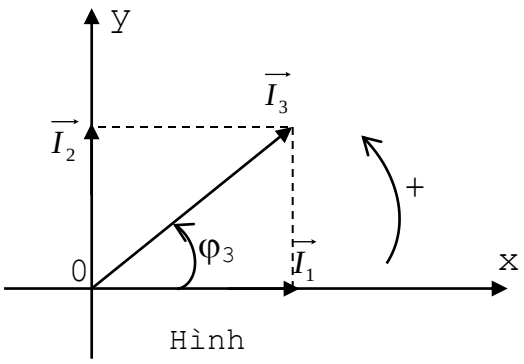
Ta không cộng trực tiếp trị số tức thời đã cho, mà biểu diễn chúng thành véc tơ:

$i_1 = 16\angle 0^0, i_2 = 12\angle 90^0$

Véc tơ $\vec{I_1} \equiv$ ox, có độ dài $I_1 = 16$

Véc tơ $\vec{I_2} \perp$ ox (≡ oy), có độ dài $I_2 = 12$

$\vec{I_3} = \vec{I_1} + \vec{I_2}$



Hình

- Trị số hiệu dụng của $I_3$:

$$I_3 = \sqrt{I^2_1 + I^2_2} = \sqrt{16^2 + 12^2} = 20(A)$$

- Góc pha đầu của dòng điện $i_3$ là $\varphi_3$, ta có:

$$\text{tg}\varphi_3 = \frac{12}{16} = 0{,}75 \Rightarrow \varphi_3 = 36{,}87^0$$

Vậy trị số tức thời của dòng điện $i_3$ là: $i_3 = 20\sqrt{2}\sin(\omega t + 36{,}87^0)$ (A)

## 2. Giải mạch điện xoay chiều không phân nhánh

### 2.1. Giải mạch R – L – C

### 2.1. Giải mạch R-L-C

#### 2.1.1. Mạch xoay chiều thuần điện trở

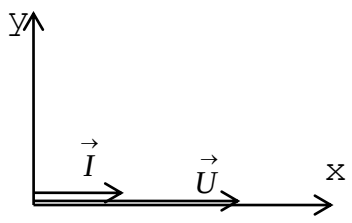
Mạch xoay chiều có hệ số tự cảm rất nhỏ có thể bỏ qua trong mạch chỉ có điện trở R được gọi là mạch thuần điện trở. Trong thực tế mạch của bóng đèn sợi đốt, lò điện, bếp điện… có thể coi là mạch xoay chiều thuần điện trở.

** Quan hệ dòng áp*

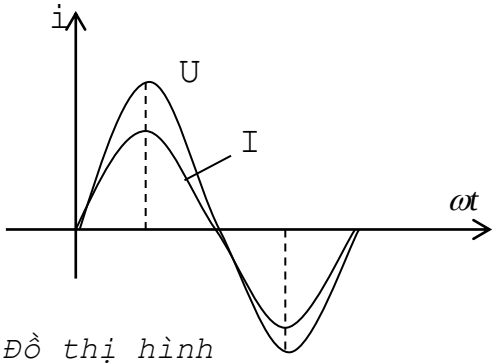
- Trong mạch xoay chiều thuần điện trở dòng điện và điện áp đồng pha

$u = U_m \sin \omega t$, $i = I_m \sin \omega t$

- Vẽ đồ thị hình sin và đồ thị vectơ



Đồ thị véctơ



Đồ thị hình sin

Định luật ôm: $I = \frac{U}{R}$

* Công suất: công suất tức thời trong mạch thuần điện trở

$P = u.i = U_m \sin \omega t . I_m \sin \omega t = U_m . I_m \sin^2 \omega t$

Thay $\sin^2 a = \frac{1-\cos 2a}{2}$ ta có :

$p = U_m . I_m . \frac{1-\cos 2\omega t}{2} = U.I.(1-\cos 2\omega t) = U.I - U.I.\cos 2\omega t$

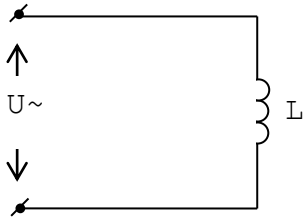
Như vậy công suất gồm có 2 thành phần

- Thành phần không đổi U.I
- Thành phần biến đổi $U.I.\cos 2\omega t$ là hàm số có tần số gấp đôi tần số dòng điện: Nếu lấy trung bình trong một chu kì của lượng $-U.I.\cos 2\omega t = 0$ chỉ còn lại thành phần không đổi p = P = U.I

Trị số trung bình của công suất trong một chu kì gọi là công suất tác dụng của dòng điện xoay chiều ta có: $P = U.I = I^2.R$

Đơn vị của công suất tác dụng là Ư, KW, MW

Công suất tác dụng còn gọi là công suất hữu công




### 2.1.2. Mạch xoay chiều thuần điện cảm

Mạch xoay chiều có cuộn dây hệ số tự cảm L khá lớn, còn điện trở R đủ bé có thể bỏ qua được gọi là mạch thuần điện cảm.

Giả sử 2 đầu đoạn mạch thuần điện cảm đặt vào điện áp xoay chiều U, trong mạch xuất hiện dòng điện i có biểu thức $i = I_m \sin \omega t$. Dòng điện i biến thiên làm xuất hiện sđđ tự cảm $e_L$ trong cuộn dây xác định theo công thức:

$e_L = - L . \frac{di}{dt}$

Áp dụng định luật kiêchốp 2 cho đoạn mạch ta có: $U_L + e_L = i.R = 0$ (vì R=0)

Ta có: $U = - e_L$

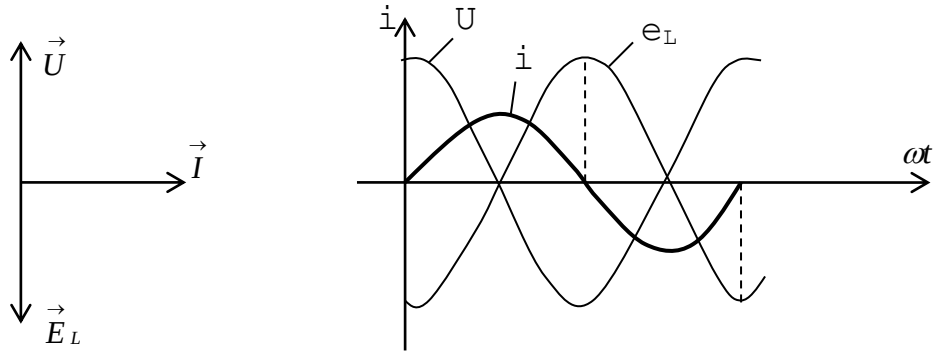
* *Quan hệ dòng áp*:

- Trong mạch xoay chiều thuần điện cảm, điện áp vượt pha trước dòng

điện 1 góc $\Pi/2$ hay $90^0$.

Biểu thức $i = I_m \sin \omega t$, $u = U_m \sin(\omega t + \Pi/2)$

- Vẽ đồ thị hình sin và đồ thị véctơ




** Định luật ôm – Cảm kháng*

$$I = \frac{U}{X_L} \qquad X_L = \omega.L = 2.\Pi.f.L$$

$X_L$ gọi là cảm kháng điện cảm của mạch xoay chiều gọi tắt là cảm kháng, đơn vị là $\Omega$

** Công suất – công suất phản kháng*

Công suất tức thời trong mạch thuần điện cảm

$$P = u.i = U_m.I_m.\sin \omega t.\sin(\omega t + \Pi/2) = U_m.I_m.\sin \omega t.\cos \omega t$$

Biến đổi lượng giác: Sin2a = 2cosa.sina Ta có:

$p = \frac{U_m.I_m^{'}}{2}.\sin 2\omega t = U.I.\sin 2\omega t$ Đó là 1 lượng hình sin có tần số gấp đôi, tần số dòng điện, biên độ là tích U.I

- ở 1/4 chu kỳ thứ nhất và thứ 3 của dòng điện i tăng, u và i cùng chiều nên p = u.i > 0 mạch nhận năng lượng của nguồn tích luỹ trong cuộn dây dưới dạng năng lượng từ trường

- ở 1/4 chu kỳ thứ 2 và thứ 4 của dòng điện, i giảm, u và i ngược chiều p = u.i < 0 mạch phóng trả năng lượng trong cuộn dây lại cho nguồn, cho đến khi năng lượng trong cuộn dây bằng 0.

Kết quả là mạch thuần điện cảm không tiêu thụ năng lượng, công suất trung bình trong 1 chu kỳ tức là công suất tác dụng p = 0. Trong mạch chỉ có sự trao đổi năng lượng giữa nguồn và từ trường. Để đặc trưng cho mức độ trao đổi năng lượng trong mạch, người ta dùng 1 đại lượng gọi là công suất phản kháng, kí hiệu là $Q_L$

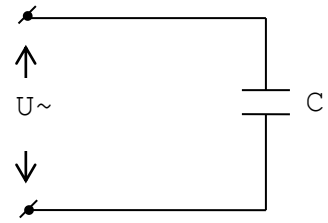
$Q_L = U.I = I^2.X_L = \frac{U^2}{X_L}$

- Công suất phản kháng còn gọi là công suất vô công

- Đơn vị là: Vônampe phản kháng ( VAR)

Bội số là: KVAR, MVAR. $1MVAR = 10^3 KVAR = 10^6$ VAR

### 2.1.3. Mạch xoay chiều thuần điện dung




Mạch xoay chiều có tụ điện, điện dẫn không đáng kể, hệ số tự cảm L rất nhỏ, chỉ có thành phần điện dung C gọi là mạch xoay chiều thuần điện dung

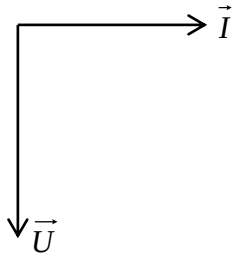
** Quan hệ dòng áp:*

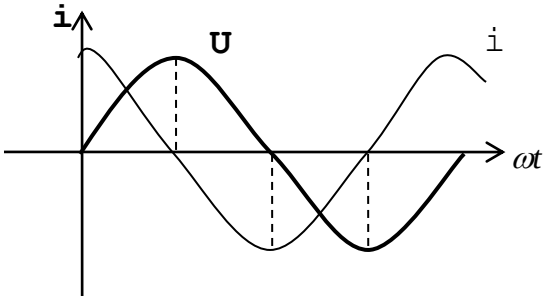
- Trong mạch xoay chiều thuần điện dung dòng điện vượt pha trước điện áp 1

góc $\Pi/2$.

- Biểu thức: $i = I_m \sin(\omega t + \Pi/2)$, $u = U_m.\sin\omega t$

- Vẽ đồ thị hình sin và đồ thị véctơ




** Định luật ôm – dung kháng*

$I = \frac{U}{X_C} \Rightarrow X_C = \frac{1}{\omega.C} = \frac{1}{2\Pi f}$

$X_C$ gọi là trở kháng điện dung của mạch xoay chiều gọi tắt là dung kháng ( đơn vị: $\Omega$)

** Công suất:*

Công suất tức thời trong mạch thuần điện dung

$p = u.i = U_m.\sin\omega t .I_m\sin(\omega t + \Pi/2)$

$= U_m.I_m.\sin\omega t .\cos\omega t = \frac{U_m.I_m}{2}.\sin 2\omega t = U.I.\sin 2\omega t$

Công suất biến thiên theo quy luật hình sin với tần số gấp đôi tần số dòng điện, biên độ là tích U.I

- ở 1/4 chu kỳ thứ nhất và thứ 3 của điện áp, dòng điện và điện áp cùng chiều p = u.i > 0 tụ điện nhận năng lượng của nguồn ( tụ nạp điện)

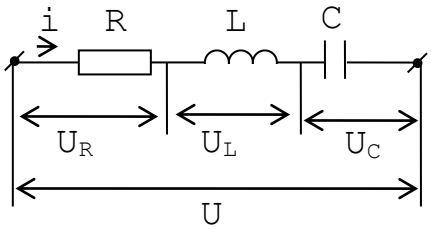
- ở 1/4 chu kỳ thứ 2 và thứ 4 của điện áp, dòng điện và điện áp ngược chiều p =u.i < 0 tụ phóng điện

Như vậy mạch xoay chiều thuần điện dung không tiêu thụ năng lượng, công suất tác dụng = 0 chỉ có sự trao đổi năng lượng giữa nguồn với tụ điện

Để đặc trưng cho mức độ năng lượng người ta dùng đại lượng là công suất phản kháng kí hiệu là $Q_C$

$$Q_C = U.I = I^2.X_C = \frac{U^2}{X_C}$$

### 2.1.4. Mạch xoay chiều có R- L- C nối tiếp




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

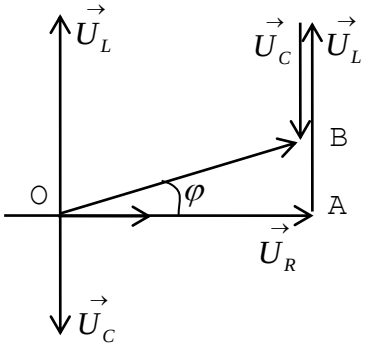
- Mạch xoay chiều không phân nhánh có cả 3 thành phần R, L, C nối tiếp. Giả sử đặt điện áp xoay chiều U vào mạch điện, trong mạch có dòng

$i = I_m.\sin \omega t$. Dòng điện qua R- L- C làm giáng trên đó những thành phần điện áp tương ứng.

