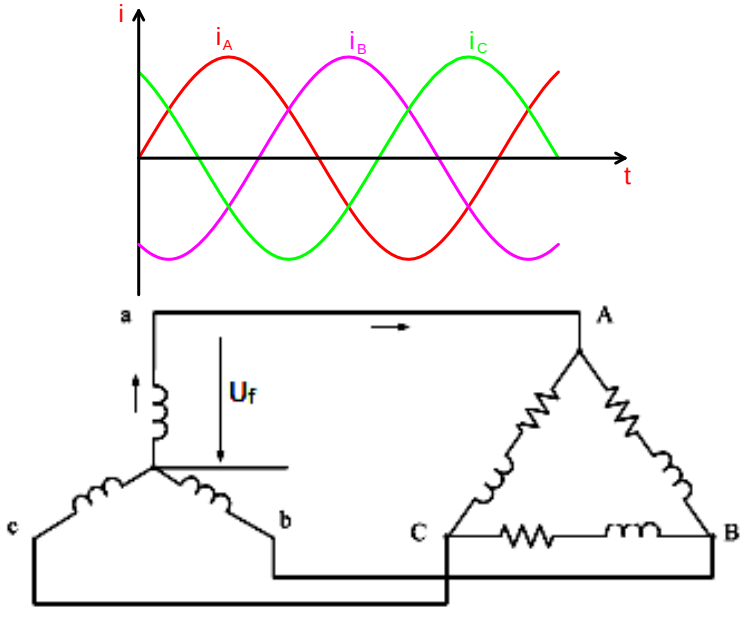
ỦY BAN NHÂN DÂN TỈNH HÀ TĨNH
TRƯỜNG CAO ĐẲNG KỸ THUẬT VIỆT - ĐỨC HÀ TĨNH

GIÁO TRÌNH
Môn học: ĐIỆN KỸ THUẬT
NGHỀ: ĐIỆN TỬ CÔNG NGHIỆP
TRÌNH ĐỘ: CAO ĐẲNG

(Lưu hành nội bộ)



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

Điện kỹ thuật là một trong những môn học cơ sở được biên soạn dựa trên chương trình khung, chương trình dạy nghề do Bộ Lao động -Thương binh và Xã hội và Tổng cục dạy nghề ban hành dành cho hệ Cao nghề và Trung cấp nghề Điện tử công nghiệp.

Giáo trình được biên soạn làm tài liệu học tập, giảng dạy nên giáo trình đã được xây dựng ở mức độ đơn giản và dễ hiểu nhất, trong mỗi bài đều có ví dụ và bài tập áp dụng để làm sáng tỏ lý thuyết.

Khi biên soạn, nhóm biên soạn đã dựa trên kinh nghiệm giảng dạy, tham khảo đồng nghiệp và tham khảo ở nhiều giáo trình hiện có để phù hợp với nội dung chương trình đào tạo và phù hợp với mục tiêu đào tạo, nội dung được biên soạn gắn với nhu cầu thực tế.

Nội dung của môn học gồm có 5 chương:

Chương 1: Tĩnh điện

Chương 2: Mạch điện một chiều

Chương 3: Từ trường và cảm ứng điện từ

Chương 4: Dòng điện xoay chiều hình sin

Chương 5: Mạch điện phi tuyến

Giáo trình cũng là tài liệu giảng dậy và tham khảo tốt cho các ngành thuộc lĩnh vực điện dân dụng, điện cộng nghiệp, điện tử, cơ điện tử, cơ khí.

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.

MỤC LỤC

Tuyên bố bản quyền **1**
Lời giới thiệu **2**
Môn học Điện Kỹ Thuật **6**
Chương 1: Tĩnh điện 8
1. Khái niệm về điện trường 8
1.1. Điện tích 8
1.2. Khái niệm về điện trường 9
2. Điện thế - Hiệu điện thế 11
2.1. Công của lực điện trường 11
2.2. Điện thế 12
2.3. Hiệu điện thế 13
3. Tác dụng của điện trường lên vật dẫn và điện môi 13
3.1. Vật dẫn trong điện trường 13
3.2. Điện môi trong điện trường 14
Chương 2: Mạch điện một chiều **18**
1. Khái niệm về mạch điện một chiều 18
1.1. Dòng điện và dòng điện một chiều 18
1.2. Chiều qui ước của dòng điện 18
1.3. Cường độ và mật độ dòng điện 19
2. Mô hình mạch điện 20
2.1. Mạch điện 20
2.2. Các phần tử cấu thành mạch điện 20
3. Các định luật và các biểu thức cơ bản trong mạch điện một chiều 22
3.1. Định luật Ohm 22
3.2. Công suất và điện năng trong mạch điện một chiều 24
3.3. Định luật Joule - lenz 26
3.4. Định luật Faraday 27
3.5. Hiện tượng nhiệt điện 28
4. Các phương pháp giải mạch một chiều 29
4.1. Phương pháp biến đổi điện trở 29
4.2. Phương pháp xếp chồng dòng điện 33
4.3. Phương pháp áp dụng định luật Kirchooff 35
Chương 3: Từ trường và cảm ứng điện từ **50**
1. Đại cương về từ trường 50
1.1. Tương tác từ 50
1.2. Khái niệm về từ trường 51
1.3. Đường sức từ 51

2. Từ trường của dòng điện 51
2.1.Từ trường của dây dẫn thẳng 51
2.2. Từ trường của vòng dây, ống dây 52
3. Các đại lượng đặc trưng của từ trường 52
3.1. Sức từ động 53
3.2. Cường độ từ trường, cường độ từ cảm 53
3.3. Vật liệu từ 54
4. Lực từ 55
4.1. Công thức Amper 55
4.2. Qui tắc bàn tay trái 55
4.3. Lực từ tác dụng lên hai dây dẫn thẳng song song 56
4.4. Ứng dụng 56
5. Hiện tượng cảm ứng điện từ 57
5.1. Từ thông 57
5.2. Công của lực điện từ 57
5.3. Hiện tượng cảm ứng điện từ 58
5.4. Sức điện động cảm ứng 59
6. Hiện tượng tự cảm và hỗ cảm 61
6.1. Từ thông móc vòng và hệ số tự cảm 61
6.2. Sức điện động tự cảm 61
6.3. Hệ số hỗ cảm 62
6.4. Sức điện động hỗ cảm 62
Chương 4: Dòng điện xoay chiều hình sin 67
1. Khái niệm về dòng điện xoay chiều 67
1.1. Dòng điện xoay chiều 67
1.2. Chu kỳ và tần số của dòng điện xoay chiều 68
1.3. Dòng điện xoay chiều hình sin 68
1.4. Các đại lượng đặc trưng 68
1.5. Pha và sự lệch pha 70
2. Giải mạch điện xoay chiều không phân nhánh 71
2.1. Giải mạch xoay chiều thuần trở, thuần cảm, thuần dung 78
2.2. Giải mạch xoay chiều RLC 83
2.3. Công suất và hệ số công suất trong mạch điện xoay chiều 85
2.4. Cộng hưởng điện áp 87
3. Mạch xoay chiều 3 pha 90
3.1. Hệ thống 3 pha cân bằng 91
3.2. Sơ đồ đấu dây trong mạng 3 pha 92
3.3. Công suất mạng 3 pha 95

3.4. Phương pháp giải mạch 3 pha cân bằng 96
4. Giải mạch xoay chiều phân nhánh 100
4.1. Giải mạch bằng phương pháp véc tơ 100
4.2. Giải mạch bằng phương pháp số phức 103
4.3. Cộng hưởng dòng điện 110
4.4. Phương pháp nâng cao hệ số công suất 113
5. Bài tập áp dụng 116
Chương 5: Mạch điện phi tuyến **126**
1. Mạch điện phi tuyến 126
1.1. Khái niệm 126
1.2. Một số linh kiện phi tuyến thường gặp 127
1.3. Mạch xoay chiều phi tuyến 129
2. Mạch có dòng điện không sin 132
2.1. Khái niệm 132
2.2. Nguyên nhân 132
3. Mạch lọc điện 133
3.1. Khái niệm 133
3.2. Các dạng mạch lọc thông dụng 143
Tài liệu tham khảo 142

MÔN HỌC ĐIỆN KỸ THUẬT

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

+ Vị trí của môn học: Là môn học cơ sở được bố trí dạy ngay từ đầu khóa học, trước khi học các môn chuyên môn.....

+ Tính chất của môn học: Là môn học kỹ thuật cơ sở.

+ Vai trò của môn học: Trang bị kiến thức cơ bản về mạch điện, điện trường, cảm ứng điện từ, điện tích; là cơ sở để học và nghiên cứu các môn học chuyên môn khác.

Mục tiêu của môn học:

+ Về kiến thức:

- Trình bày được định luật cơ bản về điện học, ứng dụng trong kỹ thuật điện.

- Trình bày được khái niệm cơ bản về điện áp, dòng điện một chiều, xoay chiều, các định luật cơ bản trong mạch điện một chiều và xoay chiều.

- Trình bày được các khái niệm cơ bản về từ trường, vật liệu từ, các mối liên hệ giữa từ trường và các đại lượng điện, ứng dụng các mạch từ trong kỹ thuật.

+ Về kỹ năng:

- Vận dụng được các biểu thức để tính toán các thông số kỹ thuật trong mạch điện một chiều, xoay chiều, mạch ba pha ở trạng thái xác lập.

- Phân tích được sơ đồ mạch đơn giản, biến đổi được mạch phức tạp thành các mạch điện đơn giản.

+ Về thái độ:

- Rèn luyện được tính nghiêm túc, tỉ mỉ, và có tinh thần trách nhiệm trong công việc.

CHƯƠNG 1
TĨNH ĐIỆN
Mã chương: MH8-01

Giới thiệu:

Các hiện tượng nhiễm điện, dẫn điện và tương tác điện từ trường ... diễn ra trong thực tế khá phổ biến cùng với sự ứng dụng của các hiện tượng đó vào thực tế, để hiểu rõ hơn về điều này ta nghiên cứu về Tĩnh điện, Điện tích, Công của lực điện trường, Tác dụng của điện trường lên vật dẫn và điện môi…

Mục tiêu:

- Trình bày được các khái niệm cơ bản về điện trường, điện tích, điện thế, hiệu điện thế
- Trình bày được sự ảnh hưởng của điện trường lên vật dẫn và điện môi.
- Rèn luyện tính tư duy, tinh thần trách nhiệm trong công việc

Nội dung chính

1. Khái niệm về điện trường

Mục tiêu:

- Biết và giải thích được một số định luật về điện trường

- Giải thích được công thức tính lực tĩnh điện và công thức tính cường độ điện trường, áp dụng giải bài tập cơ bản

- Có ý thức tự giác trong học tập

1.1. Điện tích

Điện tích là một đại lượng vô hướng, đặc trưng cho tính chất của một vật hay một hạt về mặt tương tác điện và gắn liền với hạt hay vật đó.

Định luật Coulomb:

Hình 1.1 lực tương tác giữa 2 điện tích điểm q_1; q_2 đặt cách nhau một khoảng r trong môi trường có hằng số điện môi ε là $\vec{F}_{12}; \vec{F}_{21}$ có:

- Điểm đặt: Trên 2 điện tích.
- Phương: Đường nối 2 điện tích.
- Chiều: + Hướng ra xa nhau nếu $q_1.q_2 > 0$ *(q_1; q_2 cùng dấu)*
  + Hướng vào nhau nếu $q_1.q_2 < 0$ *(q_1; q_2 trái dấu)*
- Độ lớn: $F = k.\frac{q_1.q_2}{\varepsilon.r^2}$ (1.1)

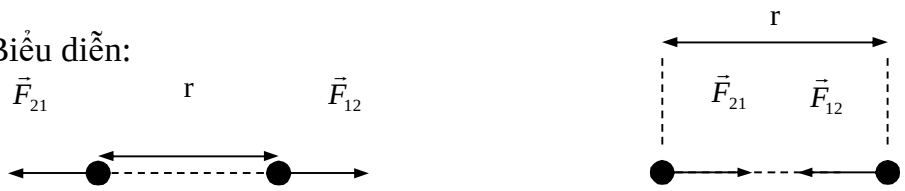
Trong đó : k là hệ số k = 9.10^9 $\left(\frac{N.m^2}{C^2}\right)$

Đơn vị: q : Coulomb (C)
r : mét (m)

F : Newton (N)

***(Ghi chú**: F là lực tĩnh điện)*

- Biểu diễn:



$q_1.q_2 > 0$ $q_1.q_2 < 0$

Hình 1.1: Lực tương tác giữa 2 điện tích

Ý nghĩa: Định luật Coulomb là một định luật cơ bản của tĩnh điện học, nó giúp ta hiểu rõ thêm khái niệm điện tích. Nếu các hạt cơ bản hoặc các vật thế tương tác với nhau theo định luạt Coulomb thì ta biết rằng chúng có mang điện tích

Định luật bảo toàn điện tích: Trong 1 hệ cô lập về điện (hệ không trao đổi điện tích với các hệ khác) thì tổng đại số các điện tích trong hệ là 1 hằng số

1.2. Khái niệm về điện trường

+ *Khái niệm:* Là môi trường tồn tại xung quanh điện tích và tác dụng lực lên điện tích khác đặt trong nó.

+ *Cường độ điện trường*: Là đại lượng đặc trưng cho điện trường về khả năng tác dụng lực.

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q} \Rightarrow \vec{F} = q.\vec{E} \qquad \text{Đơn vị: E(V/m)} \qquad (1.2)$$

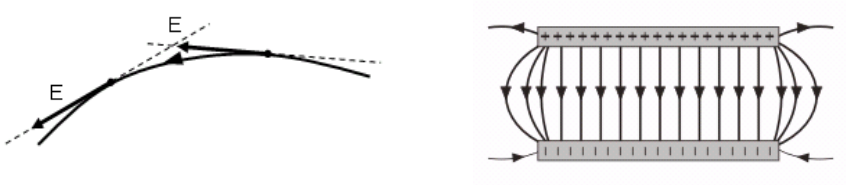
q > 0 : $\vec{F}$ cùng phương, cùng chiều với $\vec{E}$.

q < 0 : $\vec{F}$ cùng phương, ngược chiều với $\vec{E}$.