- Thành phần trên điện trở $U_R$ gọi là thành phần tác dụng của điện áp đồng pha với dòng điện có trị số: $U_R = I.R$

- Thành phần trên điện cảm $U_L$ vượt pha trước dòng điện $90^0$ có trị số

$U_L = X_L. I$




- Thành phần trên điện dung $U_C$ chậm pha sau dòng điện $90^0$ có trị số

$U_C = X_C. I$

- Vẽ đồ thị véctơ: (h.v)

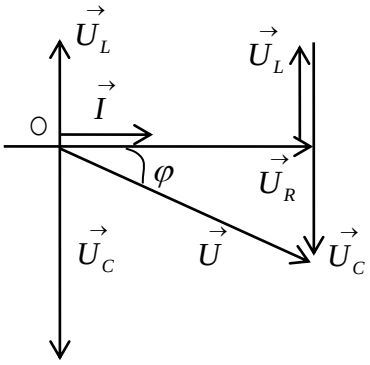
- Điện áp đặt vào trong mạch bằng tổng các điện áp thành phần

$U = U_L + U_C + U_R$ hay cộng véctơ: $\dot{U} = \dot{U}_R + \dot{U}_L + \dot{U}_C$

Vectơ U là cạnh huyền của $\Delta$vuông OAB. Hai cạnh góc vuông:

- Cạnh OA = $U_R$= I.R là thành phần tác dụng

- Cạnh AB = $U_L - U_C$ = I.($X_L - X_C$) = I.X = $U_X$ là thành phần phản kháng.




Tam giác vuông có 2 cạnh vuông góc là 2 thành phần điện áp, cạnh huyền là vecto điện áp tổng, được gọi là tam giác điện áp của mạch xoay chiều phân nhánh. Từ tam giác điện áp theo định lý pitago ta có:

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

- Về pha điện áp lệch pha với dòng điện 1 góc $\varphi$

$$\text{tg}\varphi = \frac{AB}{OA} = \frac{U_X}{U_R} = \frac{U_L - U_C}{U_R}$$

Biểu thức hình sin của điện áp: $U = U_m \sin(\text{ựt} + \text{ử})$

- Khi $X_L > X_C \rightarrow U_L > U_C$ , $\varphi > 0$ điện áp vượt pha trước dòng điện, mạch có tính chất điện cảm.

- Khi $X_L < X_C \rightarrow U_L < U_C$ , $\varphi < 0$ điện áp chậm pha sau dòng điện, mạch có tính chất điện dung.

Từ tam giác điện áp nếu biết U và góc lệch pha $\varphi$ thì sẽ xác định được các thành phần điện áp theo công thức: $U_R$ = U.cosử ; $U_X$ = u.sinử

*b. Định luật ôm – Tổng trở – tam giác trở kháng*

** Định luật ôm*

Từ công thức $U = \sqrt{U_R^2 + (U_L - U_C)^2} = I.\sqrt{R^2 + (R_L - R_C)^2}$

$$\Rightarrow I = \frac{U}{\sqrt{R^2 + (R_L - R_C)^2}};$$

$\sqrt{R^2 + (R_L - R_C)^2} = Z$ được gọi là trở kháng toàn phần, hay tổng trở của mạch xoay chiều đơn vị là $\Omega$.

Công thức định luật ôm trong mạch R- L- C nối tiếp: $I = \frac{U}{R}$

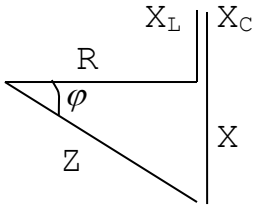
$X_L - X_C = X$ được gọi là trở kháng phản kháng của mạch hay điện kháng.

* Tam giác trở kháng

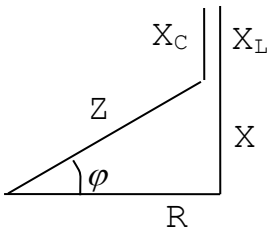
Nếu chia cả 3 cạnh của tam giác điện áp OAB cho dòng điện I ta được 1 tam giác mới đồng dạng với tam giác cũ có 3 cạnh là 3 thành phần trở kháng được gọi là tam giác trở kháng hay tam giác tổng trở.

- Cạnh huyền Z = $\frac{U}{I}$ là tổng trở

- hai cạnh góc vuông: $\frac{U_R}{I} = R$ điện trở ; X = $\frac{U_X}{I}$ điện kháng




$X_L < X_C$




$X_L > X_C$

- Từ tam giác trở kháng nếu biết R, X thì xác định được Z và góc lệch pha $\varphi$ : Z = $\sqrt{R^2 + X^2} = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$

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

Nếu $X_L > X_C$ thì $\varphi > 0$; $X_L < X_C$ thì $\varphi < 0$

- Nếu biết tổng trở Z và góc lệch pha $\varphi$ thì tìm được 2 thành phần trở kháng:

R = Z.cosω; X= Zsinω

*c, Công suất – tam giác công suất*

* Công suất

Công suất tức thời của mạch: p = u.i = $U_m \sin(\omega t + \varphi).I_m \sin \omega t$

Biến đổi theo công thức: sina.sinb = $\frac{1}{2}.[\cos(a-b) - \cos(a+b)]$

Ta có: p = $U_m.I_m.\frac{1}{2}.[\cos(\omega t + \varphi - \omega t) - \cos(\omega t + \varphi + \omega t)]$

$$= U.I.[\cos\varphi - \cos(2\omega t + \varphi)] = U.I.\cos\varphi - U.I.\cos(2\omega t + \varphi)$$

Công suất tức thời gồm 2 thành phần:

- Thành phần không đổi $U.I.\cos\varphi$

- Thành phần biến đổi $-U.I.\cos(2\omega t + \varphi)$ có f gấp đôi f dòng điện

+ Công suất tác dụng: Là công suất trung bình trong một chu kì chính là thành phần

không đổi vì thành phần biến đổi $U.I.\cos(2\omega t + \varphi)$ lấy trung bình trong một chu kì bằng 0 nên: P = $U.I.\cos\varphi$ = $I.U_R = I^2.R = \frac{U_R^2}{R}$

+ Công suất phản kháng

Mạch có cuộn dây và tụ điện nên có hiện tượng trao đổi năng lượng giữa nguồn với tụ điện và cuộn dây.

Công suất phản kháng của mạch: $Q= I.U_X = U.I.\sin\varphi = I^2.(X_L-X_c) = Q_L-Q_C$

+ Công suất biểu kiến

Trong trường hợp tổng quát mạch xoay chiều có 2 loại công suất

- Công suất tác dụng p là công suất trung bình tiêu thụ trên điện trở R
- Công suất phản kháng Q đặc trưng cho sự trao đổi năng lượng giữa nguồn với các trường
- Nhưng cả 2 loại công suất này chưa đặc trưng cho khả năng làm việc của thiết bị. Để đặc trưng cho khả năng chứa công suất của thiết bị người ta dùng một khái niệm công suất khác đó là công suất biểu kiến hay công suất toàn phần S: $S = U.I = I^2.Z$

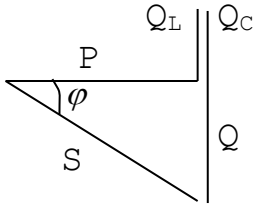
Đơn vị của công suất biểu kiến là VA; $(1MVA = 10^3KVA = 10^6VA)$

<u>* Tam giác công suất</u>

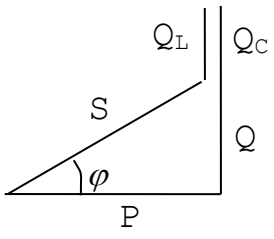
Nếu đem nhân cả 3 cạnh của tam giác trở kháng nhân với $I^2$ thì ta được một tam giác mới đồng dạng với tam giác trở kháng có 3 cạnh là 3 thành phần công suất được gọi là tam giác công suất

- Cạnh huyền $I^2.Z = S$ là công suất toàn phần
- Hai cạnh góc vuông: $I^2.R = P$ là công suất tác dụng

$I^2.X = Q$ là công suất phản kháng




$X_L > X_C$




$X_L < X_C$

Từ tam giác công suất biết P và Q ta tính được S và góc lệch pha $\varphi$

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

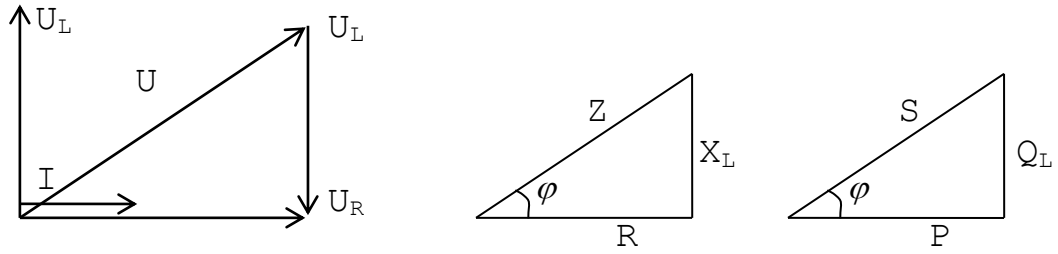
$$\text{tg}\varphi = \frac{Q}{P} = \frac{Q_L-Q_C}{P}$$

Ngược lại nếu biết S và $\varphi$ ta tính được P và Q: $P = S.\cos\varphi$; $Q= S.\sin\varphi$

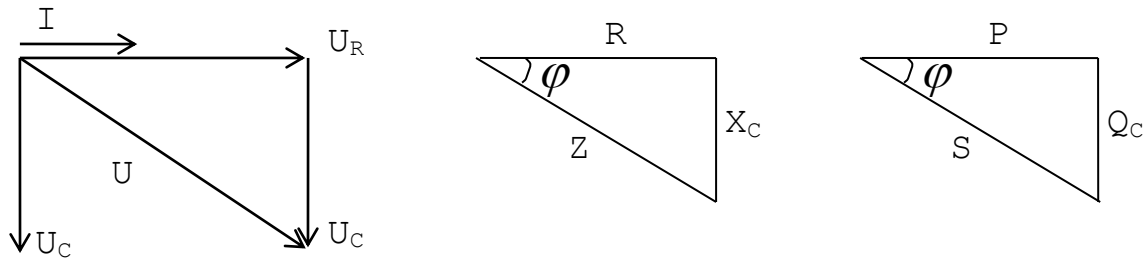
*d. Các trường hợp riêng*

Một trong 2 thành phần điện cảm và điện dung thường vắng mặt trong mạch. Khi đó tất cả các lí luận trên đều đúng

* Khi mạch chỉ có điện trở và điện cảm thì bỏ thành phần điện áp trở kháng và công suất của tụ điện và ta có 3 tam giác sau




* Mạch có điện trở và điện dung R, C thì bỏ thành phần điện áp trở kháng và công suất của điện cảm ta có tam giác sau:



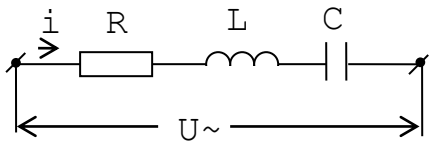

* Mạch thuần phản kháng( L-C), R = 0

- Nếu XL>XC thì mạch có tính chất giống như mạch thuần điện cảm
- Nếu XL<XC thì mạch có tính chất giống như mạch thuần điện dung
- Nếu XL=XC thì mạch có trạng thái cộng hưởng điện áp

*e. Bài tập*

** Bài tập 1:* Cho mạch điện như hình vẽ có U = 127V, R= 12Ω,

L = 160mHz, C= 127mF, f = 50Hz




Tính dòng điện và các thành phần của tam giác điện áp, tam giác công suất và đồ thị vectơ

Giải:

- Các thành phần trở kháng:

$X_L = 2.\Pi.f = 2.3,14.50.160.10^{-3} = 50\ \Omega$

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

$X = X_L - X_C = 50 - 25 = 25\ \Omega$

$Z = \sqrt{R^2 + X^2} = \sqrt{12^2 + 25^2} = 27{,}7\Omega$

Dòng điện trong mạch: $I = \frac{U}{Z} = \frac{127}{27{,}7} = 4{,}6A$

- Các thành phần của tam giác điện áp:

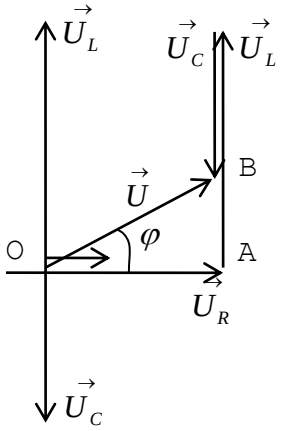
$U_R = I.R = 4{,}6.12 = 55{,}2$ V

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

$U_C = I.X_C = 4{,}6.\ 25 = 115$ V

$U_X = I.X = 4{,}6.\ 25 = 115$ V

Góc lệch pha giữa dòng và áp: $tg\varphi = \frac{X}{R} = \frac{25}{12} = 2{,}08 \Rightarrow$




$\varphi = 64^0 20'$

$\varphi > 0$ nếu điện áp lệch pha trước dòng điện

- Vẽ đồ thị vectơ:

- Công suất tác dụng: $P = I^2.R = 4{,}6^2.12 = 254$W

- Công suất phản kháng: $Q = I^2.X = 4{,}6^2.25 = 259$ VAR

- Công suất toàn phần: $S = U.I = 127.4{,}6 = 584$ VA

** Bài tập 2*

Một cuộn dây khi đặt vào điện áp 1 chiều 48V, dòng điện qua nó là 8A. Đặt vào điện áp 120V, 50Hz thì dòng điện qua nó là 12A. Tìm điện trở và điện cảm cuộn dây?

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

Trên hình vẽ là mạch có 2 tổng trở $Z_1$, $Z_2$ mắc nối tiếp. Giả sử $Z_1$ có thành phần tác dụng là $R_1$, thành phần phản kháng là $X_1$. tương tự $Z_2$ có $R_2$ và $X_2$. Dòng điện I qua Z tạo sụt áp $U_1$ vơi 2 thành phần $U_{1R}$ đồng pha với I, $U_{1X}$ lệch pha với I 1 góc $90^0$. Tương tự I qua $Z_2$ tạo ra sụt áp $U_2$ với 2 thành phần $U_{2R}$ đồng pha với I và $U_{2X}$ lệch pha với I 1 góc $90^0$.

Điện áp trên toàn mạch : $\dot{U} = \dot{U}_1 + \dot{U}_2$ ( vẽ đồ thị vectơ)

Có 2 thành phần $U_R$ và $U_X$ xác định như sau:

$U_R = U_{1R} + U_{2R} = I.(R_1 + R_2) = I.R$

$U_X = U_{1X} + U_{2X} = I.(X_1 + X_2) = I.X$

$R = R_1 + R_2$ ; $X = X_1 + X_2$ là trở kháng tác dụng và phản kháng chung của mạch.

Trường hợp tổng quát: $R = R_1 + R_2 + \ldots + R_n = \sum R_i$

$X = X_1 + X_2 + \ldots + X_n = \sum X_i$

Tổng trở chung của mạch: $Z = \sqrt{R^2 + X^2}$

Góc lệch pha giữa dòng điện và điện áp chung của mạch $tg\varphi = \frac{X}{R}$

Các thành phần của $\Delta$ điện áp, công suất xác định từ $\Delta$ trở kháng như trên

* Bài tập:

Cuộn dây có $R_1 = 6\ \Omega$; $X_L = 11\Omega$ mắc nối tiếp với 1 tụ điện $X_C = 17,5\ \Omega$ và điện trở $R = 4\Omega$ đặt vào điện áp U = 125 V. Tính dòng điện trong mạch, các thành phần của $\Delta$ điện áp và đồ thị véctơ.

Giải:

$R = R_1 + R_2 = 6 + 4 = 10\ \Omega$

$X = X_L + X_C = 10 - 17,5 = -7,5\ \Omega$

$Z = \sqrt{R^2 + X^2} = \sqrt{10^2 + (-7,5)^2} = 12,5\Omega$

Dòng điện trên mạch $I = \frac{U}{Z} = \frac{125}{12,5} = 10A$

Góc lệch pha $tg\varphi = \frac{X}{R} = \frac{-7,5}{10} = -0,75 \Rightarrow \varphi = -36^0 50'$

$\varphi < 0$ nên dòng điện vượt pha trước điện áp

- Các thành phần của $\Delta'$ điện áp

$U_R = I.R = 10.10 = 100V$

$U_X = I.X = 10.(-7,5) = -75V$

- Các thành phần điện áp trên $Z_1$: $U_{1R} = I.R_1 = 10.6 = 60V$

$U_{1X} = I.X_C = 10.10 = 100V$

$U = \sqrt{U_{1R}^2 + U_{1X}^2} = \sqrt{60^2 + 100^2} = 117V$

$tg\varphi = \frac{U_{1X}}{U_{1R}} = \frac{100}{60} = 1,67 \Rightarrow \varphi_1 = 59^0$

- Các thành phần điện áp trên $Z_2$

$U_{2R} = I.R_2 = 10.\ 4 = 40V$

$U_{2X} = I.X_2 = 10.\ (-17,5) = -175V \Rightarrow U_C = 175\ V$

$U_2 = \sqrt{U_{2R}^2 + U_{2X}^2} = \sqrt{40^2 + (-175)^2} = 179V$

$tg\varphi_2 = \frac{U_{2X}}{U_{2R}} = \frac{175}{40} = -4.375 \Rightarrow \varphi_2 = -77^0 10'$

- Vẽ đồ thị véc tơ.

* Bài tập 2 (SGK)

### 2.3. Cộng hưởng điện áp

*2.3.1. Hiện tượng và tính chất*

Trong mạch R-L-C nối tiếp 2 thành phần $U_L$ và $U_C$ ngược pha nhau, trị số của chúng ngược pha nhau ở mọi thời điểm và có tác dụng bù trừ nhau. Nếu $U_L = U_C$ thì chúng triệt tiêu nhau điện áp nguồn chỉ còn thành phần đặt vào điện trở $U = U_R$ mạch có hiện tượng cộng hưởng điện điện áp.

- Khi mạch cộng hưởng $U_L = U_C$ ; $X_L = X_C$ ; $Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2} = R$

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

Trong mạch cộng hưởng dòng điện đồng pha với điện áp, tổng trở bằng điện trở.

- Đồ thị hình sin và đồ thị véctơ.

- Dòng điện trong mạch cộng hưởng: $I = \frac{U}{Z} = \frac{U}{R}$ sẽ có giá trị lớn nhất với điện áp U đã cho.

- Nếu điện trở R càng nhỏ so với $X_L$ và $X_C$ thì điện áp trên điện cảm $U_L$ càng nhỏ $U_C$ càng lớn so với điện áp trên điện trở $U_R$ ( cũng là điện áp nguồn U). Tỷ số giữa $X_L$ hay $X_C$ đối với điện trở R gọi là hệ số phẩm chất của mạch cổng hưởng ký hiệu là q

$$q = \frac{X_L}{R} = \frac{I.X_L}{I.R} = \frac{U_L}{U_R} = \frac{U_L}{U} \text{ hay } q = \frac{X_C}{R} = \frac{I.X_C}{I.R} = \frac{U_C}{U_R} = \frac{U_C}{U}$$

Hệ số phẩm chất q cho biết khi cộng hưởng điện áp, điện áp cục bộ trên cuộn cảm hay tụ điện gấp mấy lần điện áp nguồn.

* Công suất tức thời trên cuộn cảm và tụ điện

$P_L = i.u_L = - i.u_C = -P_C$

Như vậy ở mọi thời điểm $P_L$ và $P_C$ bằng nhau về trị số, ngược nhau về dấu. Khi $P_L > 0$ thì $P_C < 0$ cuộn dây tích luỹ năng lượng từ trường thì tụ điện phóng năng lượng điện trường. Khi $P_L < 0$ thì $P_C > 0$ thì ngược lại. Như vậy khi mạch cộng hưởng xảy ra sự trao đổi năng lượng hoàn toàn giữa tụ điện và cuộn dây còn năng lượng nguồn chỉ tiêu hao trên điện trở R.

*2.3.2. Ý nghĩa thực tế*

Hiện tượng cộng hưởng có nhiều ứng dụng trong KTĐ. Tạo ra 1 điện áp lớn ( trên cuộn cảm hay tụ điện) khi điện áp nguồn nhỏ. Thường dùng trong thí nghiệm, trong mạch lọc tần số, ứng dụng trong KTĐ.

Tuy nhiên nếu xảy ra cộng hưởng trong mạch điện không ứng với chế độ làm việc bình thường sẽ dẫn tới hậu quả có hại như điện áp cục bộ trên cuộn dây hay tụ điện qúa lớn vượt trị số cho phép làm nguy hiểm cho thiết bị và người vận hành.

## 3. Giải mạch xoay chiều phân nhánh

### 3.1. Phương pháp đồ thị vectơ.

#### 3.1.1. Mạch song song điện trở - điện cảm - điện dung

Giả sử điện trở R, điện cảm L, điện dung C mắc song song ( hình vẽ) đặt vào điện áp u có biểu thức $u = U_m \sin \omega t$.

Dòng điện qua điện trở $i_R$ đồng pha với điện áp có trị số $I_R = \frac{U}{R} = g.U$

$g = \frac{1}{R}$ gọi là điện dẫn tác dụng

- Dòng điện qua điện cảm $i_C$ chậm sau điện áp $90^0$ có trị số

$I_L = \frac{U}{X_L} = b_L.U$ $b_L$ là điện dẫn cảm kháng

- Dòng điện qua điện dung $i_C$ vượt trước điện áp $90^0$ có trị số:

$I_C = \frac{U}{X_C} = b_C.U$ $b_C$ là điện dẫn dung kháng

- Dòng điện trong mạch chính bằng tổng các dòng điện thành phần:

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

- Vẽ đồ thị véctơ, từ đồ thị vectơ ta thấy $I_L$ và $I_C$ đối pha nhau

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

$I_X$ gọi là thành phần phản kháng của dòng điện

$\Delta$ vuông OAB có 3 cạnh là 3 thành phần dòng điện được gọi là $\Delta$ dòng điện

- Cạnh huyền AB = I là dòng điện tổng

- Hai cạnh góc vuông OA = $I_R$ là thành phần tác dụng

AB = $I_X$ là thành phần phản kháng

Từ $\Delta$ dòng điện ta có công thức sau: $I = \sqrt{I_R^2 + I_X^2}$ , $\text{tg}\varphi = \frac{I_X}{I_R}$

$I_R = I.\cos\varphi$ ; $I_X = I.\sin\varphi$

### 3.1.2. Mạch xoay chiều có tổng trở mắc song song

Xét 2 mạch nhánh song song mỗi nhánh gồm 1 điện trở và 1 điện cảm đặt vào điện áp $u = U_{m.}.\sin\omega t$

- Tổng trở và góc lệch pha trong mỗi nhánh: $Z_1 = \sqrt{R_1^2 + X_1^2}$ ; $\text{tag}\varphi_1 = \frac{X_1}{R_1}$

$Z_2 = \sqrt{R_2^2 + X_2^2}$ ; $\text{tag}\varphi_2 = \frac{X_2}{R_2}$

- Dòng điện ở nhánh thứ nhất và nhánh thứ 2

$i_1 = \frac{U_m}{Z_1}.\sin(\omega t - \varphi_1) = I_{1m}.\sin(\omega t - \varphi_1)$ ; $i_2 = \frac{U_m}{Z_2}.\sin(\omega t - \varphi_2) = I_{2m}.\sin(\omega t - \varphi_2)$

- Trị số hiệu dụng của các dòng điện: $I_1 = \frac{U}{Z_1} = Y_1.U$ ; $I_2 = \frac{U}{Z_2} = Y_2.U$

$Y_1$ và $Y_2$ là tổng dẫn của nhánh: $Y_1 = \frac{1}{Z_1}; Y_2 = \frac{1}{Z_2}$

Các dòng điện này lệch pha với điện áp các góc tương ứng là $\varphi_1;\varphi_2$. Dòng điện tức thời ở mạch chính bằng tổng dòng điện tức thời ở các nhánh.

$i = i_1 + i_2 = I_{1m}.\sin(\omega t - \varphi_1) + I_{2m}.\sin(\omega t - \varphi_2) = I_m.\sin(\omega t - \varphi)$

Từ đồ thị vectơ áp dụng hệ thức lượng cho tam giác OAB ta có:

$I = \sqrt{I_1^2 + I_2^2 - 2I_{1.}I_2.\cos OAB} = \sqrt{I_1^2 + I_2^2 + 2I_{1.}I_2.\cos COA} =$

$= \sqrt{I_1^2 + I_2^2 + 2I_{1.}I_2.\cos(\varphi_1 - \varphi_2)}$

### 3.1.3. Bài tập

Mạch điện có $R = 20\Omega$ đấu song song với điện cảm $X_L = 10\Omega$, đặt vào điện áp xoay chiều có biểu thức $u = 24\sqrt{2}.\sin 314t$

Xác định dòng điện trong các nhánh, vẽ đồ thị vectơ

Giải:

- Trị số hiệu dụng của điện áp U=24V

- Dòng điện qua điện trở: $I_R = \frac{U}{R} = \frac{24}{20} = 1,2A$

- Dòng điện qua điện cảm: $I_L = I_X = \frac{U}{X_L} = \frac{24}{10} = 2,4A$

- Dòng điện trong nhánh chính: $I = \sqrt{I_R^2 + I_X^2} = \sqrt{1,2^2 + 2,4^2}$ =2,68A

- Góc lệch pha giữa dòng điện và điện áp: $\text{tg}\varphi = \frac{I_X}{I_R} = \frac{2,4}{1,2} = 2 \rightarrow \varphi = 78^0 40'$

- Vẽ đồ thị vécto: $\varphi > 0$, dòng điện chậm sau điện áp

### 3.2. Phương pháp tổng dẫn

#### 3.2.1 Mạch gồm 1 nhánh

Xét nhánh gồm điện trở R và điện kháng X đặt vào điện áp U (h.a). Dòng điện I lệch pha điện áp một góc $\varphi$ ( h.b). Phân tích dòng điện thành 2 thành phần