+ ***Đường sức điện trường hình 1.2***: Là đường được vẽ trong điện trường sao cho hướng của tiếp tuyến tại bất kỳ điểm nào trên đường cũng trùng với hướng của véc tơ cường độ điện trường tại điểm đó.

Tính chất của đường sức:

- Qua mỗi điểm trong điện trường ta chỉ có thể vẽ được 1 và chỉ 1 đường sức điện trường.
- Các đường sức điện là các đường cong không kín,nó xuất phát từ các điện tích dương,tận cùng ở các điện tích âm.
- Các đường sức điện không bao giờ cắt nhau.
- Nơi nào có cường độ điện trường lớn hơn thì các đường sức ở đó vẽ mau và ngược lại



Hình 1.2: Đường sức điện trường

+ Điện trường đều:

- Có véc tơ CĐĐT tại mọi điểm đều bằng nhau.
- Các đường sức của điện trường đều là các đường thẳng song song cách đều nhau

+ Véctơ cường độ điện trường $\vec{E}$ ***do 1 điện tích điểm Q gây ra tại một điểm M*** cách Q một đoạn r có:

- Điểm đặt: Tại M.
- Phương: Đường nối M và Q
- Chiều: Hướng ra xa Q nếu Q > 0
  Hướng vào Q nếu Q <0
- Độ lớn: $E = k\dfrac{|Q|}{\varepsilon.r^2}$ (1.3) k = 9.10^9 $\left(\dfrac{N.m^2}{C^2}\right)$
- Biểu diễn:

Hình 1.3 Cường độ điện trường $\vec{E}$ do 1 điện tích điểm Q gây ra tại một điểm

+ Nguyên lí chồng chất điện trường:

$$\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 + ... + \vec{E}_n \quad (1.4)$$

Xét trường hợp tại điểm đang xét chỉ có 2 cường độ điện trường thành phần:

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

b) Tại điểm D ta có:

$\vec{E}_1'$ do q > 0 gây ra tại D có: - phương AD, hướng ra xa điểm A

- độ lớn: $E_1' = 9.10^9.\dfrac{q}{a^2}$

$\vec{E}_2^{'}$ do q < 0 gây ra tại D có: - phương BD, hướng từ D về B

- Độ lớn: $E_2^{'} = 9.10^9.\frac{|q|}{a^2}$

$$\left.\begin{array}{c} E_1^{'} = E_2^{'} \\ GocABD = 60^0 \end{array}\right\} \Rightarrow \Delta ABC \text{ là tam giác đều}$$

$$\Rightarrow \vec{E}_D = \vec{E}_1^{'} + \vec{E}_2^{'}$$

$\vec{E}_D^{'}$ có : - Phương song song AB

- Chiều từ trái sang phải
- Độ lớn là E_D

$$E_D = E_1^{'} = 9.10^9.\frac{q}{a^2} = 9.10^9.\frac{2.10^{-6}}{\left(3.10^{-2}\right)^2} = 2.10^7 (V/m)$$

2. Điện thế - Hiệu điện thế

Mục tiêu*:*

- Biết được khái niệm về điện thế và hiệu điện thế, điều kiện tồn tại và duy trì dòng điện.

- Giải thích được công thức tính điện thế và hiệu điện thế, áp dụng giải bài tập cơ bản

- Có ý thức tự giác trong học tập

2.1. Công của lực điện trường

Công của điện trường:

Khi điện trường tác dụng lên các điện tích, có thể làm cho các điện tích di chuyển trong điện trường, khi đó lực thực hiện một công gọi là công của lực điện trường.

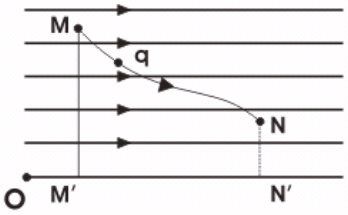
Xét 1 điện tích điểm q > 0 thì q gây ra lực F trong điện trường

Đặt vào trong điện trường 1 điện tích thử $q_0 > 0$

Di chuyển điện tích q_0 từ điểm M đến N thì lực tĩnh điện $\vec{F}$ sẽ thực hiện một công (Hình 1.4):

Công của lực điện trường:

$$A_{MN} = k.\frac{q.q_0}{\varepsilon}\left(\frac{1}{r_M} - \frac{1}{r_N}\right) \quad (1.4)$$



Hình 1.4. Di chuyển điện tích q_0 từ điểm M đến N

Như vậy: "Công của lực điện làm di chuyển điện tích điểm q_0 trong điện trường của điện tích q đi theo 1 đường cong bất kỳ, không phụ thuộc vào dạng đường cong dịch chuyển, mà chỉ phụ thuộc vào vị trí điểm đầu và điểm cuối của đường dịch chuyển".

*** Thế năng của điện tích trong điện trường:**

Khi A = 0, theo cơ học trường có tính chất trên gọi là trường thế.

Trường tĩnh điện là trường thế nên công của lực trường bằng cường độ giảm thế năng của điện tích q_0 khi dịch chuyển từ điểm M đến điểm N của trường.

$$A_{MN} = \frac{q.q_0}{4\pi\varepsilon\varepsilon_0 r_M} - \frac{q.q_0}{4\pi\varepsilon\varepsilon_0 r_M} = W_M - W_N \quad (1.5)$$

Trong đó:

$$W_M = \frac{q.q_0}{4\pi\varepsilon\varepsilon_0 r_M} + C \qquad \text{và} \qquad W_N = \frac{q.q_0}{4\pi\varepsilon\varepsilon_0 r_N} + C$$

Trong đó: C là một hằng số tuỳ ý

2.2. Điện thế

Giả sử có 1 điện tích q di chuyển từ một điểm M cho trước đến một điểm ở vô cùng. Từ biểu thức:

$$A_{M\infty} = \frac{q.q_0}{4\pi.\varepsilon_0.\varepsilon.r_M} - \frac{q.q_0}{4\pi.\varepsilon_0.\varepsilon.r_\infty} = \frac{q.q_0}{4\pi.\varepsilon_0.\varepsilon.r_M}$$

Chia hai vế của biểu thức cho q_0

$$\frac{A_{M\infty}}{q_0} = \frac{q}{4\pi.\varepsilon_0.\varepsilon.r_M}$$

Vế phải của biểu thức không phụ thuộc vào q_0 mà chỉ phụ thuộc vào điện tích q gây ra tại điện trường và phụ thuộc vào vị trí đặt điện tích q_0

Thương số: $\frac{A_{M\infty}}{q_0}$ đặc trưng cho điện trường ta đang xét nên gọi là điện thế của

điện trường tại M $\varphi_M = \frac{A_{M\infty}}{q_0} = \frac{q}{4\pi\varepsilon\varepsilon_0 r_M}$ (1.6)

Cho q_0 = +1 đơn vị điện tích $\Rightarrow \varphi_M = A_{M\infty}$

Vậy: "Điện thế tại 1 điểm nào đó trong điện trường có giá trị bằng công của lực tĩnh điện khi dịch chuyển 1 đơn vị điện tích dương từ điểm đó ra xa vô cùng"

2.3. Hiệu điện thế

$$\frac{A_{MN}}{q_0} = \frac{A_M}{q_0} - \frac{A_N}{q_0} = \frac{q}{4\pi.\varepsilon_0.\varepsilon.r_M} - \frac{q}{4\pi.\varepsilon_0.\varepsilon.r_N} = \varphi_M - \varphi_N = U_{MN}$$

Hiệu số (φM - φN) được gọi là hiệu điện thế giữa 2 điểm M và N

$$\Rightarrow \varphi_M - \varphi_N = \frac{A_{MN}}{q_0} \quad (1.7)$$

Nếu lấy q_0 = +1 đơn vị điện tích thì $\varphi_M - \varphi_N = A_{MN}$

Vậy: Đại lượng đo bằng công di chuyển một đơn vị điện tích từ M đến N gọi là điện áp của điện trường.

Ký hiệu: U

Điện áp giữa hai điểm của trường bằng hiệu điện thế giữa hai điểm đó. Vì thế, điện áp còn được gọi là hiệu điện thế.

3. Tác dụng của điện trường lên vật dẫn và điện môi

Mục tiêu*:*

- Biết và giải thích được một số vật dẫn và điện môi trong điện trường.

- Có ý thức tự giác trong học tập

3.1. Vật dẫn trong điện trường

Khi vật dẫn đặt trong điện trường mà không có dòng điện chạy trong vật thì ta gọi là vật dẫn cân bằng điện (vdcbđ)

Bên trong vdcbđ cường độ điện trường bằng không.

Mặt ngoài vdcbđ: cường độ điện trường có phương vuông góc với mặt ngoài

Điện thế tại mọi điểm trên vdcbđ bằng nhau

Điện tích chỉ phân bố ở mặt ngoài của vật, sự phân bố là không đều (tập trung ở chỗ lồi nhọn)

3.2. Điện môi trong điện trường

Khi đặt một khối điện môi trong điện trường thì nguyên tử của chất điện môi được kéo dãn ra một chút và chia làm 2 đầu mang điện tích trái dấu *(điện môi bị phân cực)*. Kết quả là trong khối điện môi hình thành nên một điện trường phụ ngược chiều với điện trường ngoài

NỘI DUNG VÀ PHƯƠNG PHÁP ĐÁNH GIÁ CHƯƠNG 1:

1. Nội dung:

+ Về kiến thức:

- *Một số định luật về điện trường.*
- *Công thức tính lực tĩnh điện và công thức tính cường độ điện trường..*
- *Điện thế và hiệu điện thế, điều kiện tồn tại và duy trì dòng điện.*
- *Một số vật dẫn và điện môi trong điện trường*

+ Về kỹ năng:

- *Giải bài tập cơ bản về lực tĩnh điện, cường độ điện trường, điện thế và hiệu điện thế*

+ Thái độ: Tỉ mỉ, cẩn thận, chính xác.

2. Phương pháp:

- Kiến thức: Được đánh giá bằng hình thức kiểm tra viết, trắc nghiệm
- Kỹ năng: Đánh giá kỹ năng tính toán các bài tập
- Thái độ: Đánh giá phong cách học tập

Bài tập

Bài tập 1.1: Tính lực tương tác giữa hai điện tích điểm có điện tích bằng nhau, q = 10^{-6}C, đặt cách nhau một đoạn d = 1cm, ở trong dầu (ε=2) và ở trong nước (ε=6)

Hướng dẫn giải:

Lực tương tác giữa hai điện tích điểm dựa vào (1.1): $F = 9.10^9.\frac{q_1.q_2}{\varepsilon.r^2}$

Ở trong dầu (ε=2): $\Rightarrow F = 9.10^9.\frac{10^{-6}.10^{-6}}{2.10^{-4}} = 4{,}5.10N = 45N$

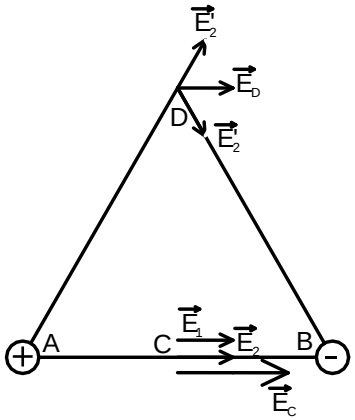
Ở trong nước (ε=6): $\Rightarrow F = 9.10^9.\frac{10^{-6}.10^{-6}}{6.10^{-4}} = 1{,}5.10N = 15N$

Bài tập 1.2: Cho hai điện tích điểm +q và –q (hình 1.5) đặt tại hai điểm A và B, cách nhau một khoảng a trong chân không

a) Xác định cường độ điện trường tại điểm C với C là trung điểm của đoạn AB

b) Xác định cường độ điện trường tại điểm D. Với D là điểm nằm trên đường trung trực của AB, và cách A một khoảng a.

Cho q = 2.10^{-6}C, a = 3cm



Hình 1.5

Hướng dẫn giải:

a) Tại C, ta có:

Từ (1.3) ta có $E_1 = E_2 = k.\frac{q}{r^2} = 9.10^9.\frac{q}{(a/2)^2} = 9.10^9.\frac{4q}{a^2}$

$\vec{E}_1$gây ra bởi điện tích +q tại điểm C:

- có phương A
- hướng ra xa điểm A

$\vec{E}_2$ gây ra bởi điện tích –q tại điểm C:

- có phương AC
- Hướng từ C về B

Như vậy, $\vec{E}_1$ và $\vec{E}_2$ có cùng độ lớn và cùng hướng

(1.4) ta có $\vec{E}_C = \vec{E}_1 + \vec{E}_2$

Độ lớn:

$$E_C = E_1 + E_2 = 2F_1 = 2.9.10^9.\frac{4q}{a^2} = 9.10^9.\frac{8q}{a^2}$$

$$E_C = 9.10^9.\frac{8.2.10^{-6}}{\left(3.10^{-2}\right)^2} = 16.10^7 (V/m)$$

CHƯƠNG 2
MẠCH ĐIỆN MỘT CHIỀU
Mã chương: MH8-02

Giới thiệu:

Trong thực tế mạch điện một chiều được ứng dụng nhiều ở lĩnh vực điện, điện tử, dòng điện một chiều tương đối ổn định và việc nghiên cứu để giải mạch điện một chiều là cơ sở để chuyển đổi và giải các mạch điện biến đổi khác về dạng mạch điện một chiều và các cách biến đổi, các phương pháp giải mạch điện một chiều được nghiên cứu kỹ.

Mục tiêu:

- Trình bày được khái niệm về dòng điện một chiều, khái niệm về mạch điện

- Phân tích được nhiệm vụ, vai trò của các phần tử cấu thành mạch điện như: nguồn điện, dây dẫn, phụ tải, thiết bị đo lường

- Giải thích được cách xây dựng mô hình mạch điện, các phần tử chính trong mạch điện.

- Phát biểu được các định luật cơ bản trong mạch điện một chiều, các phương pháp giải bài toán mạch điện một chiều.

- Có khả năng học tập độc lập, chuyên cần trong công việc.

Nội dung chính

1. Khái niệm về mạch điện một chiều

Mục tiêu*:*

- Biết được nguồn điện một chiều và chiều quy ước, dòng điện một chiều, điện áp.

- Giải thích được công thức tính dòng điện một chiều, áp dụng giải bài tập cơ bản về mạch điện

- Có ý thức tự giác trong học tập

1.1. Dòng điện và dòng điện một chiều

Dưới tác dụng của lực điện trường, các điện tích dương (+) sẽ di chuyển từ nơi có điện thế cao đến nơi có điện thế thấp hơn, còn các điện tích âm (-) chuyển động theo chiều ngược lại, từ nơi có điện thế thấp đến nơi có điện thế cao hơn, tạo thành dòng điện.

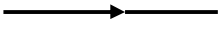
Dòng điện là dòng các điện tích (các hạt tải điện) di chuyển có hướng

1.2. Chiều qui ước của dòng điện

Chiều quy ước của dòng điện là chiều dịch chuyển có hướng của các điện tích dương.

- Dòng điện có:

  * tác dụng từ (đặc trưng) (Chiều quy ước I)



* tác dụng nhiệt, tác dụng hoá học tuỳ theo môi trường.

- Trong kim loại: dòng điện là dòng các điện tử tự do chuyển dời có hướng
- Trong dung dịch điện ly: là dòng điện tích chuyển dời có hướng của các ion dương và âm chuyển dời theo hai hướng ngược nhau.
- Trong chất khí: thành phần tham gia dòng điện là ion dương, ion âm và các electron.

1.3. Cường độ và mật độ dòng điện

Cường độ dòng điện là đại lượng cho biết độ mạnh của dòng điện được tính bởi:

$$I = \frac{dQ}{dt} \qquad (2.1)$$

q: điện lượng di chuyển qua các tiết diện thẳng của vật dẫn

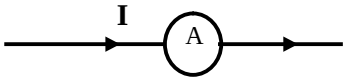
Δt: thời gian di chuyển

(Δt→0: I là cường độ tức thời)

Dòng điện có chiều và cường độ không thay đổi theo thời gian được gọi là dòng điện không đổi (cũng gọi là dòng điệp một chiều).

Cường độ của dòng điện này có thể tính bởi:

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



Trong đó q là điện lượng dịch chuyển qua tiết diện thẳng của vật dẫn trong thời gian t.

Ghi chú:

a) Cường độ dòng điện không đổi được đo bằng ampe kế (hay miliampe kế, . . .) mắc xen vào mạch điện (mắc nối tiếp).

b) Với bản chất dòng điện và định nghĩa của cường độ dòng điện như trên ta suy ra:

* cường độ dòng điện có giá trị như nhau tại mọi điểm trên mạch không phân nhánh.

* cường độ mạch chính bằng tổng cường độ các mạch rẽ.

Ví dụ 2.1: Trong thời gian Δt = 0,01s, tụ điện nạp được 10^{-3} Culông trên cực. Tìm giá trị trung bình của dòng điện nạp cho tụ.

Giải:

Trị số dòng điện nạp trung bình từ (2.1): $I = \frac{\Delta q}{\Delta t} = \frac{10^{-3}}{0{,}01} = 0.1A$

2. Mô hình mạch điện

Mục tiêu:

- Biết và giải thích được được một số yếu tố cấu thành mạch điện.

- Giải thích được công thức tính cường độ điện trường, áp dụng giải bài tập cơ bản ở mạch điện đơn giản.

- Có ý thức tự giác trong học tập

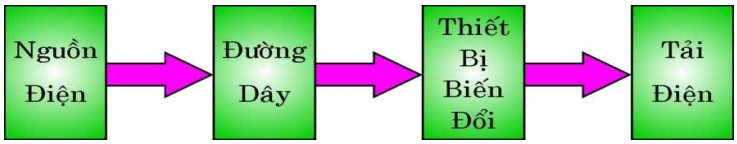
2.1. Mạch điện

Mạch điện là tập hợp các thiết bị để cho phép các bộ phận dẫn dòng điện chạy qua khi có nguồn cung cấp điện năng

2.2. Các phần tử cấu thành mạch điện

Mạch điện gồm 4 phần tử cơ bản: nguồn điện, nơi tiêu thụ điện và dây dẫn

- Nguồn điện: Là các thiết bị dùng để biến đổi các dạng năng lượng như: cơ năng, hoá năng, nhiệt năng … sang điện. pin, ăcquy, máy phát điện.
- Nơi tiêu thụ điện (phụ tải): là các thiết bị dùng để biến đổi điện năng sang các dạng năng lượng khác như cơ năng, nhiệt năng, quang năng …
- Thiết Bị Biến Đổi: *Biến Đổi* Áp, Dòng, Tần Số…
- Dây dẫn: Là các dây kim loại dùng để truyền tải điện năng từ nguồn đến phụ tải



Hình 2.1: Các phần tử mạch điện

Ngoài ra, còn có các thiết bị phụ trợ khác như thiết bị đóng cắt (cầu dao, máy cắt điện), dụng cụ đo lường (ampe kế, vôn kế …), thiết bị bảo vệ (cầu chì), tự động

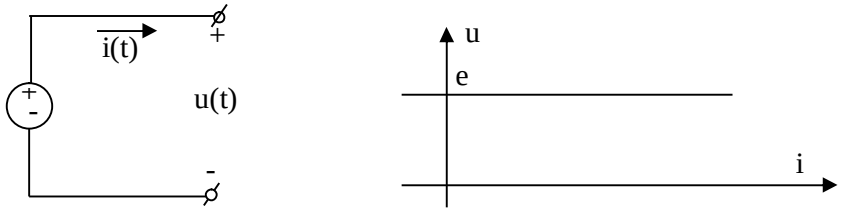
2.2.1. Nguồn điện

Nguồn điện là thiết bị tạo ra và duy trì hiệu điện thế để duy trì dòng điện. Mọi nguồn điện đều có hai cực, cực dương (+) và cực âm (-).

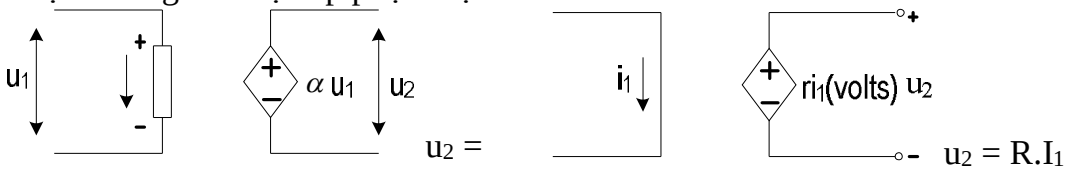
***Nguồn áp**:* Nguồn điện áp độc lập là phần tử hai cực mà điện áp của nó không phụ thuộc vào giá trị dòng điện cung cấp từ nguồn và chính bằng sức điện động của nguồn:

$$u(t)=e(t)$$

Kí hiệu của nguồn điện áp độc lập:



Kí hiệu của nguồn điện áp phụ thuộc:



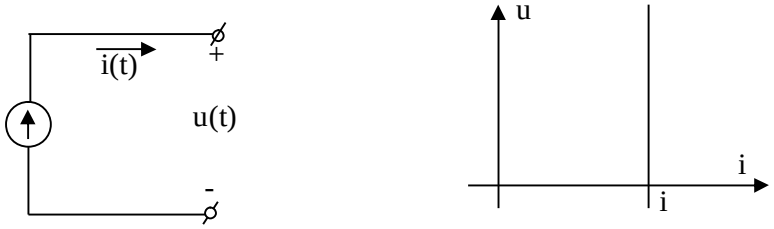
Hình 2.2: ký hiệu nguồn điện áp

Dòng điện của nguồn sẽ phụ thuộc vào tải mắc vào nó.

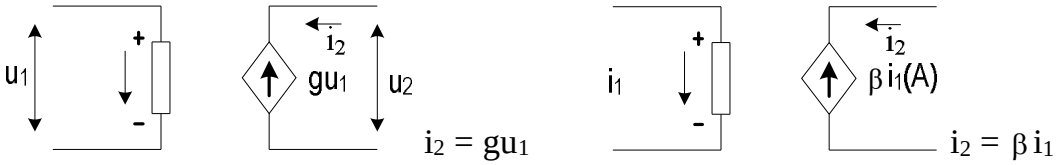
Nguồn dòng

Nguồn dòng độc lập là phần tử hai cực mà dòng điện của nó không phụ thuộc vào điện áp trên hai cực nguồn: i(t)=j(t)

Kí hiệu của nguồn độc lập:



Kí hiệu của nguồn phụ thuộc:



Hình 2.3: ký hiệu nguồn dòng

Điện áp trên các cực nguồn phụ thuộc vào tải mắc vào nó và chính bằng điện áp trên tải này.

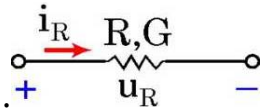
2.2.2. Phần tử tiêu thụ điện

Điện Trở*: Là bộ phận biến đổi điện năng thành các dạng năng lượng khác*

Là phần tử được đặc trưng bởi quan hệ giữa dòng điện và điện áp:

$$U = R.i \quad (2.2)$$

Trong đó, R là điện trở (Ω)



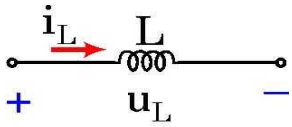
Hình 2.4: ký hiệu điện trở

Phần tử điện cảm:

⇒ *Cuộn dây* là phần tử tải 2 cực có quan hệ giữa điện áp và dòng điện tuân theo phương trình toán: $u(t) = L\frac{di(t)}{dt}$

hay dòng điện

$$i(t) = \frac{1}{L}\int_{t_0}^{t} u(t)dt + i(t_0) \quad (2.3)$$



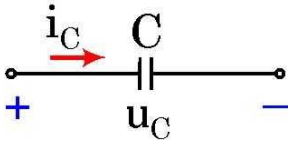
Hình 2.5: ký hiệu điện cảm

Phần tử điện dung: $i(t) = C\frac{du(t)}{dt}$

Điện áp trên phần tử điện dung được xác định bởi phương trình:

$$u(t) = \frac{1}{C}\int_{t_0}^{t} i(t)dt + u(t_0)$$

$$u(t) = \frac{1}{C}\int_{t_0}^{t} i(t)dt + u(t_0) \quad (2.4)$$



Hình 2.6: ký hiệu điện dung

3. Các định luật và các biểu thức cơ bản trong mạch điện một chiều

Mục tiêu:

- Biết và giải thích được một số định luật về mạch điện

- Giải thích được công thức của định luật, áp dụng giải bài tập cơ bản về mạch điện.

- Có ý thức tự giác trong học tập

3.1. Định luật Ohm

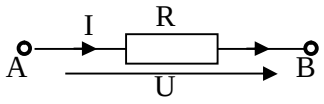
3.1.1. Định luật ôm đối vơi đoạn mạch chỉ có điên trở

Định luật:

- Cường độ dòng điện chạy qua đoạn mạch có có điện trở R:
  - tỉ lệ thuận với hiệu điện thế hai đầu đoạn mạch.

- tỉ lệ nghịch với điện trở.

$$I = \frac{U}{R} \quad (2.5)$$

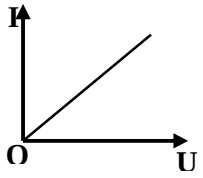


- Nếu có R và I, hiệu điện thế tính như sau: $U = V_A - V_B = I.R$ (2.6)

  I.R: gọi là độ giảm thế (độ sụt thế hay sụt áp) trên điện trở.
- Công thức của định luật ôm cũng cho phép tính điện trở:

Đặc tuyến V - A (vôn - ampe)

Đó là đồ thị biểu diễn I theo U còn gọi là đường đặc trưng vôn - ampe.



Hình 2.7: Đặc tuyến V - A

Đối với vật dẫn kim loại (hay hợp kim) ở nhiệt độ nhất định đặc tuyến V –A là đoạn đường thẳng qua gốc các trục: R có giá trị không phụ thuộc U. (vật dẫn tuân theo định luật ôm).

Ví dụ 2.2: Khi đặt điện áp U = 24V vào một đoạn mạch, thấy có dòng điện I = 6A đi qua. Tính điện trở của đoạn mạch đó.

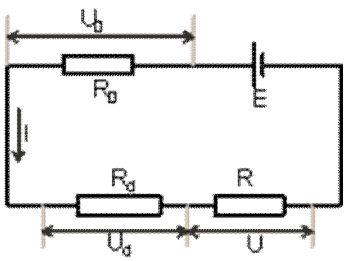
Giải: Điện trở của đoạn mạch, từ (2.5) ta có: $r = \frac{U}{I} = \frac{24}{6} = 4\Omega$

3.1.2. Định luật ôm cho toàn mạch

Cường độ dòng điện trong mạch kín:

Giả sử có mạch điện không phân nhánh như hình 2.8.

- nguồn có sức điện động E, điện trở trong là R_0
- cung cấp cho tải có điện trở là R
- qua một đường dây có điện trở là R_d
- dòng điện trong mạch là I



Hình 2.8: Mạch điện không phân nhánh

Áp dụng định luật Ohm cho từng đoạn mạch ta có

Điện áp trên tải: $U = I.R$

Điện áp trên đường dây: $U_d = I.R_d$

Điện áp trên điện trở trong của nguồn: $U_0 = I.R_0$

$E = U_0 + U_d + U = I(R_0 + R_d + R) = I.R_\Sigma$

Ở đây: $R_\Sigma = R_0 + R_d + R$: là tổng trở của toàn mạch

Từ đó:

$$I = \frac{E}{R_\Sigma} = \frac{E}{R_0 + R_n}$$

Trong đó : $R_n = R_d + R$: là điện trở mạch ngoài

Vậy: "Dòng điện trong mạch tỷ lệ với sức điện động của nguồn và tỷ lệ nghịch với điện trở tương đương của toàn mạch"

Ví dụ 2.3.

Mạch điện ở trên có E = 231V, R_0 = 0,1Ω, R = 22Ω, R_d = 1Ω. Hãy xác định dòng điện trong mạch, điện áp đặt vào tải và điện áp trên hai cực của nguồn.

Giải:

Áp dụng định luật Ohm cho toàn mạch để tính dòng điện:

$$I = \frac{E}{R_\Sigma} = \frac{E}{R_0 + R_d + R} = \frac{231}{0{,}1 + 22 + 1} = 10\,A$$

Điện áp đặt vào tải:

$$U = I.R = 10.22 = 220V$$

Điện áp rơi trên đường dây:

$$U_d = I.R_d = 10.1 = 10V$$

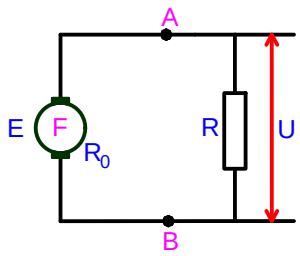
Điện áp rơi trên điện trở trong của nguồn:

$$U_0 = I.R_0 = 10.0{,}1 = 1V$$

3.2. Công suất và điện năng trong mạch điện một chiều

3.2.1. Công suất:

Nối nguồn điện F có s.đ.đ E và có điện trở trong R_0 với một tải điện trở R.