- $I_R$ đồng pha với điện áp gọi là thành phần tác dụng của dòng điện

$I_R = I.\cos\varphi = \frac{U}{Z}.\frac{R}{Z} = U.\frac{R}{Z^2} = U.g$ với g gọi là điện dẫn tác dụng của nhánh

$g = \frac{R}{Z^2}$

- $I_X$ lệch pha với điện áp một góc 90 độ gọi là thành phần phản kháng của dòng điện

$I_x = I.\sin\varphi = \frac{U}{Z}.\frac{X}{Z} = U.\frac{X}{Z^2} = U.b$ với $b = \frac{X}{Z^2}$ gọi là điện dẫn phản kháng của nhánh

- Tam giác ABC có 2 cạnh là 2 thành phần dòng điện nhánh, còn cạnh huyền là dòng điện tổng được gọi là tam giác dòng điện nhánh

Từ tam giác dòng điện nhánh ta có: $I = \sqrt{I_R^2 + I_X^2}$ ; $\text{tg}\varphi = \frac{I_X}{I_R}$

- Vẽ vectơ dòng điện nhánh I là tổng 2 vectơ thành phần: $\dot{I} = \dot{I}_R^2 = \dot{I}_X^2$ . Từ đó ta có thể thay thế nhánh hình a bởi sơ đồ tương đương gồm 2 nhánh song song, một nhánh thuần tác dụng, một nhánh thuần phản kháng (hc)

- Đem chia cả 3 cạnh của tam giác dòng điện ABC cho điện áp U ta được tam giác mới đồng dạng với tam giác dòng điện có 3 cạnh lần lượt là:

+ Cạnh huyền $Y = \frac{I}{U}$ là tổng dẫn nhánh

+ 2 cạnh góc vuông: $g = \frac{I_R}{U}$ là điện dẫn tác dụng

$b = \frac{I_X}{U}$ là điện dẫn phản kháng

Vì thế tam giác này gọi là tam giác điện dẫn (hd)

Từ tam giác điện dẫn ta có: Y = $\sqrt{g^2+b^2}$ ; tg$\varphi = \frac{b}{g}$; g= Ycos$\varphi$; b = sin$\varphi$

- Công suất của nhánh: P = U.I.cos$\varphi$=U.$I_R$ = $U^2$.g

Q = U.I.sin$\varphi$=U.$I_X$= $U^2$.b; S= U.I = $U^2$.Y

### 3.2.2. Mạch gồm 2 nhánh song song

Xét một mạch gồm 2 nhánh song song (ha). Thay thế mỗi nhánh đó bởi sơ đồ tương đương (hc). Trong đó điện dẫn tác dụng và phản kháng của mỗi nhánh:

$g_i = \frac{R_i}{Z_i^2} = \frac{R_i}{R_i^2 + X_i^2}$; $b_i = \frac{X_i}{Z_i^2} = \frac{X_i}{R_i^2 + X_i^2}$

- Dòng điện trong mỗi nhánh gồm 2 thành phần:

+ Thành phần tác dụng đồng pha với U có trị số $I_{Ri}$ = U.$g_i$

+ Thành phần phản kháng lệch với điện áp một góc 90 độ có trị số $I_{Xi}$ = U.$b_i$

- Dòng điện trong mạch chính bằng tổng vectơ các dòng điện nhánh cũng gồm 2 thành phần

+ Thành phần tác dụng: $I_R = I_{R1} + I_{R2}$ = U.$g_1$+U.$g_2$ = U.($g_1 + g_2$) = U.g

+ Thành phần phản kháng: $I_X = I_{X1} + I_{X2}$ = U.$b_1$+U.$b_2$ = U.($b_1 + b_2$) = U.b

g là điện dẫn tác dụng tương đương của các nhánh song song:

$g=g_1+g_2 = \sum g_i$

b là điện dẫn phản kháng tương đương của các nhánh song song

$b=b_1+b_2 = \sum b_i$

Tổng dẫn tương đương và góc lệch pha giữa dòng điện trong mạch chính với điện áp chung xác định từ tam giác điện dẫn

Y = $\sqrt{g^2+b^2}$ ; tg$\varphi = \frac{b}{g}$

Tổng trở của nhánh tương đương Z = $\frac{1}{Y} = \frac{1}{\sqrt{g^2+b^2}}$

### 3.2.3. Các bước giải

B1: Tính điện dẫn tác dụng và phản kháng của mỗi nhánh

B2: Tính điện dẫn tác dụng và phản kháng của nhánh tương đương

B3: Tính tổng dẫn của nhánh tương đương từ đó tính được dòng điện mạch chính

I = Y.U.

Góc lệch pha giữa dòng điện chính và điện áp: $\text{tg}\varphi = \frac{b}{g}$

B4: Tính dòng điện và góc lệch pha ở mỗi nhánh:

$I_1 = U.Y_1 = U.\sqrt{g_1^2 + b_1^2}$ ; $\text{tg}\varphi_1 = \frac{b_1}{g_1}$

Hoặc cũng có thể tính theo tam giác trở kháng: $I_i = \frac{U}{Z_1} = \frac{U}{\sqrt{R_1^2 + X_1^2}}; tg\varphi = \frac{X_i}{R_i}$

### 2.3.4. Bài tập

Mạch điện gồm 2 nhánh song song, nhánh 1 có $R_1 = 2\Omega$, $X_1 = X_{L1} = 3\Omega$; nhánh 2 có $R_2 = 3\Omega$, $X_2 = X_{L2} = 1\Omega$. Điện áp chung đặt vào các nhánh là $U_{xc}$ có trị số là 230V. Xác định dòng điện và góc lệch pha trong mỗi nhánh và nhánh chung, công suất toàn mạch tiêu thụ.

Giải.

- Các thành phần của tam giác điện dẫn nhánh 1:

$g_1 = \frac{R_1}{R_1^2 + X_1^2} = \frac{2}{2^2 + 3^2} = 0{,}154s$ ; $b_1 = \frac{X_1}{R_1^2 + X_1^2} = \frac{3}{2^2 + 3^2} = 0{,}231s$

$Y_1 = \sqrt{g_1^2 + b_1^2} = \sqrt{0{,}154^2 + 0{,}231^2} = 0{,}265s$

- Các thành phần của tam giác điện dẫn nhánh 2:

$g_2 = \frac{R_2}{R_2^2 + X_2^2} = \frac{3}{3^2 + 1^2} = 0{,}3s$ ; $b_2 = \frac{X_2}{R_2^2 + X_2^2} = \frac{1}{3^2 + 1^2} = 0{,}1s$

$Y_2 = \sqrt{g_2^2 + b_2^2} = \sqrt{0{,}3^2 + 0{,}1^2} = 0{,}316s$

- Các thành phần của tam giác điện dẫn nhánh tương đương

$g = g_1 + g_2 = 0{,}154 + 0{,}3 = 0{,}454s$

$b = b_1 + b_2 = 0{,}231 + 0{,}1 = 0{,}331s$

$Y = \sqrt{g^2 + b^2} = \sqrt{0{,}454^2 + 0{,}331^2} = 0{,}57s$

- Dòng điện và góc lệch pha trong nhánh chính

$I = U.Y = 230.0{,}57 = 131{,}1A$

$\text{tg}\varphi = \frac{b}{g} = \frac{0{,}331}{0{,}454} = 0{,}729 \rightarrow \varphi = 35^o10'$

- Dòng điện và góc lệch pha trong các nhánh rẽ

$I_1 = U.Y_1 = 230.0{,}265 = 60{,}95A$

$\text{tg}\varphi_1 = \frac{b_1}{g_1} = \frac{0{,}231}{0{,}154} = 1{,}5 \rightarrow \varphi_1$

$I_2 = U.Y_2 = 230.0,316 = 72,68A$

$\text{tg}\varphi_2 = \frac{b_2}{g_2} = \frac{0,1}{0,3} = 0,333 \rightarrow \varphi = 18^o25'$

- Công suất toàn mạch tiêu thụ

$P = U^2.g = 230^2.0,454 = 24016,6W = 24,016KW$

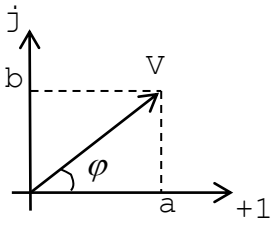
$Q = U^2.b = 230^2.0,331 = 17510Var = 17,5KVAr$

$S = U^2.Y = 230^2.0,57 = 30153VA = 30,153KVA$

### 3.3.Phương pháp biên độ phức

#### 3.3.1. Khái niệm và các phép tính của số phức

*a. Định nghĩa*: Số phức $\dot{V} = a + jb$ là một lượng gồm 2 thành phần ( a được gọi là thành phần thực, jb được gọi là phần ảo). a và b là các số thực và là 2 thành phần khác hẳn nhau về bản chất, nó độc lập tuyến tính và trực giao không thể thay thế cho nhau được, j = $\sqrt{-1}$ là đơn vị ảo.




*b. Các dạng biểu diễn số phức*

- Dạng đại số: $\dot{V} = a + jb$

- Dạng số mũ: $\dot{V} = v.e^{j\varphi} = v\angle\varphi$ trong đó v gọi là môđun, $\varphi$ gọi là acgumen hoặc gọi là góc

- Dạng véctơ: Được biểu diễn trên hệ trục toạ độ phức (+1,j) (h.v). Véctơ V có chiều dài bằng modul V lập với trục +1 một góc bằng acgumen ( hoặc có hoành độ là phần thực và tung độ là phần ảo jb)

Công thức biên độ giữa 4 đại lượng a, b, V, $\varphi$

$V = \sqrt{a^2 + b^2}$ $\qquad$ $a = V.\cos\varphi = R_e\left\{\dot{V}\right\}$

$\varphi = \text{arctg}\frac{b}{a}$ $\qquad$ $b = V.\sin\varphi = I_m\left\{\dot{V}\right\}$

*c. Các số phức cần chú ý*

- Các số phức đặt biệt: Theo công thức ơle: $e^{jx} = \cos x + j\sin x$

Ta có: $e^{j\varphi} = \cos\varphi + j\sin\varphi \Rightarrow$ là 1 số phức có modul bằng 1, acgumen bằng $\varphi$

$$e^{j\frac{\Pi}{2}} = \cos\frac{\Pi}{2} \pm j.\sin\frac{\Pi}{2} = \pm j$$

- Đẳng thức 2 phức: hai số phức bằng nhau khi và chỉ khi chúng có phần thực bằng phần thực và phần ảo bằng phần ảo

VD: $V_1 = a_1+jb_1$ ; $V_2 = a_2+jb_2$ $\rightarrow V_1 = V_2$ khi $a_1 = a_2$, $b_1 = b_2$

- Số phức liên hợp: Phức liên hợp với V được ký hiệu là $\overset{*}{V}$ khi 2 phức này có phần thực bằng phần thực, phần ảo bằng phần ảo nhưng trái

VD: $\dot{V} = a + jb = V.e^{j\varphi} \rightarrow \overset{*}{V} = a - jb = V.e^{-j\varphi}$

*d. Các phép tính và số phức*

* Cộng và trừ số phức: chỉ thực hiện ở dạng đại số, ta cộng trừ phần thực với phần thực, phần ảo với phần ảo.

VD: $\dot{V} = \dot{V}_1 + \dot{V}_2 = (a_1 \pm a_2) + j.(b_1 \pm b_2) = a + jb$

* Nhân các số phức: thực hiện được cả 2 dạng đại số và số mũ.

- Nhân ở dạng đại số: Nhân bình thường như đa thức với đa thức nhưng lưu ý $j^2 = -1$

VD: $\dot{V}_1.\dot{V}_2 = (a_1 + j.b_1).(a_2 + j.b_2) = (a_1.a_2 + b_1.b_2) + j.(a_1.b_2 + a_2.b_1)$

- Nhân ở dạng số mũ: nhân modul với modul còn acgumen thì cộng cho nhau.

VD: $\dot{V}_1.\dot{V}_2 = V_1.V_{2.}.e^{j(\varphi_1+\varphi_2)}$

* Chia số phức

- Chia ở dạng đại số: nhân số phức bị chia và số phức chia cho số phức liên hợp của số phức chia

VD: $\frac{\dot{V}_1}{\dot{V}_2} = \frac{a_1 + jb_1}{a_2 + jb_2} = \frac{a_1 + jb_1}{a_2 + jb_2}.\frac{a_2 - jb_2}{a_2 + jb_2} = \frac{(a_1a_2 + b_1b_2) + j(a_2b_1 - a_1b_2)}{a_2^2 + b_2^2}$

- Chia ở dạng số mũ: chia modul cho modul còn acgumen thì trừ cho nhau.

VD: $\dot{V} = \frac{\dot{V}_1}{\dot{V}_2} = \frac{V_1}{V_2}.e^{j(\varphi_1-\varphi_2)}$

### 3.3.2. Biểu diễn lượng hình sin bằng số phức

***a, Biểu diễn các hàm điều hoà bằng số phức***

Với các hàm số sin cùng tần số: $u = U_m\sin(\omega.t + \varphi_u)$; $i = I_m\sin(\omega.t + \varphi_i)$ ; $e = E_m\sin(\omega.t + \varphi_e)$ được đặc trưng bởi các thông số ( trị số hiệu dụng – góc pha đầu). Do đó ta có thể biểu diễn chúng bằng số phức.