Hình 2.9: Nguồn có điện trở trong

Dưới tác dụng của lực trường ngoài của nguồn điện F, các điện tích liên tục chuyển động qua nguồn và mạch ngoài (tải) tạo thành dòng điện I. Khi đó, công của trường ngoài cũng là công của nguồn điện để di chuyển điện tích Q qua nguồn là: $A_F = E.Q = E.I.t$

Theo định luật bảo toàn và biến hoá năng lượng, công của nguồn sẽ biến đổi thành các dạng năng lượng khác ở các phần tử của mạch. Cụ thể ở đây chính là tải R và R_0 của nguồn.

Gọi điện áp tại hai điểm A và B là φ_A và φ_B

$$U = \varphi_A - \varphi_B$$

Năng lượng do điện tích Q thực hiện khi qua đoạn mạch AB sẽ là:

$$A = U.Q = U.I.t \quad (2.6)$$

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

$$\Delta A_0 = A_F - A = E.I.t - U.I.t = (E-U)I.t = \Delta U_0\, I.t$$

Trong đó: $\Delta U_0 = E - U$: Hiệu điện thế giữa sức điện động nguồn với điện áp trên hai cực của nó gọi là điện áp giáng (sụt áp) bên trong nguồn

Từ đó, ta có phương trình cân bằng sức điện động trong mạch:

$$\boxed{E = U + \Delta U_0} \quad (2.7)$$

Vậy: "S.đ.đ của nguồn bằng tổng điện áp trên hai cực của nguồn với sụt áp bên trong nguồn"

Tỷ số giữa công A và thời gian thực hiện t gọi là công suất của mạch điện, ký hiệu P

$$\boxed{P = \frac{A}{t}} \quad (2.8)$$

Như vậy: Công suất P là tốc độ thực hiện công theo thời gian

$$\boxed{P = \frac{A}{t} = \frac{U.I.t}{t} = U.I = \frac{U^2}{R} = I^2 R} \quad (2.9)$$

Đơn vị: U : Volt (V)

I : ampe (A)

P : Watt (W), $[V].[A] = [\mathrm{W}]$

3.2.2. Năng lượng điện (hay công của dòng điện):

Công bằng tích số giữa công suất và thời gian

$$P = \frac{A}{t} \quad \Rightarrow \quad \boxed{A = P.t} \quad (2.10)$$

Đơn vị: P (W), t (s) , A (J)

$$1\mathrm{W} = \frac{1\mathrm{J}}{1\mathrm{s}} = 1V.1A = 1VA$$

$$1J = 1\mathrm{W}.1\mathrm{s} = 1VA.1\mathrm{s} = 1\mathrm{V}.\mathrm{C}$$

Ví dụ 2.4: Có một dụng cụ nung nóng, khi điện áp của lưới là 220V thì dòng chạy trong đó là 5A. Hãy tính năng lượng điện trong 1 ngày đêm (24h)

Giải:

Năng lượng điện trong 1ngày đêm từ (2.9):

$A = U.I.t = 220.5.24 = 26400\text{Wh} = 24{,}6\text{kW} = 95{,}04MJ$

3.3. Định luật Joule – lenz

Dòng điện là dòng chuyển dời có hướng của các điện tích. Khi chuyển động trong vật dẫn, các điện tích va chạm với các phân tử, truyền bớt động năng, làm cho các phân tử của vật dẫn tăng mức chuyển dộng nhiệt. Kết quả : vật dẫn bị dòng điện đốt nóng. Đó chính là tác dụng nhiệt của dòng điện.

Gọi R là điện trở của vật dẫn

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

Công suất nhận được trên vật dẫn:

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

Trong thời gian t, công do dòng điện thực hiện là:

$$A = P.t = RI^2t$$

Công này được truyền qua cho vật dẫn và chuyển thành nhiệt:

$$\boxed{Q = RI^2t \qquad (J)} \quad (2.11)$$

Lượng nhiệt đó không chỉ đo bằng Joule mà còn đo bằng calori (cal)

$$\boxed{Q = 0.24RI^2t \qquad (cal)}$$

Vậy: "Nhiệt lượng Q toả ra trên một đoạn dây dẫn khi có dòng điện không đổi I chạy qua tỷ lệ với điện trở R của dây, với bình phương cường độ dòng điện và với thời gian t duy trì dòng điện "

Ví dụ 2.5: Tìm nhiệt lượng toả ra trong điện trở R = 20Ω, trong thời gian 1 giờ, khi dòng điện chạy qua điện trở I = 10A

Giải:

Từ (2.11) lượng nhiệt toả ra là:

$$Q = RI^2t = 20.10^2.3600 = 7200kJ$$

hay:

$$Q = 0.24RI^2t = 0.24.7200 = 1728cal$$

3.4. Định luật Faraday

3.4.1 Sức điện động cảm ứng khi từ thông xuyên qua vòng dây biến thiên

Khi từ thông xuyên qua vòng dây biến thiên, trong vòng dây sẽ cảm ứng ra Sức điện động cảm ứng, Sức điện động cảm ứng ấy có chiều sao cho dòng điện sinh ra nó có hướng chống lại sự biến thiên của từ thông sinh ra nó.

$$e = -w\frac{d\Phi}{dt} \quad (2.12)$$

W. Là số vòng dây của cuộn dây.

Dấu (-) sdd có chiều sao cho dòng điện sinh ra nó có xu hướng chống lại sự biến thiên của từ thông sinh ra nó.

Ví du 2.6: Một cuộn dây có 10 vòng quay trong từ trường của một nam châm, biết cuộn dây quay với vận tốc góc là =314 rad/s và sau thời gian t từ thông xuyên qua vòng dây là: Φ_t=0,004cos314t Wb

Tính Sức điện động cảm ứng trong cuộn dây.

Giải: Từ 2.12 ta có

$$e = -w\frac{d\Phi}{dt} = -10.\frac{d(0{,}004\cos 314t)}{dt} = 10.0{,}004.314.\sin 314t = 12{,}7\sin 314t(v)$$

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

Khi thanh dẫn chuyển động cắt qua từ từ trường trong thanh dẫn sẽ cảm ứng ra Sức điện động cảm ứng là:

$e=Blv\sin\varphi$ (2.13)

Trong đó:

B. Là cường độ từ cảm (T)

l. Là chiều dài tác dụng của thanh dẫn (Phần thanh dẫn nằm trong từ trường) m

v. Vận tốc thanh dẫn (m/s)

φ. Góc giữa chiều vận tốc vứi chiều từ trường.

Khi chiều chuyển động vuông góc với từ trường (2.13) trở thành.

$e=Blv$ ($\sin\varphi=1$)

Chiều của Sức điện động cảm ứng được xác định theo quy tắc bàn tay phải:

Cho đường sức từ trường đi vào lòng bàn tay phải, chiều chuyển động của thanh dẫn theo chiều ngón tay cái choãi ra 90^o, thì chiều 4 ngón tay còn lại là chiều Sức điện động cảm ứng.

Ví dụ 2.7: Một thanh dẫn có chiều dài tác dụng l=0,5m, nằm trong từ trường B=1,4T. người ta làm nó chuyển động với vận tốc v=20m/s thẳng góc với từ trường. Hai đầu thanh dẫn nối với một điện trở R=0,5 ohm làm thành mạch kín, coi điện trở của thanh dẫn không đáng kể.Tìm Sức điện động cảm ứng.

Giải. Từ (2.13) ta có e=B.l.v=1,4.0,5.20=14v.

3.5. Hiện tượng nhiệt điện

Sự phụ thuộc của điện trở vào nhiệt độ:

Khi kim loại phát nóng, nhiệt độ của kim loại tăng lên, các phân tử vật chất trong kim loại sẽ tăng mức độ chuyển động. Do đó, các điện tử trong kim loại sẽ va chạm nhiều hơn, gặp nhiều trở ngại hơn. Do đó, điện trở của kim loại tăng lên khi nhiệt độ tăng.

Trong khoảng từ $0^0 \div 100^0 C$, điện trở của kim loại tính theo:

$$r_1 = r_0[1+\alpha(t_1 - t_0)] \quad (2.14)$$

Trong đó: r_0: điện trở ứng với nhiệt độ ban đầu t_0

r_1: điện trở ứng với nhiệt độ đang xét t_1

α : hệ số nhiệt điện trở của vật liệu

Hệ số nhiệt độ của điện trở của vật liệu bằng độ tăng tương đối của điện trở khi nhiệt độ biến thiên $1^0 C$

Hệ số nhiệt điện trở của một số loại vật liệu làm dây dẫn như:

- đồng, nhôm, vonfram: α = 0.004 1/K
- Thép : α = 0,006 1/K
- Đồng thau : α = 0,002 1/K
- Mangan : α = 0,00004 1/K

Trong dung dịch điện phân và than thì khi tăng nhiệt độ thì mật độ các phần tử mang điện tăng lên nên mức độ va chạm giữa các phần tử mang điện với các phần tử khác có tăng lên, độ dẫn điện của vật liệu tăng tức cường độ dòng điện trong mạch càng lớn. Như vậy, điện trở riêng của dung dịch điện phân giảm khi nhiệt độ tăng.

Ví dụ 2.8: Cần đo điện trở r_1 của thép khi nó được phát nóng lên $520^0 C$

Giải:

Dựa vào công thức (2.14) trên ta tính:

$$r_1 = r_0[1+\alpha(t_1 - t_0)] = r_0 + r_0.0{,}006.(520 - 20) = 4r_0$$

Điện trở riêng của thép tăng lên 4 lần

4. Các phương pháp giải mạch một chiều

Mục tiêu:

- Biết và giải thích được một số phương pháp giải mạch điện

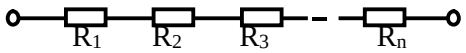
- Áp dụng giải bài tập cơ bản về mạch điện.

- Có ý thức tự giác trong học tập

4.1. Phương pháp biến đổi điện trở .

4.1.1. Điện trở mắc nối tiếp:

Điện trở tương đương được tính bởi:



Hình 2.10: Các điện trở mắc nối tiếp

$$R_m = R_1 + R_2 + R_3 + \ldots + R_n$$
$$I_m = I_1 = I_2 = I_3 = \ldots = I_n \qquad (2.15)$$
$$U_m = U_1 + U_2 + U_3 + \ldots + U_n$$

$$\boxed{I_m = \frac{U_m}{R_m}}$$

Ví dụ 2.8: Cần ít nhất mấy bóng đèn 24V-12W đấu nối tiếp khi đặt vàp điện áp U = 120V .Tính điện trở tương đương và dòng điện qua mạch

Giải:

Với bóng đèn 24V không thể đấu trực tiếp vào mạch điện áp 120V được mà phải đấu nối tiếp nhiều bóng đèn có điện áp 24V. Và phải đảm bảo không vượt quá điện áp của mạng. Các bóng đèn giống nhau nên khi đấu nối tiếp, điện áp đặt vào mỗi bóng là như nhau. Ở đây, ta cần số bóng đèn là:

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

Lấy n = 5 bóng:

Điện trở của mỗi bóng là:

$$P = U.I = \frac{U^2}{R} \quad \Rightarrow \quad R = \frac{U_{dm}^2}{P_{dm}} = \frac{24^2}{12} = 48\ (\Omega)$$

Điện trở tương đương của toàn mạch:

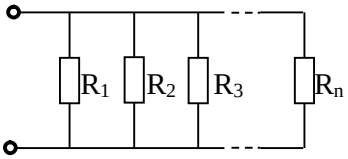
$$R_{td} = n.R = 5.48 = 240\ (\Omega)$$

Dòng điện trong mạch:

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

4.1.2. Biến đổi song song các điện trở:

Điện trở tương đương được anh bởi:



Hình 2.11: Các điện trở mắc song song

$$\frac{1}{R_m} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \cdots + \frac{1}{R_n}$$

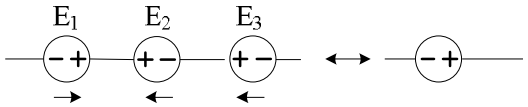
$$I_m = I_1 + I_2 + \ldots + I_n \qquad (2.16)$$

$$U_m = U_1 = U_2 = U_3 = \ldots = U_n$$

$$\boxed{I_m = \frac{U_m}{R_m}}$$

***4.1.3.* Đấu nối tiếp các nguồn điện**

Đấu nối tiếp là cách đấu cực âm của phần tử thứ nhất với cực dương của phần tử thứ hai, cực âm của phần tử thứ hai đấu với cực dương của phần tử thứ ba …Cực dương của phần tử thứ nhất và cực âm của phần tử cuối cùng là hai cực của bộ nguồn.



Hình 2.12 : Đấu nối tiếp nguồn

Gọi s.đ.đ của mỗi phần tử là E_0; S.đ.đ chung của cả bộ: $E = n.E_0$

Từ đó, nếu đã biết U là điện áp yêu cầu của tải thì xác định được số phần tử nối tiếp: $n \geq \frac{U}{E_0}$ Gọi r_{ft} là điện trở trong của mỗi phần tử

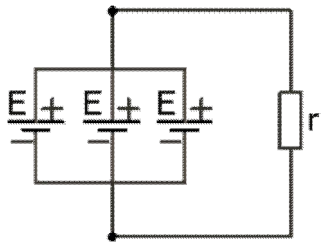
r_0 là điện trở trong của bộ nguồn, chính là điện trở tương đương của n điện trở nối tiếp $r_0 = n.r_{ft}$

Dòng điện qua bộ nguồn cũng là dòng điện qua mỗi phần tử nên dung lượng mỗi phần tử bằng với dung lượng nguồn.

***4.1.4.* Đấu song song các nguồn điện…**

Đấu song song là cách đấu các cực dương với nhau, các cực âm với nhau, tạo thành hai cực của bộ nguồn.