- Ký hiệu $\dot{I};\dot{U};\dot{E}$ có modul bằng trị số hiệu dụng và acgumen bằng góc

pha đầu.

$$i = \sqrt{2}.I\begin{vmatrix}\sin(\omega t + \varphi_i) \\ \cos(\omega t + \varphi_i)\end{vmatrix} \quad \Leftrightarrow \quad \dot{I} = I.e^{j.\varphi_i}$$

$$u = \sqrt{2}.U\begin{vmatrix}\sin(\omega t + \varphi_u) \\ \cos(\omega t + \varphi_u)\end{vmatrix} \quad \Leftrightarrow \quad \dot{U} = U.e^{j.\varphi_u}$$

$$e = \sqrt{2}.E\begin{vmatrix}\sin(\omega t + \varphi_e) \\ \cos(\omega t + \varphi_e)\end{vmatrix} \quad \Leftrightarrow \quad \dot{E} = E.e^{j.\varphi_e}$$

VD: $i = \sqrt{2}.15\sin(314t + 50^0)A \Leftrightarrow \dot{I} = 15.e^{j.50^0}A$

***b, Biểu diễn tổng trở phức và tổng dẫn phức***

* Tổng trở phức ký hiệu là Z đơn vị $\Omega$: có modul bằng tổng trở Z và acgumen bằng góc lệch pha $\varphi$ hoặc có phần thực bằng điện trở R, phần ảo bằng điện trở kháng X

$$Z = z.e^{j\varphi} = R + j.X \ (\Omega)$$

* Tổng dẫn phức là nghịch đảo của tổng trở phức, ký hiệu Y, đơn vị là simen (S)

$$Y = \frac{1}{z.e^{j\varphi}} = Y.e^{-j\varphi} = g - jb$$

* Biểu diễn quan hệ điện áp với dòng điện trong nhánh bằng số phức

- Quan hệ điện áp với dòng điện

$$\dot{U} = U.e^{j.\varphi_u} = z.I.e^{j(\varphi+\varphi_i)} = z.e^{j\varphi} - I.e^{j\varphi_i} = Z.\dot{I}$$

- Quan hệ giữa dòng điện và điện áp

$$\dot{I} = I.e^{j.\varphi_i} = \frac{U}{Z}.e^{j(\varphi_u-\varphi_i)} = \frac{1}{Z}.e^{-j\varphi}.U.e^{j\varphi_U} = U.\dot{Y}$$

***c, Biểu diễn các loại công suất trong mạch bằng số phức***

* Công suất biểu kiến

- Kí hiệu: $\tilde{S}$; Đơn vị là VA, có phần thực bằng công suất tác dụng P, phần ảo bằng công suất phản kháng Q hoặc có môdun bằng công suất biểu kiến S, acgumen bằng góc lệch pha $\varphi$

$$\tilde{S} = P + jQ = s.e^{j\varphi}$$

Có thể viết công suất biểu kiến dưới dạng phức sau:

$\tilde{S} = S.e^{j\varphi} = U.I.e^{j(\varphi_u - \varphi_i)} = U.e^{jj\varphi_u}.I.e^{-j\varphi_i} = \dot{U}.\overset{*}{I}$

$\tilde{S} = S.e^{j\varphi} = U^2.\overset{*}{Y}$

$\tilde{S} = S.e^{j\varphi} = I^2.Z$

### 3.3.3. Giải mạch AC bằng phương pháp biên độ phức

***a. Phương trình dạng phức và sơ đồ phức***

* Phương trình dạng phức

Hệ phương trình vi phân mô tả trạng thái của mạch điện (hv). Theo K1 và K2 là

$i_1 - i_2 - i_3 - j = 0$

$R_1.i_1 + L_1.\frac{di_1}{dt} + R_3.i_3 + L_3.\frac{di_3}{dt} + \frac{1}{C_3}.\int i_3 dt = e_1$

$R_2.i_2 + \frac{1}{C_2}.\int i_2 dt - L_3.\frac{di_3}{dt} - R_3.i_3 - \frac{1}{C_3}.\int i_3 dt = e_2$

Chuyển sang dạng phức ta có:

$\dot{I}_1 - \dot{I}_2 - \dot{I}_3 = j$

$(R_1 + j\ \omega.L_1).\dot{I}_1 + [R_3 + j(\omega.L_3 - \frac{1}{\omega C_3}).\dot{I}_3] = E_1$

$(R_2 - j\ \frac{1}{\omega C_2}).\dot{I}_2 - [R_3 + j(\omega.L_3 - \frac{1}{\omega C_3}).\dot{I}_3] = E_2$

$\rightarrow \dot{I}_1 - \dot{I}_2 - \dot{I}_3 = j$

$Z_1.\dot{I}_1 + Z_3.\dot{I}_3 = E_1$

$Z_2.\dot{I}_2 - Z_3.\dot{I}_3 = E_2$

* Cách vẽ sơ đồ phức.

Từ hpt 2 và 3 có thể vẽ sơ đồ mạch điện ( $a_1$) thành sơ đồ mạch điện dạng phức như hình vẽ ( $a_2$), ($a_3$)

Từ sơ đồ mạch điện dạng tức thời ta chuyển sang sơ đồ phức như sau ( gọi là phép phức hoá sơ đồ)

- Giữ nguyên kết cấu của mạch điện ở dạng tức thời
- Thay các phần tử $R_k$, $L_k$, $C_k$ của một nhánh bằng tổng phức nhánh

$Z_k = R_k + j(\omega L_k - \frac{1}{\omega C_k}) = R_k + j(X_{Lk} - X_{Ck})$

- Thay các đại lượng tức thời i, u, e, j bằng các đại lượng số phức $\dot{I}, \dot{U}, \dot{E}, \dot{j},$

***b. Phương pháp dòng điện nhánh***

* Các bước giải:

- B1: Chuyển các đại lượng tức thời và sơ đồ tức thời về dạng phức

- B2: Chuyển ẩn số là dòng điện phức nhánh, với chiều dương tuỳ ý

- B3: Viết pt K1, K2

- B4: Giải hệ phương trình trên tìm ra ẩn số là dòng điện phức các nhánh

- B5: Chuyển các giá trị tìm được về dạng tức thời

** Bài tập*

Cho mạch điện như hình vẽ với các thông số của mạch như sau:

$e_1 = 210\sqrt{2}\sin 314t$ (V); $e_2 = 200\sqrt{2}\sin(314t+30^0)$ (V); $j = 100\sqrt{2}.\sin 314t$ (A)

$L_1 = L_2 = 31{,}848$ mH; $L_3 = \frac{L_2}{2}$; $R_3 = 10\Omega$

Tính dòng điện trong các nhánh của mạch?

Giải:

Từ sơ đồ đã cho ta đưa về sơ đồ dạng phức tương đương (h.b) trong đó:

$Z_1 = Z_2 = j.\omega.L_1 = j.314.31{,}848.10^3 = j10\ \Omega$

$Z_3 = R_3 + j.\omega.L_3 = 10 + j5\ \Omega$

$\dot{E}_1 = 210V$; $\dot{E}_2 = 200.e^{j30^0}V$; $j = 100$ A

- Chọn chiều dòng điện nhánh và chiều mạch vòng như h.v b

- Viết phương trình K1, K2:
$$\begin{cases} \dot{I}_1 + \dot{I}_2 - \dot{I}_3 + j = 0 (1) \\ Z_1.\dot{I}_1 + Z_3.\dot{I}_3 = E_1 (2) \\ Z_2.\dot{I}_2 + Z_3.\dot{I}_3 = E_2 (3) \end{cases}$$

Thay số vào hệ phương trình ta có:
$$\begin{cases} \dot{I}_1 + \dot{I}_2 - \dot{I}_3 + j = 0 (4) \\ j10.\dot{I}_1 + (10 + j5).\dot{I}_3 = 210 (5) \\ j10.\dot{I}_2 + (10 + j5).\dot{I}_3 = 200.e^{j30^0} (6) \end{cases}$$

Từ (4) có $\dot{I}_1 = \dot{I}_3 - \dot{I}_2 - 100$ thay vào (5), (6)

$$\begin{cases} j10(\dot{I}_3 - \dot{I}_2 - 100) + (10 + j5).\dot{I}_3 = 210 \\ j10.\dot{I}_2 + (10 + j5).\dot{I}_3 = 200.e^{j.30^0} \end{cases}$$

$$\begin{cases} -j10.\dot{I}_2 + (10+j5).\dot{I}_3 = 210 + j1000 (7) \\ j10.\dot{I}_2 + (10+j5).\dot{I}_3 = 200.e^{j.30^0} (8) \end{cases}$$

Từ (7) rút ra $I_2 = \dfrac{[(10+j15)I_3 - (210+j1000)]}{j10} = (1{,}5 - j) - (100 - j21)$

Thay vào (8) ta có: $j10[(1{,}5-j).I_3 - (100-j21) + (10+j5).I_3] = 200.e^{j30^0}$

Giải được kết quả: $\dot{I}_3 = 42{,}48.e^{j21{,}29^0} A$; $\dot{I}_1 = 39{,}25.e^{j153{,}95^0} A$; $\dot{I}_2 = 34{,}33.e^{j59{,}77^0} A$

Chuyển về dạng tức thời: $i_1 = 39{,}25\sqrt{2}\sin(314t + 153{,}95^0)$ A

$i_2 = 34{,}33\sqrt{2}\sin(314t + 59{,}77^0)$ A

$i_3 = 42{,}48\sqrt{2}\sin(314t + 21{,}29^0)$ A

*c, Phương pháp điện thế nút*

* Các bước giải

- B1: Chọn 1 nút cho điện thế nút đó bằng 0
- B2: Viết phương trình cho các nút còn lại
- B3: Giải hệ phương trình
- B4: Chọn chiều dòng điện trong các nhánh
- B5: Tìm dòng điện các nhánh theo định luật ôm.

* Ví dụ:

Cho mạch điện như hình vẽ, tính dòng điện trong các nhánh biết:

$Z_1 = Z_1 = Z_1 = 4 + j4\ \Omega$; $\dot{E}_1 = \dot{E}_2 = 60V$; $j = 10.e^{j.45^0}$

Giải:

Chọn $\varphi_B = 0$ và chiều dòng điện trong các nhánh như hình vẽ. Tính $\dot{U}_{AB}$

$$\dot{U}_{AB} = \dot{\varphi}_A = \frac{\dot{E}_1.Y_1 - \dot{E}_2.Y_2 - j}{Y_1 + Y_2 + Y_3} = \frac{\dfrac{60}{4+j4} - \dfrac{60}{4+j4} - 10.e^{j45^0}}{\dfrac{1}{4+j4} + \dfrac{1}{4+j4} + \dfrac{1}{4+j4}} = -j18{,}86(V)$$

Tính dòng điện trong các nhánh

$$\dot{I}_1 = \frac{\dot{E}_1 - \dot{U}_{AB}}{Z_1} = \frac{60 + j18{,}86}{4+j4} = 11{,}12.e^{j27{,}55^0}$$

$$\dot{I}_2 = \frac{\dot{E}_2 - \dot{U}_{AB}}{Z_2} = \dot{I}_1 = 11{,}12.e^{j27{,}55^0}$$

$$\dot{I}_3 = \frac{\dot{U}_{AB}}{Z_3} = \frac{-j18{,}86}{4+j4} = 3{,}33.e^{-j135^0}$$

$\Rightarrow$ $i_1 = \sqrt{2}.11,12.\sin(\omega t - 27,55^0)$ A

$I_2 = \sqrt{2}.11,12.\sin(\omega t - 27,55^0)$ A

$I_3 = \sqrt{2}.3,33.\sin(\omega t - 135^0)$ A

### 3.4. Cộng hưởng dòng điện

Khi mạng xoay chiều có 2 nhánh nối //, nếu $b_L = b_c$ thì b = 0 tức mạch chỉ còn thành phần điện dẫn tác dụng, mạch ở trạng thái cộng hưởng dòng điện.

- Khi cộng hưởng dòng điện Y = g ( vì b = 0) nghĩa là tổng dẫn mạch có trị số nhỏ nhất.

- Dòng điện phản kháng có giá trị bằng nhau và trái dấu:

$I_L = I_C = U.b_L = U.b_C$ từ đó $I_x = I_L - I_C = 0$

- Dòng điện chung bằng dòng điện tác dụng có giá trị nhỏ nhất

$$I = I_R = U.g = \frac{U}{R}$$

- Hệ số phẩm chất của mạch: $a = \frac{b_L}{g} = \frac{b_C}{g}$

Hệ số phẩm chất cho biết khi có cộng hưởng dòng điện, dòng điện trong nhánh L hay nhánh C lớn gấp mấy lần dòng điện trong nhánh chính.

* Vẽ đồ thị véctơ:

Từ điều kiện cộng hưởng $b_L = b_c$ suy ra $\frac{1}{X_C} = \frac{1}{X_L} hay \frac{1}{\omega L} = \omega.C$

Suy ra điều kiện cộng hưởng về tần số: $\omega = \frac{1}{\sqrt{L.C}} = \omega_0$

### 3.5. Phương pháp nâng cao hệ số công suất

#### 3.5.1. Định nghĩa

Từ tam giác công suất ta có $P = S.\cos\varphi = U.I.\cos\varphi \Rightarrow \cos\varphi = \frac{P}{U.I}$

Hệ số $\cos\varphi$ được gọi là hệ số công suất của mạch xoay chiều

- Từ tam giác trở kháng ta có: $\cos\varphi = \frac{R}{Z} = \frac{R}{\sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}}$

Như vậy $\cos\varphi$ là hệ số phụ thuộc vào kết cấu của mạch.

- Mạch thuần tác dụng: $X = 0 \rightarrow \cos\varphi = 1$

- Mạch thuần phản khángản = $0 \rightarrow \cos\varphi = 0$

Nói chung $\cos\varphi$ thường nhỏ hơn 1. Trong mạch phụ tải đèn thường, lò điện thì

hệ số $\cos\varphi \approx 1$, còn phụ tải động cơ, MBA thì $\cos\varphi < 1$.

### *3.5.2. ý nghĩa*

Hệ số $\cos\varphi$ có ý nghĩa lớn trong sản xuất chuyên tải và cung cấp điện.

+, Mỗi máy điện đều chế tạo với 1 công suất biểu kiến định mức $S_{đm}$, từ đó máy có thể cung cấp 1 công suất tác dụng $P = S_{đm}.\cos\varphi$. Nếu $\cos\varphi = 1 \rightarrow$ $P = S_{đm}$ là công suất lớn nhất máy có thể cung cấp ( nếu không xét hạn chế về mặt cơ học). Nếu $\cos\varphi$ càng nhỏ thì không tận dụng được khả năng làm việc của máy điện vì vậy hế số $\cos\varphi$ phải lớn.

+, Mỗi hộ tiêu thụ yêu cầu 1 công suất tác dụng chính xác. Khi đó dòng điện chuyên tải trên đường dây $I = \frac{P}{U.\cos\varphi}$. Nếu $\cos\varphi$ nhỏ thì I lớn điều đó dẫn tới 2 tác hại:

- Dòng điện lớn phải dùng dây dẫn lớn làm tốn kim loại màu và vốn đầu tư xây dựng đường dây.

- Tổn thất điện năng trên đường dây tỷ lệ với bình phương dòng điện $\Delta W = I^2.R.t$ nên I tăng thì tổn thất điện năng lớn không lợi về kinh tế. Như vậy nâng cao hệ số $\cos\varphi$ dẫn tới giảm vốn đầu tư xây dựng đường dây và giảm tổn thất điện năng chuyên tải.

### 3.5.3. Một số biện pháp nâng cao hệ số $\cos\varphi$

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

Như vậy về nguyên tắc, muốn nâng cao $\cos\varphi$ phải giảm công suất phản kháng.

- Giảm công suất phản kháng nơi tiêu thụ, tức là tìm cách nâng cao $\cos\varphi$ của từng thiết bị dùng điện như không để động cơ và MBA chạy không tải hoặc non tải. Giải quyết theo hướng này phải quán triệt cả 3 khâu lắp đặt, vận hành và sửa chữa.

- Sản xuất công suất phản kháng nơi tiêu thụ gọi là phương pháp bù $\cos\varphi$, có thể dùng tụ điện ( tụ bù $\cos\varphi$) hoặc dùng máy bù đồng bộ.

# CHƯƠNG 4

# MẠNG BA PHA

## 1.KHÁI NIỆM CHUNG

### 1.1. Hệ thống 3 pha cân bằng

#### 1.1.1. Định nghĩa

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

- Mỗi mạch điện thành phần của hệ 3 pha gọi là 1 pha, sđđ ở mỗi pha gọi là sđđ pha.

- Hệ 3 pha mà sđđ các pha có biên độ bằng nhau gọi là hệ sđđ 3 pha đối xứng hay cân bằng.

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

a. Cấu tạo

Về nguyên tắc MFĐ 3 pha gồm 2phần:

- Phần ứng ( phần tĩnh): gồm có 2 cuộn dây có cấu tạo giống nhau đặt rải ở bề mặt lõi thép stato. Trục của chúng lệch nhau $120^0$ trong không gian (1/3 vòng tròn) gọi là các cuộn dây pha. Đầu của các cuộn dây kí hiệu là: A, B, C. Cuối các cuộn dây kí hiệu là X, Y, Z. AX là cuộn dây pha A, BY là cuộn dây pha B; CZ là cuộn dây pha C.

- Phần cảm: là 1 hệ thống cực từ thường là nam châm điện ( có lõi thép và cuộn dây). Trên hình vẽ là nam châm điện có 2 cực N và S. Hệ thống cực từ thường được chế tạo để có cường độ từ cảm phân bố trên mặt cực theo quy luật hình sin ( đặt ở rôto)

b, Nguyên lý làm việc

Khi động cơ sơ cấp kéo phần cảm( rôto) quay, đường sức từ lần lượt cắt qua các cuộn dây biến thiên tuần hoàn sinh ra sđđ hình sin trên mỗi cuộn dây. Vì các cuộn dây có cấu tạo giống nhau và trục của chúng lệch nhau trong không gian 1 góc $120^0$, nên các sđđ này cùng biên độ và lệch pha nhau về thời gian là

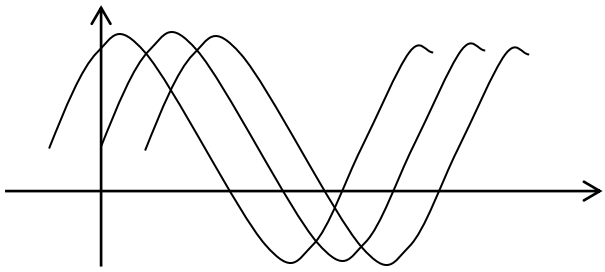
$120^0$ hay $2\pi/3$ rad. Nếu coi sđđ pha A có góc pha đầu bằng 0 thì biểu thức của hệ sđđ 3 pha là: $e_A = E_m.\sin\omega t$

$$e_B = E_m.\sin(\omega t - 120^0) = E_m.\sin(\omega t - 2\pi/3)$$

$$e_C = E_m.\sin(\omega t + 120^0) = E_m.\sin(\omega t + 2\pi/3)$$

### 1.2. Đồ thị dạng sóng và đồ thị vectơ

a) Đồ thị dạng sóng:

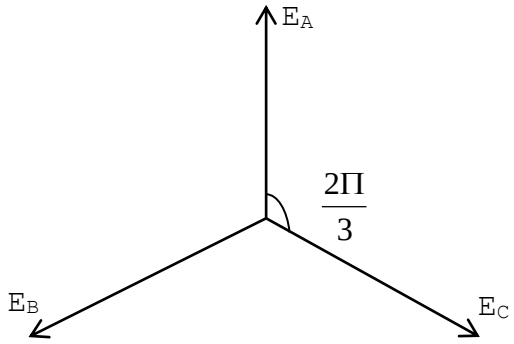


Ta có: $e_A = E\sqrt{2}\sin\omega t$

$$e_B = E\sqrt{2}\sin(\omega t - \frac{2\Pi}{3})$$

$$e_C = E\sqrt{2}\sin(\omega t + \frac{2\Pi}{3})$$

b) Đồ thị véc tơ:




Ta có: $\dot{E}_A = E.e^{j0^0}$

$$\dot{E}_B = E.e^{-j\frac{2\Pi}{3}}$$

$$\dot{E}_C = E.e^{j\frac{2\Pi}{3}}$$

### 1.3. Đặc điểm và ý nghĩa

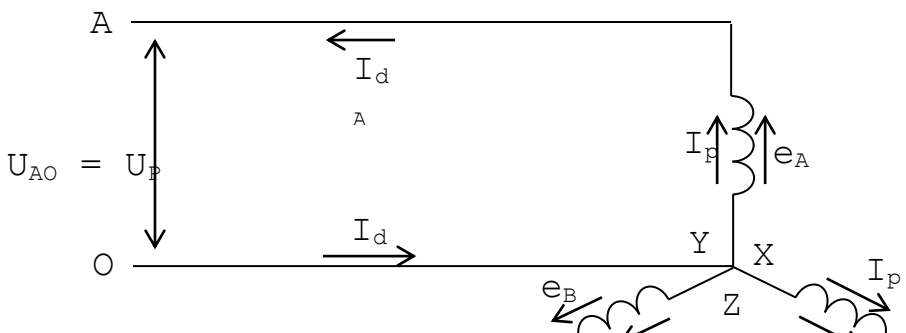
- Hệ 3 pha so với 1 pha thì tiện lợi hơn và kinh tế hơn. Để dẫn điện 3 pha ta chỉ cần dùng 4 dây hay 3 dây dẫn, do đó tiết kiệm được vật liệu, nối dây tiện lợi.

- Hệ 3 pha dễ dàng tạo ra được từ trường quay, làm cho việc chế tạo động cơ điện đơn giản và kinh tế hơn.

## 2. SƠ ĐỒ ĐẤU DÂY TRONG MẠCH BA PHA CÂN BẰNG

### 2.1 Các định nghĩa.

*2.1.1 Nối cuộn dây máy phát điện thành hình Y.*



- Nối cuộn dây MFĐ thành hình Y là ta đấu 3 điểm cuối X, Y, Z thành điểm chung. Gọi là điểm trung tính của MFĐ hay điểm không, Ký hiệu: O

- Dây dẫn nối với các điểm đầu A, B, C gọi là dây pha.

- Dây dẫn nối với điểm trung tính gọi là dây trung tính.

- Mạch điện chỉ có 3 dây pha A, B, C gọi là mạch 3 pha 3 dây

- Mạch có 3 dây pha A, B, C và có dây trung tính O thì gọi là mạch 3 pha 4 dây.

- Dòng điện đi trong các cuộn dây pha gọi là dòng điện pha, ký hiệu: $I_p$

- Dòng điện đi trong các dây pha gọi là dòng điện dây. Ký hiệu: $I_d$

- Dòng điện đi trong dây trung tính ký hiệu là $I_0$

- Điện áp giữa 2 đầu dây pha và dây trung tính gọi là điện áp pha, ký hiệu $U_p$

$$U_{pA} = U_A = \varphi_A - \varphi_X = \varphi_A - \varphi_O$$

$$U_{pB} = U_B = \varphi_B - \varphi_Y = \varphi_B - \varphi_O$$

$$U_{pC} = U_C = \varphi_C - \varphi_Z = \varphi_C - \varphi_O$$

- Điện áp giữa 2 dây pha gọi là điện áp dây, ký hiệu: $U_d$

$$U_{dAB} = U_{AB} = \varphi_A - \varphi_B$$

$$U_{dBC} = U_{BC} = \varphi_B - \varphi_C$$

$$U_{dCA} = U_{CA} = \varphi_C - \varphi_A$$

*2.1.2 Quan hệ giữa các đại lượng dây và pha.*

- Dòng điện đi trong các cuộn dây, cũng là dòng điện đi trong các dây pha tương ứng, nghĩa là dòng điện dây bằng dòng điện pha

$I_{dA}=I_{pA}$ ; $I_{dB}=I_{pB}$ ; $I_{dC}=I_{pC;}$ $\leftrightarrow I_d = I_p$

- Về điện áp ta có:

$$U_{AB} = \varphi_A - \varphi_B = (\varphi_A - \varphi_O) - (\varphi_B - \varphi_O) = U_A - U_B$$

Tương tự ta có:

$$U_{BC} = \varphi_B - \varphi_C = (\varphi_B - \varphi_O) - (\varphi_C - \varphi_O) = U_B - U_C$$

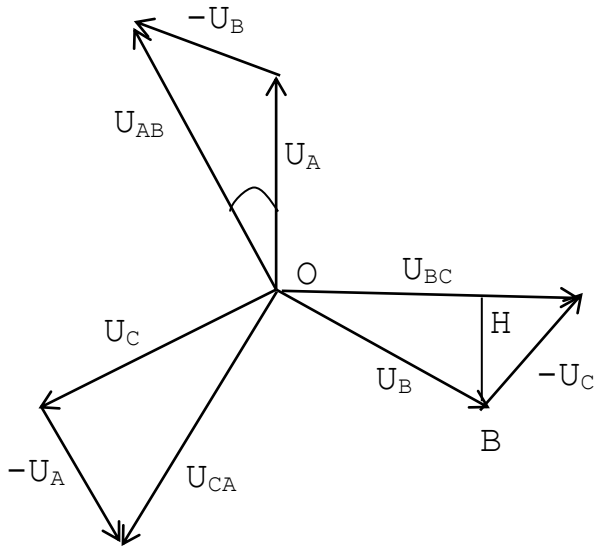
$$U_{CA} = \varphi_C - \varphi_A = (\varphi_C - \varphi_O) - (\varphi_A - \varphi_O) = U_C - U_A$$

- Vẽ đồ thị véc tơ của hệ điện áp 3 pha đấu Y đối xứng

- Từ đồ thị véc tơ ta thấy:

+) Về góc pha thì điện áp dây vượt trước điện áp pha tương ứng 1 góc $30^0$

+) Về trị số, ta xét tam giác vuông OBH, có 1 góc nhọn $30^0$ nên:




$$\overline{OH} = \overline{OB}.\cos 30^0 = \overline{OB}.\frac{\sqrt{3}}{2}$$

$$U_d = U_{BC} = 2.\overline{OH} = \frac{2.\sqrt{3}}{2}.\overline{OB}$$

Mà $\overline{OB} = U_B = U_p \Rightarrow U_d = \sqrt{3}\, U_p$

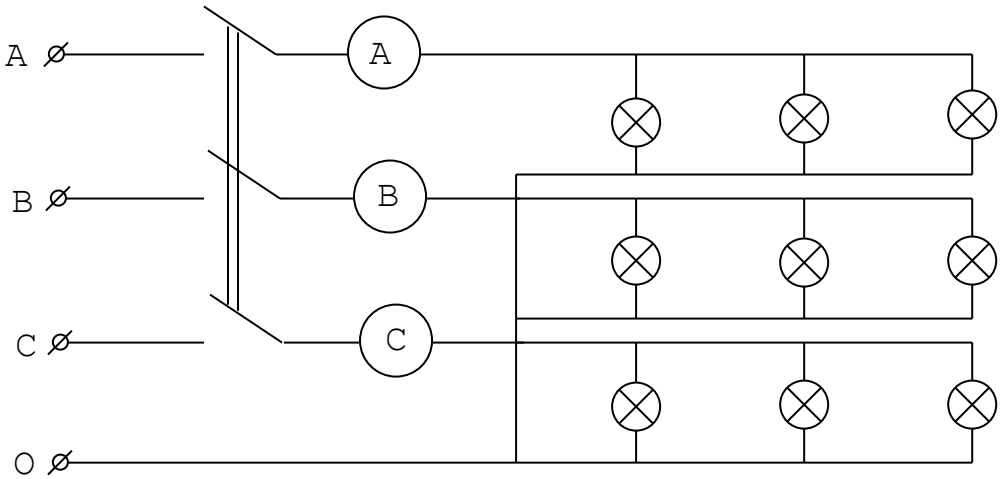
Vậy trong mạng điện áp 3 pha đấu Y đối xứng trị số điện áp dây bằng $\sqrt{3}$ trị số điện áp pha.