Hình 2.13 : Đấu song song nguồn



S.đ.đ của cả bộ nguồn chính là s.đ.đ của mỗi phần tử: $E = E_0$
Điện trở trong của bộ nguồn là điện trở tương đương của m điện trở đấu song song: $r_0 = \frac{r_{ft}}{m}$ Dòng điện tương đương của cả bộ nguồn là tổng dòng điện qua mỗi phần tử: $I = m.I_{ft}$
Từ đó, nếu biết I là dòng điện yêu cầu của tải, xác định được số mạch nhánh cần đấu song song: $m \geq \frac{I}{I_{ft.cp}}$

Trong đó: $I_{ft.cp}$ là dòng điện lớn nhất cho phép của mỗi phần tử

4.1.5. Đấu nguồn điện hỗn hợp:

Đấu hỗn hợp là mỗi bộ phận gồm m nhánh đấu song song, mỗi nhánh gồm n phần tử đấu nối tiếp hoặc ngược lại (mỗi đoạn có m phần tử đấu song song)

S.đ.đ của cả bộ:

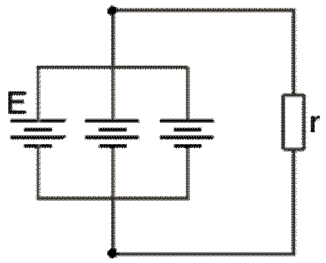
$$E = n.E_0$$

Dòng điện của cả bộ:

$$I = m.I_{ft}$$

Điện trở trong của cả bộ:

$$r_0 = \frac{n.r_{ft}}{m} = \frac{n}{m} r_{ft}$$



Hình 2.14 : Đấu hỗn hợp nguồn

Ví dụ 2.9: Xác định số phần tử acquy cần nối thành bộ để cung cấp tải là đèn chiếu sáng sự cố, công suất tải 2,1kW, điện áp tải 120V, biết mỗi ăquy có $E_0 = 2V$, dòng điện phóng cho phép là 6A.

Giải:

Dòng điện tải:

$$I = \frac{P}{U} = \frac{2100}{120} = 17{,}5\ (A)$$

Vì I và U của tải đều vượt quá $I_{ft.cp}$ và E_0 nên cần thực hiện đấu nhóm.
Số phần tử nối tiếp trong một nhánh:

$$n \geq \frac{U}{E_0} = \frac{120}{2} = 60 \rightarrow \text{lấy n = 60}$$

Số nhánh đấu song song:

$$m \geq \frac{I}{I_{ft.cp}} = \frac{17{,}5}{6} = 2{,}91 \rightarrow \text{lấy m = 3}$$

Số phần tử acquy của cả bộ:

$$n.m = 60.3 = 180 \text{ chiếc}$$

Ví dụ 2.10: Ba bóng đèn có điện trở $R_1 = 60\Omega$; $R_2 = 120\Omega$; $R_3 = 150\Omega$; đấu song song, đặt vào điện áp U = 120V. Tính điện trở tương đương, dòng điện qua mỗi bóng trong mạch chính.

Giải:

Điện trở tương đương của ba bóng:

$$R = \frac{R_1.R_2.R_3}{R_1.R_2 + R_2.R_3 + R_3.R_1} = \frac{60.120+120.150+150.60}{60.120.150} = \frac{600}{19} = 31{,}6 \ \ (\Omega)$$

Dòng điện qua mỗi bóng:

$$I_1 = \frac{U}{R_1} = \frac{120}{60} = 2 \ \ (A)$$

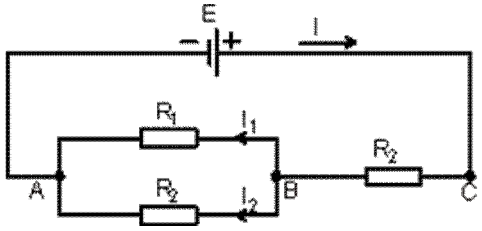
$$I_2 = \frac{U}{R_2} = \frac{120}{120} = 1 \ \ (A)$$

$$I_3 = \frac{U}{R_3} = \frac{120}{150} = 0{,}8 \ \ (A)$$

Dòng điện qua mạch chính: $I = I_1 + I_2 + I_3 = 2 + 1 + 0{,}8 = 3{,}8 \ \ (A)$

4.1.6. Mắc các điện trở hỗn hợp:

Mắc hỗn hợp có nghĩa là trong mạch điện có nhánh mắc nối tiếp, có nhánh mắc song song mà thực tế ta rất hay gặp. Như sơ đồ dưới đây:



Hình 2.15 : Đấu các điện trở hỗn hợp

Điện trở song song đưa về điện trở tương đương:

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

Mạch hỗn hợp được viết lại:

$R_{tđ}$ nối tiếp $R_3 \Rightarrow R_{TM} = R_{td} + R_3 = \frac{R_1.R_2}{R_1 + R_2} + R_3$

Như vậy, đối với sơ đồ mắc hỗn hợp trên đây, ta đã lập được công thức tính của nó

Nếu $R_1 = R_2 = R_3 = ... = R_n = R$ thì $R = \frac{R_n}{n}$

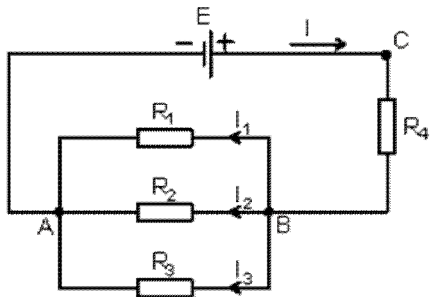
Ví dụ 2.11: Cho mạch điện như hình vẽ với các số liệu sau: $R_1 = R_2 = R_3 = 30\Omega$; $R_4 = 15\Omega$; $I_1 = 0,5A$

a) Tính điện trở tại 2 điểm A và B

b) Tính cường độ dòng điện qua mỗi điện trở

c) Tính điện áp trên mỗi điện trở và điện áp giữa hai điểm A và C

Hình 2.16: ví dụ 2.11



Giải:

a) Điện trở tại 2 điểm A và B:

$R_1 // R_2 // R_3 \quad \Rightarrow \quad \frac{1}{R_t} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$

Vì $R_1 = R_2 = R_3$ nên: $R_t = \frac{R_1}{n} = \frac{30}{3} = 10 \ (\Omega)$

Điện trở của toàn mạch: $R = R_t + R_4 = 10 + 15 = 25 \ (\Omega)$

Vì mạch là nối song song nhau nên điện áp tại các nhánh là không đổi

b) Do $R_1 = R_2 = R_3 = 30\Omega$

$I_1 = I_2 = I_3 = 0,5\Omega$

Cường độ dòng điện qua mạch chính:

$I = I_1 + I_2 + I_3 = 3.I_1 = 3.0,5 = 1,5 \ (A)$

c) Điện áp trong đoạn mạch song song:

$U_1 = U_2 = U_3 = I_1.R_1 = 0,5.30 = 15 \ (V)$

Điện áp trên điện trở R_4:

$U_4 = I.R_4 = 1,5.15 = 22,5 \ (V)$

Điện áp trong toàn mạch chính:

$U = I.R = 1,5.25 = 37,5 \ (V)$

Hay: $U = U_1 + U_4 = 15 + 22,5 = 37,5 \ (V)$

4.2. Phương pháp xếp chồng dòng điện

Phương pháp xếp chồng có thể sử dụng để xác định dòng điện trong mạch có nhiều nguồn điện. Dòng điện qua mỗi nhánh bằng tổng đại số các dòng điện qua nhánh do tác dụng riêng rẽ của từng s.đ.đ.

Nguyên lý xếp chồng được ứng dụng để nghiên cứu mạch điện có nhiều nguồn tác dụng

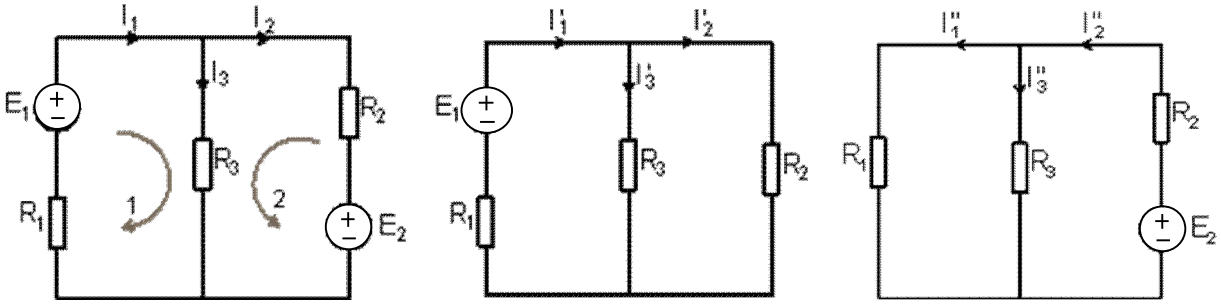
* Các bước thực hiện bằng phương pháp xếp chồng

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
Bước 3: Thiết lập sơ đồ mạch điện cho nguồn tiếp theo, lặp lại các bước 1 và 2 cho mỗi nguồn tác động
Bước 4: Xếp chồng các kết quả tính dòng điện, điện áp của mỗi nhánh do các nguồn tác động riêng rẽ.

Ví dụ 2.12: Cho mạch điệnnhư hình 2.17. Giải bằng phương pháp xếp chồng dòng điện

Cho biết: $E_1 = 125V$; $E_2 = 90V$; $R_1 = 3\Omega$; $R_2 = 2\Omega$; $R_3 = 4\Omega$. Tìm dòng điện trong các nhánh và điện áp đặt vào tải R_3



Hình 2.17: ví dụ 2.12

Giải:

Trước hết nối tắt E_2, chỉ còn E_1 tác dụng

Điện trở tương đương $R_2 // R_3$

$$R_{23} = \frac{R_2.R_3}{R_2 + R_3} = \frac{2.4}{2+4} = 1{,}333\ \Omega$$

Dòng điện trong mạch E_1:

$$I_1^{'} = \frac{E_1}{R_1 + R_{23}} = \frac{125}{3+1{,}333} = 28{,}85\ A$$

$$I_2^{'} = I_1^{'}\frac{R_3}{R_2 + R_3} = 28{,}85\frac{4}{2+4} = 19{,}23\ A$$

$$I_3^{'} = I_1^{'}\frac{R_2}{R_2 + R_3} = 28{,}85\frac{2}{2+4} = 9{,}62\ A$$

Sau đó, nối tắt E_1 , chỉ còn E_2 tác dụng

Điện trở tương đương $R_2 // R_1$

$$R_{12} = \frac{R_1.R_2}{R_1 + R_2} = \frac{3.4}{3+4} = 1{,}714\ \Omega$$

Dòng điện trong mạch E_2:

$$I_2^{''} = \frac{E_2}{R_1 + R_{13}} = \frac{90}{2+1{,}714} = 24{,}23\ A$$

$$I_1^{"} = I_2^{"}\frac{R_3}{R_1+R_3} = 24{,}23\frac{4}{3+4} = 13{,}85\ A$$

$$I_3^{"} = I_2^{"}\frac{R_1}{R_1+R_3} = 28{,}85\frac{3}{3+4} = 10{,}35\ A$$

Dòng điện tổng trong các nhánh:

$$I_1 = I_1^{'} - I_1^{"} = 28{,}85 - 13{,}85 = 15\ A$$
$$I_2 = I_2^{'} - I_2^{"} = 24{,}23 - 19{,}23 = 5\ A$$
$$I_3 = I_3^{'} - I_3^{"} = 9{,}62 - 10{,}38 = -0{,}76\ A$$

4.3. Phương pháp áp dụng định luật Kirchoff

Bài toán phân tích hay tổng hợp, cơ sở của việc giải mạch có thông số tập trung vẫn là hai định luật Kirchhoff 1 và 2.

Định luật K1: chỉ rõ mối liên hệ giữa các dòng điện ở một nút, nó nói lên tính chất liên tục của dòng điện.

Định luật K2: chỉ rõ mối liện hệ giữa các điện áp trong một vòng, nó nói lên tính chất thế.

Để hiểu được các định luật Kirchhoff trước tiên ta phải nắm các khái niệm về nhánh, nút, vòng.

- *Nhánh tạo thành từ một hoặc nhiều phần tử mạch mắc nối tiếp.*
- *Nút là điểm giao của hai nhánh trở lên.*
- *Vòng là tập hợp các nhánh tạo thành một đường khép kín. Nó có tính chất là bỏ đi một nhánh nào đó thì tập còn lại không.*

  Mắt lưới là vòng mà không chứa vòng nào bên trong nó.

  Một mạch phẳng có d nút, n nhánh thì số mắt lưới m là (n-d+1)

  m=n-d+1

4.3.1. Định luật Kirchhoff I:

Tổng đại số các dòng điện tại một nút (hoặc vòng kín) bất kỳ bằng không

$$\sum_{nut} \pm i_k = 0 \quad (2.17)$$

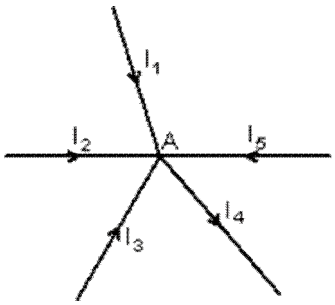
Trong đó, ta có thể quy ước: *Các dòng điện có chiều dương đi vào nút thì lấy dấu +, còn đi ra khỏi nút thì lấy dấu –. Hoặc có thể lấy dấu ngược lại.*

Có thể phát biểu định luật K1 dưới dạng: *Tổng các dòng điện có chiều dương đi vào một nút bất kỳ thì bằng tổng các dòng điện có chiều dương đi ra khỏi nút.*

Với mạch điện có d nút thì ta chỉ viết được (d-1) phương trình K1 độc lập với nhau cho (d-1) nút. Phương trình K1 viết cho nút còn lại có thể được suy ra từ (d-1) phương trình K1 trên.

Ví dụ 2.13: Ta xét 1 nút của mạch điện gồm có 1 số dòng điện đi tới nút A và cũng có 1 số dòng điện rời khỏi nút A

Hình 2.18: ví dụ 2.13



Như vậy, trong 1 giây, điện tích di chuyển đến nút phải bằng điện tích rời khỏi nút. Bởi vì, nếu giả thiết này không thoả mãn thì sẽ làm cho điện tích tại nút A thay đổi.