## 2.2 Nối phụ tải hình Y.

*2.2.1 Mạch 3 pha phụ tải đấu Y.*

Cũng như MFĐ phụ tải 3 pha có thể đấu thành hình Y có dây trung tính (mạch 3 pha 4 dây) hay không có dây trung tính (mạch 3 pha 3 dây).

Hình vẽ sơ đồ đấu phụ tải chiếu sáng thành hình Y có dây trung tính.




Giả sử điện áp 3 pha là đối xứng, có trị số là $U_d$ thì điện áp đặt vào mỗi

pha phụ tải là $U_p = \frac{U_d}{\sqrt{3}}$

- Dòng điện đi trong các pha bằng dòng điện dây tương ứng:

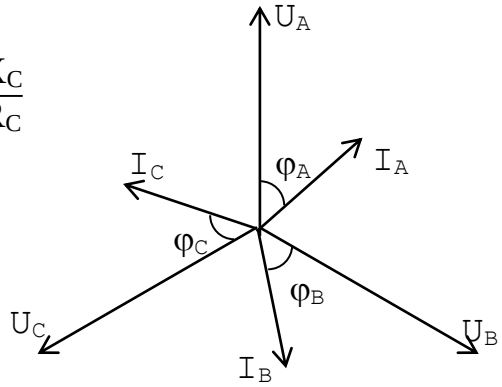
$I_{dA} = I_{pA}$ ; $I_{dB} = I_{pB}$ ; $I_{dC} = I_{pC}$ ;

- Nếu trở kháng tác dụng của các pha là $R_A$, $R_B$, $R_C$ và phản kháng là $X_A$, $X_B$, $X_C$ thì dòng điện các pha là:

$$I_{pA} = \frac{U_p}{Z_A} = \frac{U_p}{\sqrt{R_A^2 + X_A^2}} \; ; I_{pB} = \frac{U_p}{Z_B} = \frac{U_p}{\sqrt{R_B^2 + X_B^2}} \; ; \; I_{pC} = \frac{U_p}{Z_C} = \frac{U_p}{\sqrt{R_C^2 + X_c^2}}$$

- Các dòng điện pha lệch với điện áp pha tương ứng 1 góc, xác định theo biểu thức:

$$tg\varphi_A = \frac{X_A}{R_A} \; ; \; tg\varphi_B = \frac{X_B}{R_B} \; ; \; tg\varphi_C = \frac{X_C}{R_C}$$




Biểu thức hình sin của dòng điện 3 pha:

$i_A = \sqrt{2}.I_A \sin(\omega t - \varphi_A)$

$i_B = \sqrt{2}.I_B \sin(\omega t - \varphi_B)$

$i_C = \sqrt{2}.I_C \sin(\omega t - \varphi_C)$

Ta có đồ thị véc tơ của dòng điện và điện áp của hệ 3 pha.

*2.2.2 Mạch 3 pha đấu Y đối xứng.*

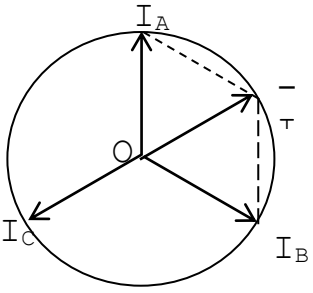
Phụ tải 3 pha có thành phần trở kháng giống nhau gọi là phụ tải 3 pha đối xứng.

$$\Rightarrow \varphi_A = \varphi_B = \varphi_C = \varphi \text{ Và } tg\varphi = \frac{X_A}{R_A} = \frac{X_B}{R_B} = \frac{X_C}{R_C}$$

Nếu 3 pha phụ tải đối xứng đấu Y đặt vào hệ điện áp 3 pha đối xứng ta có mạch 3 pha đấu Y đối xứng. Dòng điện ở các pha này cũng đối xứng.

$$I_{pA} = I_{pB} = I_{pC} = I_p = \frac{U_p}{Z} = \frac{U_p}{\sqrt{R_A^2 + X_A^2}}$$

→ Đồ thị véc tơ của dòng điện 3 pha đối xứng:




Từ đồ thị véc tơ ta có:

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

Áp dụng định luật Kirhof 1 cho điểm O ta có:

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

Vậy, trong mạch điện 3 pha đấu Y đối xứng dòng điện trong dây trung tính bằng 0. Vì thế, đối với phụ tải 3 pha đối xứng như: lò điện, động cơ 3 pha... Người ta bỏ dây trung tính đi ta có mạch 3 pha 3 dây. Khi mạch 3 pha đối xứng việc tính mạch 3 pha sẽ tính theo 1 pha rồi suy ra 3 pha.

### *2.2.3 Mạch 3 pha đấu Y có dây trung tính*

Nếu phụ tải 3 pha không đối xứng thì hệ dòng điện 3 pha cũng không đối xứng và dòng điện trong dây trung tính khác 0. (có nghĩa: $\dot{I}_O = \dot{I}_A + \dot{I}_B + \dot{I}_C \neq 0$)

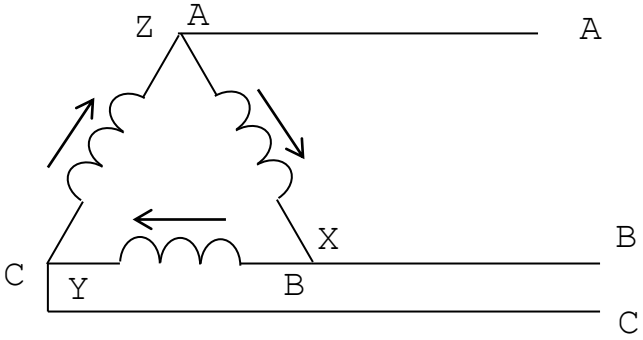
Thông thường dòng điện trong dây trung tính nhỏ hơn dòng điện pha, do đó người ta chọn tiết diện dây trung tính nhỏ hơn các dây pha.

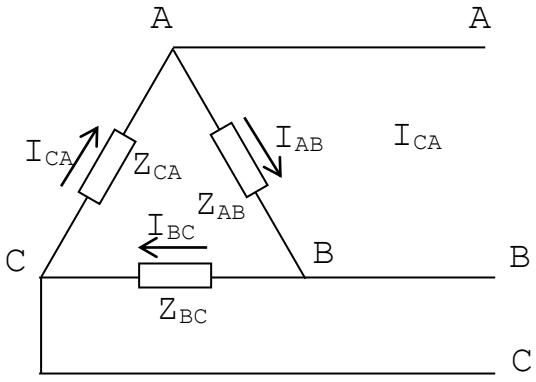
Nếu trong mạch 3 pha phụ tải không đối xứng, không có dây trung tính hoặc có dây trung tính bị đứt thì do dòng điện 3 pha không cân bằng, sụt áp trên đường dây ở các pha là khác nhau và điện áp 3 pha vào phụ tải cũng khác nhau. Pha nào có dòng điện nhỏ, điện áp tăng quá trị số $U_p$ bình thường, đèn chỉ sáng mờ và các vật tiêu thụ điện nối vào pha này có thể không làm việc được. Để dây trung tính không bị đứt người ta quy định không được lắp cầu chì hay cầu dao ở dây trung tính.

Dây trung tính ngoài việc giữ cân bằng điện áp giữa các pha còn cho phép lấy được 2 cấp điện áp là $U_p$ và $U_d$ .

## 2.3. Đấu dây hình tam giác

### 2.3.1. Đại cương về cách đấu tam giác



Cuộn dây MFĐ cũng như phụ tải 3 pha đều có thể đấu theo hình tam giác Δ

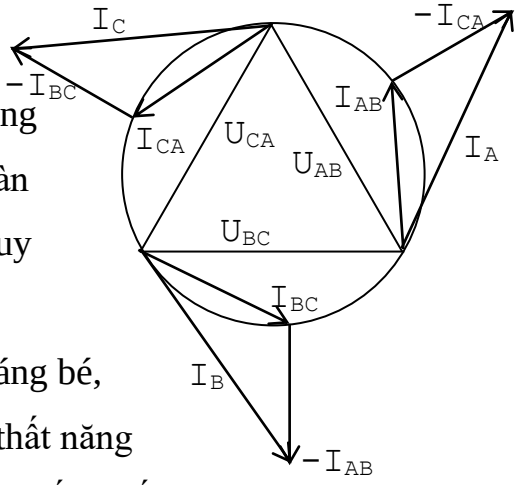
- Cách đấu: Điểm cuối X của cuộn dây pha A nối với điểm đầu B của cuộn dây pha B, cuối Y cuộn dây pha B nối với đầu C cuộn dây pha C … Như vậy cách đấu Δ là cách đấu pha nọ với cuối pha kia tạo thành 1 mạch vòng Δ kín theo trình tự

AXBYCZA hay AXCZBYA. Ba đỉnh Δ nối với 3 dây dẫn gọi là 3 dây pha.

- Nếu sđđ 3 pha của MFĐ là hoàn toàn đối xứng và có dạng đúng hình sin thì tổng sđđ trong mạch vòng Δ bằng 0.

Từ đồ thị véctơ ta có: $\dot{E}_A + \dot{E}_B = -\dot{E}_C$

$\rightarrow \dot{E}_0 = \dot{E}_A + \dot{E}_B + \dot{E}_C = 0.$




Do đó trong mạch vòng tam giác kín không có dòng điện. Thực ra sđđ 3 pha không hoàn toàn đối xứng và biến thiên không hoàn toàn theo quy luật hình sin nên sđđ trong mạch vòng $E_0 \neq 0$.

Mạch vòng Δ 3 cuộn dây MFĐ có trở kháng bé, do đó $E_0$ sẽ tạo ra dòng điện $I_0$ khá lớn gây tổn thất năng lượng và nguy hiểm cho máy. Vì vậy MFĐ 3 pha rất ít đấu theo hình Δ.

- Khi phụ tải đấu hình Δ, điện áp đặt vào các pha chính là điện áp dây:

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

- Dòng điện trong mỗi pha: $I_{AB} = \frac{U_{AB}}{Z_A}$ ; $I_{BC} = \frac{U_{BC}}{Z_B}$ ; $I_{CA} = \frac{U_{CA}}{Z_C}$

- Góc lệch pha giữa dòng điện và điện áp pha được xác định theo biểu thức:

$tg\varphi_A = \frac{X_A}{R_A}$ ; $tg\varphi_B = \frac{X_B}{R_B}$ ; $tg\varphi_C = \frac{X_C}{R_C}$

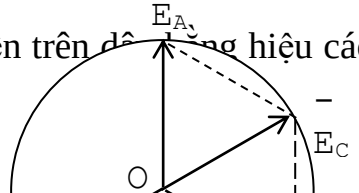
- Áp dụng định luật K1 cho các điểm A,B,C ,ta có:

$i_A = i_{AB} - i_{CA}$ hay $\dot{I}_A = \dot{I}_{AB} - \dot{I}_{CA}$

$i_B = i_{BC} - i_{AB}$ hay $\dot{I}_B = \dot{I}_{BC} - \dot{I}_{AB}$

$i_C = i_{CA} - i_{BC}$ hay $\dot{I}_C = \dot{I}_{CA} - \dot{I}_{BC}$

Vậy khi đấu Δ trị số tức thời hay véc tơ dòng điện trên dây bằng hiệu các



trị số tức thời hay véc tơ của dòng điện trong 2 dây pha nối với nó.