Vì thế: "Tổng số học các dòng điện đến nút bằng tổng số học các dòng điện rời khỏi nút"

Đây chính là nội dung của định luật Kirchhoff 1

Nhìn vào mạch điện ta có:

$$I_1 + I_3 + I_5 = I_2 + I_4$$
$$I_1 - I_2 + I_3 - I_4 + I_5 = 0$$

Tổng quát, ta có định luật phát biểu như sau:

"Tổng đại số các dòng điện đến một nút bằng 0"

$$\boxed{\sum_{i=1}^{n} I_i = 0}$$

Quy ước: - Nếu các dòng điện đi tới nút là dương thì các dòng điện rời khỏi nút sẽ mang dấu âm hoặc ngược lại.

4.3.2. Định luật Kirchhoff II:

Định luật Kirchhoff II phát biểu cho 1 vòng kín

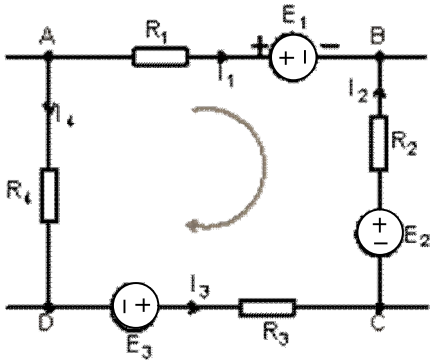
Tổng đại số các sụt áp trên một vòng kín thì bằng không

$$\sum_{\text{vong}} \pm u_k = 0 \quad (2.18)$$

Người ta chứng minh được rằng: với một mạch có d nút, n nhánh thì số phương trình độc lập có được từ định luật K2 là (n-d+1).

Đối với mạch điện phẳng có d nút, n nhánh thì số mắc lưới là (n-d+1). Do đó: (n-d+1) phương trình K2 độc lập nhau có thể đạt được bằng cách viết (n-d+1) phương trình K2 viết cho (n-d+1) mắt lưới.

Ví dụ 2.14: Cho một mạch điện như hình vẽ gồm 4 nhánh:



Hình 15: ví dụ 2.19

Ta có

$$I_1.R_1 - I_2.R_2 - I_3.R_3 - I_4.R_4 + E_1 + E_2 + E_3 = 0$$

Trong đó, chiều dương của mạch vòng được chọn như hình vẽ

Như vậy, "Đi theo 1 vòng khép kín, theo 1 chiều tùy ý, tổng đại số các điện áp rơi (sụt áp) trên các phần tử bằng tổng đại số các suất điện động trong mạch vòng, trong đó những suất điện động và dòng điện có chiều trùng với chiều đi vòng sẽ lấy dấu (+), còn ngược lại mang dấu (-)"

$$\boxed{\sum R.I = \sum E}$$

4.3.3. Phương pháp dòng nhánh

Nếu có m điểm nút sẽ lập được (m-1) phương trình độc lập.

Gọi số nhánh của mạch điện là n thì ta có n ẩn số vì dòng điện mỗi nhánh là 1 ẩn

Như vậy, số phương trình còn lại cần lập là: $n - (m-1) = M$

Giải mạch điện bằng phương pháp dòng nhánh nói chung gồm các bước sau:

Bước 1: Xác định số nút m = ?, số nhánh n = ?

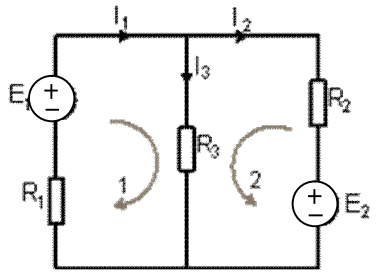
Bước 2: Quy ước chiều dòng điện nhánh, mỗi dòng là 1 ẩn.

Bước 3: Viết phương trình Kirchhoff 1 cho (m-1) nút đã chọn

Bước 4: Viết phương trình Kirchhoff 2 cho n- (m-1) mạch vòng

Bước 5: Giải hệ n phương trình đã thiết lập, ta tìm ra được đáp số của dòng điện các nhánh. Đối với đáp số âm, ta nên hiểu là chiều thực tế ngược với chiều đã chọn ban đầu

Ví dụ 2.15: Cho mạch điện như hình vẽ có: E_1 = 125V; E_2 = 90V; R_1 = 3Ω; R_2 = 2Ω; R_3 = 4Ω. Tìm dòng điện trong các nhánh và điện áp đặt vào tải R_3



Hình 2.20: ví dụ 2.15

Giải:

Bước 1: m = 2, n = 3

Bước 2: Chọn chiều dòng điện I_1 , I_2 , I_3 như hình vẽ

Bước 3: Viết phương trình Kirchhoff 1 cho điểm A :

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

Bước 4: Viết phương trình Kirchhoff 2 cho mạch vòng:

$$I_1.R_1 + I_3.R_3 = E_1 \qquad (2)$$

$$-I_2.R_2 + I_3.R_3 = E_2 \qquad (3)$$

$$(2) \Rightarrow I_1 = \frac{E_1 - I_3.R_3}{R_1}$$

$$(3) \Rightarrow I_2 = \frac{I_3.R_3 - E_2}{R_2}$$

Giải hệ phương trình ta tìm được:

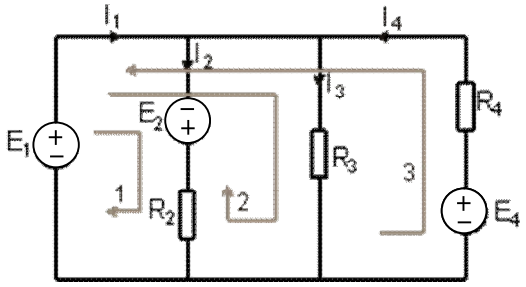
$I_3 = 20\,(A)$; $I_1 = 15\,(A)$; $I_2 = -5\,(A)$

Như vậy, chiều thực của I_2 ngược với chiều đã chọn

Điện áp đặt vào tải R_3:

$U_{AB} = I_3.R_3 = 20.4 = 80\,(V)$

Ví dụ 2.16: Cho mạch điện như hình vẽ:E_1 = 35V; E_2 = 95V; E_4 = 44V; R_2 = 50Ω; R_3 = 10Ω; R_4 = 12Ω. Tìm dòng điện trong các nhánh



Hình 2.21: ví dụ 2.16

Giải:

Áp dụng định luật Kirchhoff 1, ta có: $I_1 - I_2 - I_3 + I_4 = 0 \qquad (1)$

Áp dụng định luật Kirchhoff 2, ta có:

Đối với vòng 1 : $I_2.R_2 = E_1 + E_2$

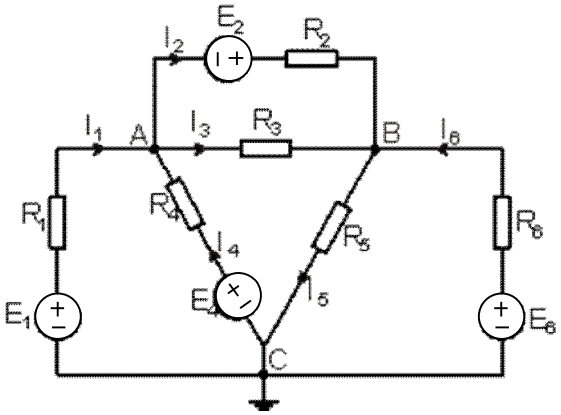
Đối với vòng 2 : $I_3.R_3 = E_1$

Đối với vòng 3 : $I_4.R_4 = E_4 - E_1$

Thay số vào: $I_1 = 5{,}35\ (A)$; $I_2 = 2{,}6\ (A)$; $I_3 = 3{,}5\ (A)$; $I_4 = 0{,}75\ (A)$

4.3.4. Phương pháp điện áp nút

Ta có sơ đồ mạch điện như hình vẽ 2.22:



Hình 2.22: phương pháp thế nút

Theo sơ đồ này, ta có điểm nút là A, B, C

Mặc khác, khi chọn thông số, ta có thể tùy ý chọn 1 nút nào đó có điện thế bằng 0. Chẳng hạn, ở đây ta chọn $\varphi_C = 0$ (vì có nối đất)

Như vậy, bây giờ chỉ còn lại 2 điểm nút là A và B tương ứng có điện áp là φ_A và φ_B

Từ đó, ta tính được dòng điện trong các nhánh:

$$I_1 = \frac{E_1 - U_{AC}}{\mathrm{R}_1} = (E_1 - \varphi_A).g_1$$

$$I_2 = \frac{E_2 - U_{BA}}{\mathrm{R}_2} = (E_2 - \varphi_B + \varphi_A).g_2$$

$$I_3 = \frac{U_{AB}}{\mathrm{R}_3} = (\varphi_A - \varphi_B).g_3$$

$$I_4 = \frac{E_4 - U_{AC}}{\mathrm{R}_4} = (E_4 - \varphi_A).g_4$$

$$I_5 = \frac{U_{BC}}{\mathrm{R}_5} = \varphi_B.g_5$$

$$I_6 = \frac{E_6 - U_{BC}}{\mathrm{R}_6} = (E_6 - \varphi_B).g_6$$

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

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

Thay biểu thức các dòng điện vào ta có:

$$(E_1 - \varphi_A).g_1 - (E_2 - \varphi_B + \varphi_A).g_2 - (\varphi_A - \varphi_B).g_3 + (E_4 - \varphi_A).g_4 = 0$$

$$\Rightarrow \varphi_A(g_1 + g_2 + g_3 + g_4) - \varphi_B(g_2 + g_3) = E_1.g_1 - E_2.g_2 + E_4.g_4$$

Đặt $g_{AA} = g_1 + g_2 + g_3 + g_4$: là tổng điện dẫn các nhánh nối tới nút A

$g_{AB} = g_2 + g_3$: là tổng điện dẫn nối trực tiếp giữa hai nút A và B

$\sum_{A} E.\mathrm{g} = E_1.g_1 - E_2.g_2 + E_4.g_4$: là tổng nguồn dòng hướng tới nút A

Ta có: $\boxed{g_{AA}.\varphi_A - g_{AB}.\varphi_B = \sum E.g}$ (*)

Tương tự, áp dụng định luật Kirchhoff 1 tại nút B, ta có:

$$I_2 + I_3 - I_5 + I_6 = 0$$

Thay dòng điện các nhánh vào trong phương trình, ta có:

$$(E_2 - \varphi_B + \varphi_A).g_2 + (\varphi_A - \varphi_B).g_3 + \varphi_B.g_5 + (E_6 - \varphi_B).g_6 = 0$$

$$\Rightarrow \varphi_B(g_2 + g_3 + g_5 + g_6) - \varphi_A(g_2 + g_3) = E_2.g_2 + E_6.g_6$$

Đặt $g_{BB} = g_2 + g_3 + g_5 + g_6$: là tổng điện dẫn nối tới nút B

$g_{AB} = g_2 + g_3$: là tổng điện dẫn nối trực tiếp giữa hai nút A và B

$\sum_{B} E.\mathrm{g} = E_2.g_2 + E_6.g_6$: là tổng nguồn dòng hướng tới nút A

Ta có: $\boxed{-g_{AB}.\varphi_A + g_{BB}.\varphi_B = \sum E.g}$ (*)

Giải hệ phương trình (*) và (*) với hai ẩn φ_A và φ_B , ta sẽ tính ra dòng điện các nhánh.

Nói chung, giải mạch điện bằng phương pháp điện thế nút gồm các bước sau:

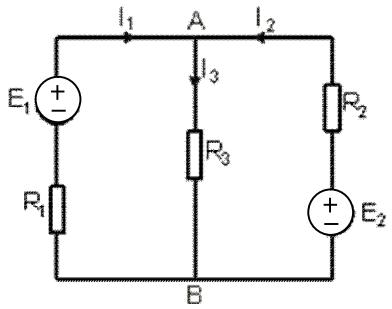
Bước 1: Xác định số nút m

Bước 2: Chọn 1 nút bất kỳ có điện thế biết trước.

Bước 3: Tính tổng dẫn của các nhánh nối từ mỗi nút và tính tổng dẫn chung của các nhánh giữa hai nút và điện dẫn của các nhánh có nguồn
Bước 4: Thành lập hệ phương trình điện thế nút
Bước 5: Giải hệ phương trình ta được điện thế của mỗi nút
Bước 6: Tính dòng điện trong các nhánh

Ví dụ 2.17: Cho mạch điện như hình vẽ có : $E_1 = 125V$; $E_2 = 10V$; $R_1 = 3\Omega$; $R_2 = 2\Omega$; $R_3 = 4\Omega$. Tìm dòng điện trên các nhánh điện áp đặt vào tải R_3 bằng pp điện thế nút

Hình 2.23: ví dụ 2.17



Giải:

Giả thiết $\varphi_B = 0$, $U_{AB} = \varphi_A$

Điện áp giữa hai nút A và B

$$U_{AB} = \frac{\sum_A E.g}{\sum g_{AA}} = \frac{E_1.g_1 + E_2.g_2}{g_1 + g_2 + g_3} = \frac{\frac{125}{3} + \frac{90}{2}}{\frac{1}{3} + \frac{1}{2} + \frac{1}{4}} = 80\ (V)$$

Dòng điện trong các nhánh:

$$I_1 = \frac{E_1 - U_{AB}}{R_1} = \frac{125 - 80}{3} = 15\ (A)$$

$$I_2 = \frac{E_2 - U_{AB}}{R_2} = \frac{90 - 80}{2} = 5\ (A)$$

$$I_3 = \frac{U_{AB}}{R_3} = \frac{80}{4} = 20\ (A)$$

4.3.5. Phương pháp dòng điện vòng (dòng mắt lưới)

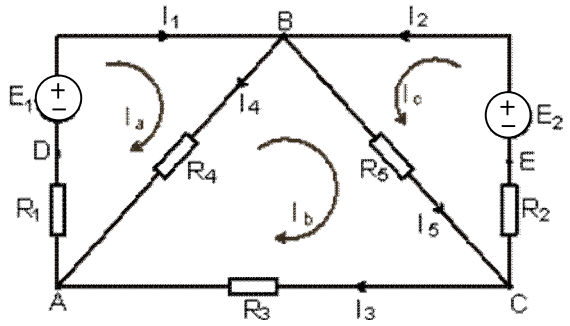
Xét một mạch điện như hình vẽ 2.30:

Gọi $I_1; I_2; I_3; I_4; I_5$ là dòng điện của mỗi nhánh

Gọi $I_a; I_b; I_c$ là dòng điện của mỗi vòng

Nhìn trên hình vẽ, ta thấy:

$$I_1 = I_a \quad ; \quad I_2 = I_b \quad ; \quad I_3 = I_c$$
$$I_4 = I_a - I_c \quad ; \quad I_5 = I_c + I_b$$



Hình 2.30: Phương pháp dòng điện vòng

Áp dụng định luật Kirchhoff II:

Đối với vòng ADBA: $I_a R_1 + I_a R_4 - I_c R_4 = E_1$ (1)

Đối với vòng BECB: $I_b R_2 + I_b R_5 + I_c R_5 = E_2$ (2)

Đối với vòng ABCA: $-I_a R_4 + I_b R_5 + I_c R_3 + I_c R_4 + I_c R_5 = 0$ (3)

Giải hệ phương trình (1) , (2) , (3) ta xác định được $I_a; I_b; I_c$

* 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 việc lập hệ phương trình.