**2.3.2 Mạch 3 pha đấu Δ đối xứng.**

Nếu hệ điện áp 3 pha là đối xứng $U_A = U_B = U_C = U_P$

và $U_d = U_p$

Trường hợp tải 3 pha đối xứng: $R_A = R_B = R_C = R$

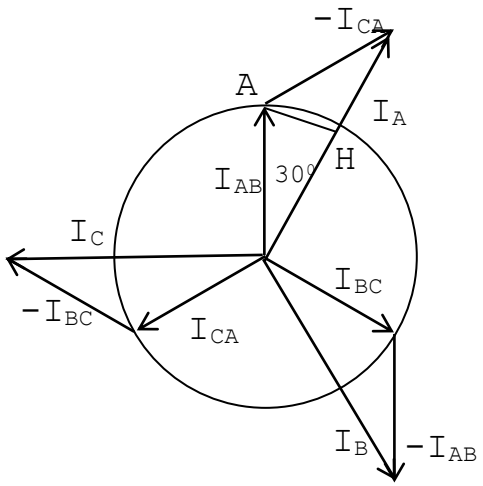
$X_A = X_B = X_C = X$

Ta có: $I_{AB} = I_{BC} = I_{CA} = I_p = \frac{U_p}{Z}$; $\varphi_A = \varphi_B = \varphi_C = \varphi$ với $tg\varphi = \frac{X}{R}$

Nghĩa là dòng điện 3 pha cũng đối xứng.

* Vẽ đồ thị véc tơ của hệ dòng điện dây và pha của hệ 3 pha đối xứng.

Từ đồ thị véc tơ xét: Δ vuông OAH có:




$\overline{OH} = \overline{OA}.\cos 30^0 = \overline{OA}.\frac{\sqrt{3}}{2}$

Mà: $\overline{OA} = \dot{I}_{AB} = \dot{I}_p$

$\rightarrow \dot{I}_A = 2.\overline{OH} = 2.\dot{I}_p.\frac{\sqrt{3}}{2} = \dot{I}.\sqrt{3}$

$\dot{I}_A = \dot{I}_d \rightarrow \dot{I}_d = \sqrt{3}.\dot{I}_p$

Mạch 3 pha đối xứng, dòng điện dây chậm pha sau dòng điện pha $30^0$ và có trị số bằng $\sqrt{3}$ lần dòng điện pha.

## 3. CÔNG SUẤT MẠNG 3 PHA CÂN BẰNG

### 3.1 Công suất mạng 3 pha không đối xứng.

** Công suất tác dụng:*

$P_A = U_A.I_A.\cos\varphi_A$ ; $P_B = U_B.I_B.\cos\varphi_B$ ; $P_C = U_C.I_C.\cos\varphi_C$ ;

Công suất tác dụng: $P = P_A + P_B + P_C$ (W)

** Công suất phản kháng:*

$Q_A = U_A.I_A.\sin\varphi_A$ ; $Q_B = U_B.I_B.\sin\varphi_B$ ; $Q_C = U_C.I_C.\sin\varphi_C$ ;

Công suất phản kháng: $Q = Q_A + Q_B + Q_C$ (Var)

** Công suất biểu kiến:*

$S_A = U_A.I_A$ ; $S_B = U_B.I_B$ ; $S_C = U_C.I_C$ ;

Công suất biểu kiến: $S = S_A + S_B + S_C$ (VA)

** Điện năng mạch 3 pha:*

- Điện năng tác dụng: $W_R = P.t = (U_A.I_A.\cos\varphi_A + U_B.I_B.\cos\varphi_B + U_C.I_C.\cos\varphi_C).t$

- Điện năng phản kháng: $W_X = Q.t = (U_A.I_A.\sin\varphi_A + U_B.I_B.\sin\varphi_B + U_C.I_C.\sin\varphi_C).t$

**3.2 Công suất mạch 3 pha đối xứng.**

- Trong mạch 3 pha đối xứng ta có:

$U_A = U_B = U_C = U_P$ ; $I_A = I_B = I_C = I_p$ ; $\varphi_A = \varphi_B = \varphi_C = \varphi$ .

Do đó: $P_A = P_B = P_C = U_p.I_p.\cos\varphi$

$Q_A = Q_B = Q_C = U_p.I_p.\sin\varphi$

$S_A = S_B = S_C = U_p.I_p$

- Công suất 3 pha:

$P = 3P_p = 3U_p.I_p.\cos\varphi$ ; $Q = 3Q_p = 3U_p.I_p.\sin\varphi$ ; $S = 3S_p = 3U_p.I_p$

- Nếu mạch 3 pha đấu Y thì:

$U_p = \frac{U_d}{\sqrt{3}}$ ; $I_d = I_p$

Nên $P = 3.U_p.I_p.\cos\varphi = 3.\frac{U_d}{\sqrt{3}}.I_d.\cos\varphi = \sqrt{3}.U_d.I_d.\cos\varphi$

- Nếu mạch 3 pha đấu Δ thì: $I_p = \frac{I_d}{\sqrt{3}}$ ; $U_p = U_d$

Nên $P = 3.U_p.I_p.\cos\text{ử} = 3.U_d.\frac{I_d}{\sqrt{3}}.\cos\varphi = \sqrt{3}.U_d.I_d.\cos\varphi$

Như vậy trong mạch 3 pha đối xứng $P = \sqrt{3}.U_d.I_d.\cos\varphi$

Tương tự ta cũng có $Q = \sqrt{3}.U_d.I_d.\sin\varphi$ ; $S = \sqrt{3}.U_d.I_d$

## 4. PHƯƠNG PHÁP GIẢI MẠCH 3 PHA CÂN BẰNG

### 4.1. Phương pháp giải:

Đối với mạch điện 3 pha đối xứng, dòng điện (điện áp) các pha có trị số hiệu dụng bằng nhau và lệch pha nhau một góc. Vì vậy khi mạch đối xứng, ta tách ra một pha để tính. Khi biết được dòng điện (điện áp) của một pha ta có thể suy ra các pha còn lại.

Khi tải nối vào nguồn có điện áp dây $U_d$, bỏ qua tổng trở đường dây, nếu biết tổng trở tải, các bước giải như sau:

- Bước 1: Xác định cách nối dây của tải ( hình sao hay hình tam giác)

- Bước 2: Xác định điện áp pha $U_p$ của tải

Nếu tải nối hình sao: $U_p = \frac{U_d}{\sqrt{3}}$

Nếu tải nối hình tam giác: $U_p = U_d$

- Bước 3: Xác định tổng trở pha $Z_p$ và hệ số công suất của tải

Tổng trở pha của tải: $Z_p = \sqrt{r_p^{\,2} + x_p^{\,2}}$

Hệ số công suất cosφ co= $\frac{R_p}{Z_p} = \frac{R_p}{\sqrt{R^2 + X_p^{\,2}}}$

Trong đó $R_p$, $X_p$ tương ứng là điện trở pha, điện kháng pha của mỗi pha của tải

- Bước 4: Tính dòng điện pha $I_p$ của tải: $I_p = \frac{U_p}{Z_p}$

Từ dòng điện pha, tính dòng điện dây $I_d$ của tải

Nếu nối hình sao: $I_d = I_d$

Nếu nối hình tam giác: $I_d = \sqrt{3} I_p$

- Bước 5: Tính công suất tải tiêu thụ

$$P = 3R_p.I^2{}_p = 3U_p I_p \cos\varphi$$
$$Q = 3X_p I_p^{\,2} = 3U_p I_p \sin\varphi$$
$$S = 3Z_p I_p^{\,2} = 3U_p I_p = \sqrt{3} U_d I_d$$

### 4.2. Bài tập áp dụng

**a) Bài tập 1:**

Động cơ 3 pha, cuộn dây mỗi pha ở trạng thái làm việc ổn định có R = 8Ω, cảm khỏng X = 6Ω đấu hình Y đặt vào nguồn có điện áp 3 pha đối xứng là $U_d$ = 380V. Xác định dòng điện qua các cuộn dây, điện áp đặt vào mỗi cuộn dây và hệ số cosφ.

Giải

- Trở kháng mỗi pha: $Z_p = \sqrt{r_p^{\,2} + x_p^{\,2}} = 10\ (\Omega)$

- Điện áp đặt vào mỗi cuộn dây là điện áp pha

$U_p = U_d = 220V$

- Dòng điện trong mỗi pha:

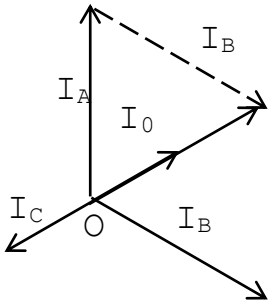
$$I_p = \frac{U_p}{Z} = \frac{220}{10} = 22A$$

- Hệ số công suất $\cos\varphi = \frac{R}{Z} = \frac{8}{10} = 0,8$

**b) Bài tập 2:**

Mạch 3 pha có $U_p = 125V$, cung cấp cho phụ tải là các bóng đèn thường. Trở kháng các pha $Z_A = Z_B = R_A = R_B = 12,5\ \Omega$ ; $Z_C = R_C = 25\ \Omega$ . Tìm dòng điện trong các dây pha và dây trung tính.

Giải




Mạch điện 3 pha lấy được điện áp pha nên có dây trung tính do đó điện áp đặt vào các pha cân bằng $U_{pA} = U_{pB} = U_{pC} = U_p = 125V$. Dòng điện trong các pha đồng pha với điện áp (vì Z = R ).

$$I_A = I_B = \frac{U_p}{R_A} = \frac{U_p}{R_B} = 10A$$

$$I_C = \frac{U_p}{R_C} = \frac{125}{25} = 5A$$

Vẽ véc tơ dòng điện 3pha. Từ đồ thị véc tơ ta tính được $I_0 = 5A$ và ngược pha với $I_C$.

**c) Bài tập 3:**

Ba cuộn dây giống nhau, điện áp nguồn không thay đổi. Hãy tính dòng điện dây trong 2 trường hợp đấu Y và đấu Δ, so sánh dòng điện trong 2 trường hợp.

Giải

Gọi trở kháng của các cuộn dây là Z.

Điện áp nguồn 3 pha cân bằng có điện áp dây là $U_d$

- Khi đấu Y : $I_{dY} = I_{pY} = \frac{U_p}{Z} = \frac{U_d}{Z.\sqrt{3}}$ ( vỡ $U_p = \frac{U_d}{\sqrt{3}}$ )

- Khi đấu Δ : $I_{d\Delta} = \sqrt{3}.I_{p\Delta}$

- So sánh: ta có $I_{d\Delta}/I_{dY} = 3$

Như vậy, cùng một phụ tải, cùng một nguồn điện khi đấu Δ dòng điện dây lớn hơn gấp 3 lần khi đấu Y.

**d) Bài tập 4:**

Ba cuộn dây giống nhau có: $R = 8\ \Omega$, $X_L = 6\ \Omega$, nối Δ đặt vào điện áp 3

pha đối xứng có $U_d$ = 220V. Tìm dòng điện pha, dòng điện dây, và cosφ . Công suất tác dụng, công suất phản kháng, công suất biểu kiến và điện năng tác dụng trong 24h.

Giải

- Trở kháng mỗi pha: Z == 10 Ω
- Phụ tải đấu Δ nên: $U_d = U_p$ = 220V
- Dòng điện mỗi pha:

$$I_p = \frac{U_p}{Z} = \frac{220}{10} = 22A$$

- Dòng điện dây: $I_d = \sqrt{3}I_p = \sqrt{3}.22 = 38A$
- Hệ số cosφ : $\cos\varphi = \frac{R}{Z} = \frac{8}{10} = 0,8$
- Công suất tác dụng: $P = \sqrt{3}.U_d.I_d.\cos\varphi = \sqrt{3}.220.38.0,8 = 11500W$
- Công suất phản kháng: $Q = \sqrt{3}.U_d.I_d.\sin\varphi = \sqrt{3}.220.38.0,6 = 8660$ Var
- Công suất biểu kiến: $S = \sqrt{3}.U_d.I_d = \sqrt{3}.220.38 = 14440$ VA
- Điện năng tiêu thụ trong 24h: $W_R = P.t = 11,5.24 = 276$ KWh

## 4. Tài liệu tham khảo:

[1]. PGS.TS. Đặng Văn Đào, PGS. TS. Lê Văn Doanh, *Giáo trình Điện Kỹ thuật*, NXB Giáo dục 2002.

[2]. *Giáo trình Khí cụ điện*, NXB Đại học Quốc gia TP HCM 2003

[3]. Phương Xuân Nhàn, Hồ Anh Túy, *Lý thuyết mạch*, NXB Khoa học và kỹ thuật 2006.

[4]. Mạch điện 1 - Phạm Thị Cư (chủ biên) - NXB Giáo dục - 1996.

[5]. Cơ sở Kỹ thuật điện - Hoàng Hữu Thận - NXB Giao thông vận tải - 2000.

[6]. Cơ sở lý thuyết mạch điện - Nguyễn Bình Thành - Đại học Bách khoa Hà Nội - 1980.

[7]. Kỹ thuật điện đại cương - Hoàng Hữu Thận - NXB Đại học và Trung học chuyên nghiệp - Hà Nội - 1976.