Bước 2: Viết phương trình Kirchhoff II 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

Ví dụ 2.9: Xác định dòng điện các nhánh của mạch điện như hình vẽ 2.30. Biết $E_1 = 120V$; $E_2 = 110V$; $r_1 = r_2 = 1\Omega$; $r_3 = 2\Omega$; $r_4 = 9\Omega$; $r_5 = 4\Omega$

Giải:

Giải bằng phương pháp dòng điện vòng

Từ đó, lập được hệ phương trình (1, 2, 3) như ở trên

Thay số vào, ta có:

$$I_a(1+9) - I_c 9 = 120 \quad (4)$$

$$I_b(1+4)+I_c 4=110 \quad (5)$$

$$I_a 9+I_b 4+I_c(2+9+4)=0 \quad (6)$$

Từ (4) và (5) rút ra $I_a; I_b$ rồi thay vào (6) ta tính được $I_c = 5{,}4\,A$

Thay vào (4) rút ra: $I_a = \dfrac{120+5{,}4.9}{10} = 16{,}86\ (A)$

Thay vào (5) rút ra: $I_b = \dfrac{110-5{,}4.4}{5} = 17{,}68\ (A)$

Dòng điện trong các nhánh:

$$I_1 = I_a = 16{,}86(A) \quad ; \qquad I_2 = I_b = 17{,}68(A) \quad ;$$

$$I_3 = I_c = 5{,}4(A)$$

$$I_4 = I_a - I_c = 16{,}86 - 5{,}4 = 11{,}46(A)$$

$$I_5 = I_c + I_b = 17{,}68 + 5{,}4 = 23{,}08(A)$$

NỘI DUNG VÀ PHƯƠNG PHÁP ĐÁNH GIÁ CHƯƠNG 2:

1. Nội dung:

+ Về kiến thức:

- *Nguồn điện một chiều và chiều quy ước, dòng điện một chiều, điện áp.*
- *Một số yếu tố cấu thành mạch điện*
- *Cường độ điện trường.*
- *Một số định luật về mạch điện (Định luật ôm, Định luật* Joule – Lenz…)
- *Một số phương pháp giải mạch điện (Phương pháp biến đổi tương đương, áp dụng định luật…)*

+ Về kỹ năng:

- *Giải bài tập cơ bản về mạch điện một chiều*

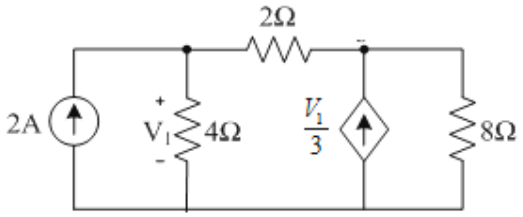
+ Thái độ: Tỉ mỉ, cẩn thận, chính xác.

2. Phương pháp:

- Kiến thức: Được đánh giá bằng hình thức kiểm tra viết, trắc nghiệm
- Kỹ năng: Đánh giá kỹ năng tính toán các bài tập
- Thái độ: Đánh giá phong cách học tập

Bài tập

Bài 1: Cho mạch điện như hình 2.31:



Hình 2.31: Bài tập 1

Tìm: Điện áp V_1 ; Công suất trên điện trở 2Ω ?

Hướng dẫn giải

Ap dụng phương pháp thế nút ta có:

$$(\frac{1}{4}+\frac{1}{2})\,V_a - \frac{1}{2}V_b = 2$$

$$-\frac{1}{2}V_a + (\frac{1}{2}+\frac{1}{8})V_b = \frac{V_1}{3} = \frac{V_a}{3}$$

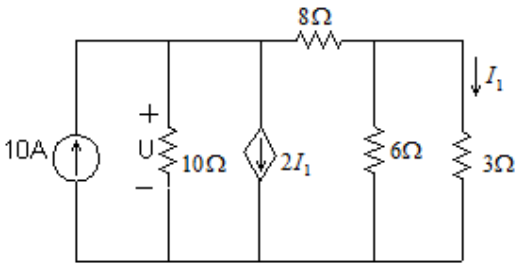
$$V_1 = V_a$$

$V_1 = V_a = 24$ V ; $V_b = 32$ V

$$P_{2\Omega} = \left(\frac{32-24}{2}\right)^2 * 2 = 32W$$

Bài 2: Cho mạch điện như hình 2.32.

Tìm U và I_1



Hình 2.32: Bài tập 2

Hướng dẫn giải

Ap dụng phương pháp thế nút

$$10 - 2I_1 = U_a(\frac{1}{10}+\frac{1}{8}) - \frac{1}{8}U_b$$

$$0 = U_b(\frac{1}{8}+\frac{1}{6}+\frac{1}{3}) - \frac{1}{8}U_a$$

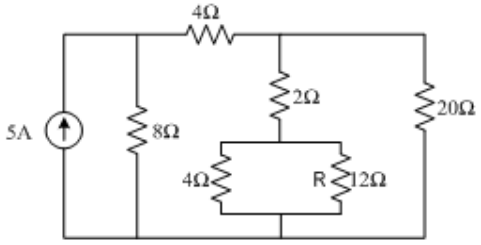
$$I_1 = \frac{U_b}{3}$$

$U_a = 30$V $U_b = 6$V

$I_1 = 2$A ; $U = 30$V

Bài 3: Cho mạch điện như hình 2.33:

Tính công suất trên điện trở R?



Hình 2.33: Bài tập 3

Hướng dẫn giải

Dùng phương pháp biến đổi tương đương ta có:

$R_{tđ} = 10\ \Omega$

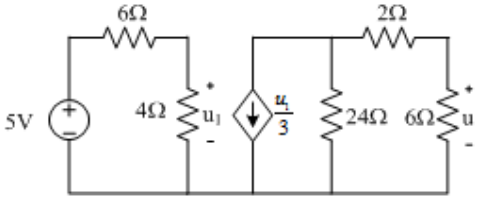
$I_1 = 3A$; $I_2 = 1{,}5A$;$I = 1A$

$I_3 = I_2 – I = 1{,}5 – 1 = 0{,}5A$

$U = 4V$

Bài 4. Cho mạch điện như hình 2.36:

Tính điện áp u



Hình 2.34: Bài tập 4

Hướng dẫn giải

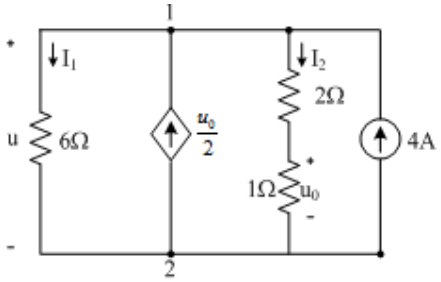
Dùng phương pháp biến đổi tương đương ta có:

$$u_1 = \frac{5}{6+4}.4 = 2V$$

$$u = -\frac{u_1}{3}.\frac{24}{24+6+2}.6 = -3V$$

Bài 5. Cho mạch điện như hình 2.35:

Tính dòng điện I_1 và u_0?



Hình 2.35: Bài tập 5

Hướng dẫn giải

Dùng phương pháp biến đổi tương đương ta có:

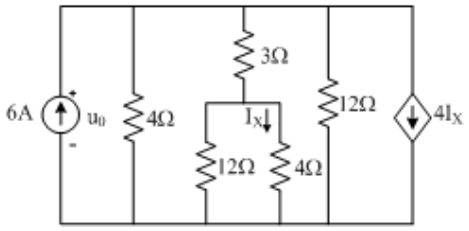
$$I = \left(\frac{u_0}{2} + 4\right)\frac{6}{6+3} = 4A$$

$$u_0 = 1.I = 4V$$

$$I_1 = \left(\frac{u_0}{2} + 4\right)\frac{3}{6+3} = 2A$$

Bài 6. Cho mạch điện như hình 2.36

Tính dòng điện I_x và điện áp u_0?



Hình 2.36: Bài tập 6

Hướng dẫn giải

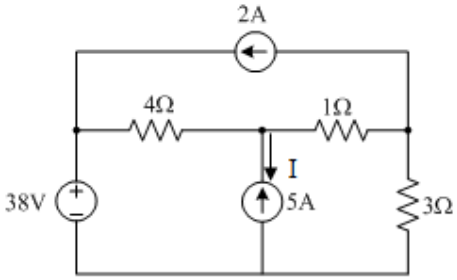
Dùng phương pháp biến đổi tương đương ta có:

$$I = (6 - 4I_x).\frac{3}{3+3+3} = 1A$$

$$I_x = I\frac{12}{12+4} = \frac{3}{4}A$$

$$u_0 = I.(3+3) = 6V$$

Bài 7. Cho mạch điện như hình vẽ:



Hình 2.37: Bài tập 7

Tính dòng điện I ?

Hướng dẫn giải

Ap dụng phương pháp dòng mắt lưới ta có:

$I_a = 2A$; $I_c = 5A$

$I_b(4+1+3) + I_a(4+1) + I_c(1+3) = 38$

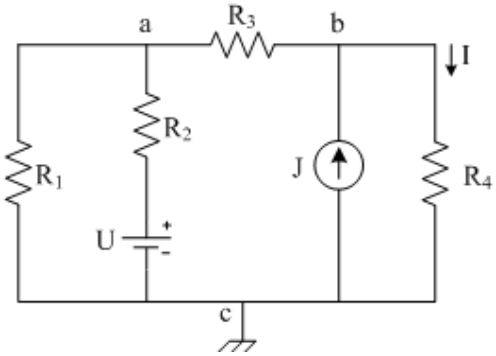
$I_b = 1A$

$I = I_b + I_c = 6A$

Bài 8. Cho mạch điện như hình 2.38:

Cho R_1=3Ω ; $R_2 = R_4 = 6\,\Omega$; R = 2Ω ; U = 12V , J = 4[a]

Tìm dòng điện I



Hình 2.38: Bài tập 8

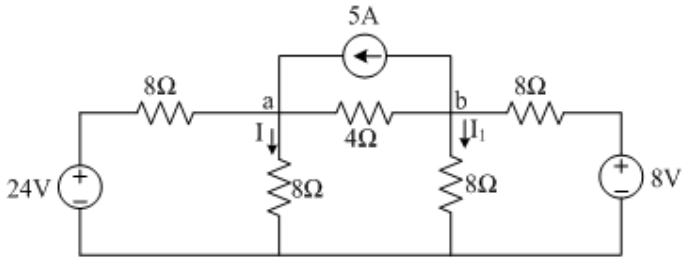
Hướng dẫn giải

Ap dụng phương pháp thế nút ta có:

U_a =8(V) ; U_b=12(V); $I = \frac{U_b}{R_4} = \frac{12}{6} = 2(A)$

Bài 9. Cho mạch điện như hình 2.39

Tìm dòng điện I_2; I_1; I ?



Hình 2.39: Bài tập 9

Hướng dẫn giải

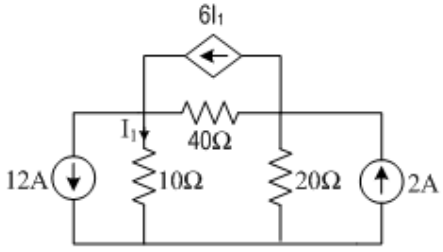
Ap dụng phương pháp thế nút ta có:

u_a = 48V ; u_b = 16V

$$I = \frac{48}{8} = 6A \quad ; I_1 = \frac{16}{8} = 2A \; ; \; I_2 = \frac{24-48}{8} = -3A$$

Bài 10. Cho mạch điện như hình 2.40

Tìm dòng điện I_1 ?



Hình 2.40: Bài tập 10

Hướng dẫn giải

Ap dụng phương pháp dòng mắt lưới:

$I_a = 12$ A, $I_c = 2$ A, $I_d = 6I_1 = 6(-12-I_b)$

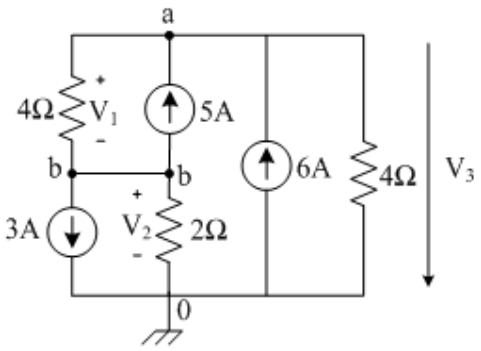
$I_b(10+40+20) + I_a 10 + I_c 2 + 40I_d = 0$

$I_b = -16$ A

$I_1 = 4$ A

Bài 11. Cho mạch điện như hình 2.41

Tìm điện áp V_1 ,V_2 ,V_3 ?



Hình 2.41: Bài tập 10

Hướng dẫn giải

Ap dụng phương pháp thế nút ta có:

$V_a = 20$ V

$V_b = -4$V

$V_a = V_3 = 20$ V

$V_b = V_2 = -4$V

$V_1 = V_a - V_b = 20 - (-4) = 24$ V

CHƯƠNG 3
TỪ TRƯỜNG VÀ CẢM ỨNG ĐIỆN TỪ
Mã bài: MH8-03

Giới thiệu:

Trong thực tế phần lớn các thiết bị điện, máy điện… làm việc nhờ sự tác dụng của từ trường, việc nghiên cứu về từ trường và cảm ứng điện từ giúp người học hiểu rõ hơn về các thiết bị điện để từ đó tính toán, sửa chữa và cải tiến, sang tạo ra các thiết bị điện, mạch điện, mạch máy.

Cảm ứng điện từ là cơ sở để hiểu và nghiên cứ về mạch điện, máy phát điện và động cơ điện…

Mục tiêu:

- Trình bày được khái niệm về từ trường, các đại lượng đặc trưng của từ trường.
- Trình bày được khái niệm về lực từ, các hiện tượng cảm ứng từ, tự cảm và hỗ cảm.
- Rèn luyện tính tư duy, sáng tạo trong học tập

Nội dung chính.

1. Đại cương về từ trường

Mục tiêu:

- Biết và giải thích được một số khái niệm về từ trường của nam châm vĩnh cửu

- Áp dụng giải bài tập cơ bản về từ trường và cảm ứng điện từ.

- Có ý thức tự giác trong học tập

1.1. Tương tác từ

Đặt một kim nam châm gần một dây dẫn có dòng điện I chạy qua, thì ta thấy kim nam châm sẽ bị quay lệch đi. Khi đổi chiều dòng điện qua dây, kim nam châm lệch theo chiều ngược lại.

Mặt khác, nếu ta đưa một thanh nam châm lại gần một cuộn dây có dòng điện, thì cuộn dây có thể bị hút hoặc bị đẩy bởi thanh nam châm

Như vậy, xung quanh dây dẫn mang dòng điện có tồn tại một từ trường, và biểu hiện của nó là tác dụng lực lên kim nam châm hay dây dẫn mang điện khác. Lực đó gọi là lực tương tác từ

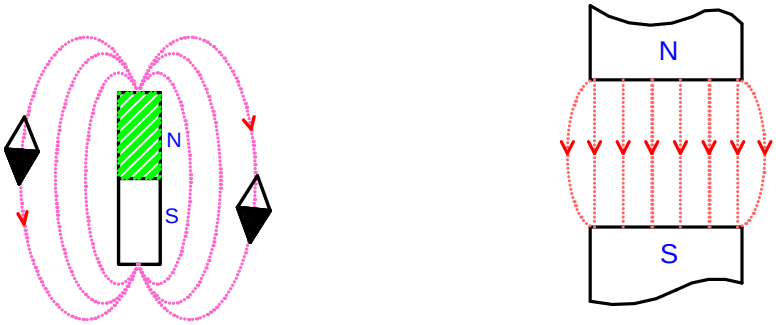
Thực nghiệm ở trên đã chứng tỏ rằng xung quanh dây dẫn mang dòng điện, hay tổng quát hơn: xung quanh các hạt điện tích chuyển động luôn luôn tồn tại 1 từ trường. Ngược lại, từ trường cũng chỉ xuất hiện ở những nơi có điện tích chuyển động.

1.2. Khái niệm về từ trường

- Từ trường là một dạng vật chất tồn tại trong không gian mà biểu hiện cụ thể là sự xuất hiện của lực từ tác dụng lên nam châm hay một dòng điện đặt trong nó .
- Đặc trưng của từ trường là cảm ứng từ ký hiệu là $\vec{B}$ đơn vị của cảm ứng từ là T (Tesla)
- Quy ước : Hướng của từ trường tại một điểm là hướng Nam - Bắc của kim nam châm cân bằng tại điểm đó

1.3. Đường sức từ

- Đường sức từ là những đường vẽ trong không gian có từ trường sao cho tiếp tuyến tại mỗi điểm có hướng trùng với hướng của của từ trường tại điểm đó.
- Tập hợp các đường sức của từ trường gọi là từ phổ. Chiều của đường sức đi ra ở cực Bắc N và đi vào ở cực Nam S
- Quy ước : Vẽ các đường cảm ứng từ sao cho chỗ nào từ trường mạnh thì các đường sức dày và chỗ nào từ trường yếu thì các đường sức từ thưa .



Hình 3.1: Đường sức từ

2. Từ trường của dòng điện

Mục tiêu:

- Biết và giải thích được một số khái niệm về từ trường của dòng điện

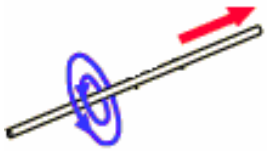
- Áp dụng giải bài tập cơ bản về từ trường và cảm ứng điện từ.

- Có ý thức tự giác trong học tập

2.1.Từ trường của dây dẫn thẳng

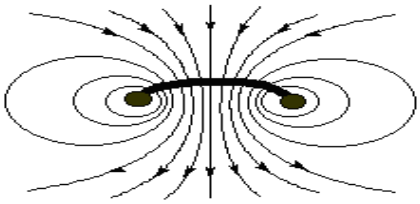
- Đường sức từ của dòng điện trong dây dẫn thẳng là những vòng tròn đồng tâm nằm trong mặt phẳng vuông góc với trục dây dẫn, tâm vòng tròn nằm ở trục dây dẫn.

Hình 3.2: Từ trường của dây dẫn thẳng



- Chiều của đường sức từ xác định theo quy tắc vặn nút chai:

"Vặn cho cái mở nút chai tiến theo chiều dòng điện thì chiều quay của cán vặn nút chai sẽ là chiều của đường sức"

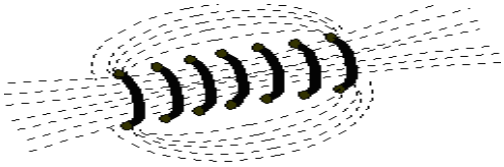


Hình 3.3: Từ trường của vòng dây

2.2. Từ trường của vòng dây, ống dây

Đường sức từ của dòng điện trong vòng dây tròn là các đường cong kín bao quanh dây dẫn, nằm trong mặt phẳng pháp tuyến đi qua tâm vòng dây. Riêng đường sức đi qua tâm dây là một đường thẳng trùng với trục của vòng dây.

Chiều của đường sức từ trong vòng dây được xác định theo quy tắc vặn nút chai



Hình 3.4: Từ trường của ống dây

Từ trường của dòng điện trong ống dây:

Đường sức từ tương tự như của vòng dây. Nếu chiều dài ống dây lớn hơn nhiều so với đường kính ống dây thì đường sức trong lòng ống dây song song với nhau.

3. Các đại lượng đặc trưng của từ trường

Mục tiêu:

- Biết và giải thích được một số đặc trưng cơ bản của từ trường

- Áp dụng giải bài tập cơ bản về từ trường và cảm ứng điện từ.

- Có ý thức tự giác trong học tập

3.1. Sức từ động

Dòng điện là nguồn tạo ra từ trường, khả năng gây từ của dây dẫn có dòng điện được gọi là lực từ hóa hay sức từ động (stđ) của dây dẫn và ký hiệu là F.

Nếu cuộn dây có W vòng dây thì lực từ hóa mạnh gấp W lần dây dẫn có cùng dòng điện. Như vậy, sức từ động F tỷ lệ với số vòng của cuộn dây có dòng điện

$$F = I.\mathrm{W} \qquad (3.1)$$

Nếu cho I = 1A, W = 1vòng thì F = 1A.vòng

Đơn vị của sức từ động F là Ampe_vòng (A.vg) hay gọi tắt là Ampe (A)

Chiều của sức từ động là chiều của đường sức trong lòng cuộn dây. Do đó, nó được xác định bằng quy tắc vặn nút chai

3.2. Cường độ từ trường, cường độ từ cảm

Cường độ từ trường:

Cường độ từ trường đặc trưng cho độ mạnh của từ trường tại điểm đang xét

Cường độ từ trường là một đại lượng vectơ xác định như sau :

- Phương của $\vec{H}$: Là phương của tiếp tuyến với đường sức tại điểm xét
- Chiều của $\vec{H}$: Cùng chiều với đường sức từ qua điểm xét

Độ lớn: tỷ lệ với dòng điện từ hóa và phụ thuộc vào dây dẫn mang điện cũng như vị trí của điểm xác định

Cường độ từ trường H được xác định bởi sức từ động phân bổ trên một đơn vị dài

$$H = \frac{F}{l} = \frac{I.\mathrm{W}}{l} \qquad (3.2)$$

Đơn vị: $[H] = \frac{[F]}{[l]} = \frac{Ampe}{met} = A/m$

Cường độ tự cảm:

Đại lượng đặc trưng cho tác dụng lực của từ trường là cường độ tự cảm, hay cảm ứng từ, ký hiệu là B

$$B = \frac{F}{I.l} = \frac{H}{I} \qquad (3.3)$$

Nếu cho F = 1N, I = 1A, l = 1m thì B = Tesla (T)

Tesla là cường độ tự cảm tại 1 điểm nếu đặt tại đó dây dẫn dài 1 mét, mang dòng điện 1 Ampe sẽ chịu tác dụng một lực bằng 1 Newton

3.3. Vật liệu từ

Phân loại:

Căn cứ vào hệ số từ môi (tương đối, người ta chia vật liệu từ ra làm 3 loại :

- vật liệu từ thường
- vật liệu sắt từ: gồm vật liệu sắt từ mềm và vật liệu sắt từ cứng

a) Vật liệu từ thường:

Vật liệu từ thường là vật liệu từ có hệ số (xấp sỉ bằng đơn vị. Ở các loại vật liệu này, môi trường có ảnh hưởng không đáng kể đến từ trường.

Vật liệu từ được chia làm 2 loại:

- vật liệu thuận từ: có ($\mu > 1$ như không khí, nhôm, thiếc)

Từ trường trong vật liệu thuận từ hơi lớn hơn so với trong môi trường chân không một chút.

- vật liệu nghịch từ: có ($\mu < 1$, như đồng, chì, bạc, kẽm)

Từ trường trong vật liệu nghịch từ hơi nhỏ hơn trong chân không một chút

Chẳng hạn, đối với đồng (μ= 0.999995)

b) Vật liệu sắt từ:

Vật liệu sắt từ là loại vật liệu từ có hệ số từ môi (μ lớn hơn đơn vị rất nhiều (từ vài trăm đến vài vạn) và phụ thuộc vào cường độ từ trường

Vật liệu sắt từ:

Vật liệu sắt từ được chia ra theo tính chất kỹ thuật:

Vật liệu sắt từ mềm:

Đặc điểm của loại vật liệu từ mềm :

- Từ trường khử từ nhỏ (< 400 A/m)
- Hằng số từ môi μ lớn
- Tổn hao từ trễ nhỏ

  Vật liệu sắt từ mềm gồm có thép kỹ thuật điện, thép ít carbon, lá thép kỹ thuật điện, hợp kim sắt kền có hệ số từ môi cao, oxit sắt từ (ferit)
- Thép kỹ thuật (gang): được dùng làm mạch từ trong từ trường không đổi.
- Thép kỹ thuật điện: là hợp kim của sắt và silic (1 – 4%), μ = 7500
- Pecmaloi: là hợp kim của sắt - niken, ngoài ra còn có crom, silic, nhôm ... Pecmaloi có hằng số từ môi μ lớn gấp (10 - 12 lần) so với các lá thép kỹ thuật điện μ = 6000
- Ferit: gồm bột oxit sắt, kẽm và một số nguyên tố khác. Ferit có điện trở suất lớn nên trong thực tế có thể coi như không dẫn điện nên

dòng điện điện xoáy chạy trong ferit rất nhỏ và cho phép dùng ferit làm mạch từ.

Vật liệu sắt từ cứng:

Đặc điểm của loại này là có từ dư lớn. Vật liệu sắt từ cứng được dùng để chế tạo nam châm vĩnh cửu

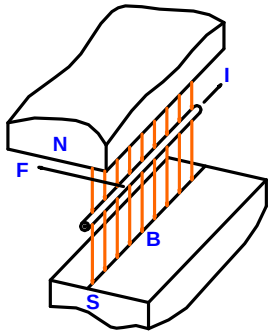
4. Lực từ

Mục tiêu:

- *Biết và giải thích được khái niệm về lực điện từ*
- *Áp dụng giải bài tập cơ bản về lực điện từ*
- *Có ý thức tự giác trong học tập*

4.1. Công thức Amper

Khi đặt dây dẫn thẳng có dòng điện vuông góc với đường sức của từ trường thì sẽ xuất hiện lực điện từ tác dụng lên dây dẫn được xác định như sau



Hình 3.5: Lực điện từ

- Về trị số: Lực điện từ tỷ lệ với cường độ tự cảm, độ dài dây dẫn và cường độ dòng điện

$$\boxed{F = B.I.l} \quad (3.4)$$

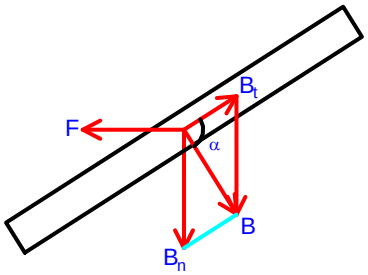
Đơn vị: F (N), B (T), I (A), l (m)

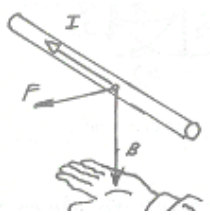
4.2. Qui tắc bàn tay trái

Về phương và chiều của lực tác dụng được xác định theo quy tắc bàn tay trái:

"Ngửa bàn tay trái cho đường sức từ xuyên vào lòng bàn tay, chiều của 4 ngón tay duỗi thẳng theo chiều dòng điện, thì ngón tay cái doãi ra sẽ chỉ chiều của lực điện từ"

- Trong trường hợp dây dẫn không đặt vuông góc với vectơ cảm ứng từ $\vec{B}$ mà lệch nhau một góc $\alpha \neq 90^0$, vectơ $\vec{B}$ thành hai thành phần: $\vec{B}_t$ và $\vec{B}_n$





Hình 3.6: Lực điện từ theo quy tắc bàn tay trái

+ Thành phần tiếp tuyến B_t: song song với dây dẫn

+ Thành phần B_n: Gây nên lực điện từ

Trong trường hợp này, trị số lực F được xác định theo công thức sau :

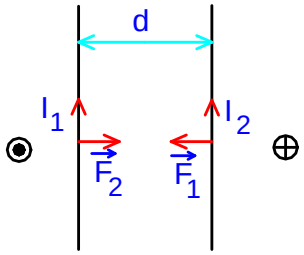
$$F = B_n.I.l = B.I.l.\sin\alpha \qquad (3.5)$$

Phương, chiều của lực F được xác định bằng quy tắc bàn tay trái đối với thành phần B_n

4.3. Lực từ tác dụng lên hai dây dẫn thẳng song song

Giả sử có hai dây dẫn thẳng, đặt song song nhau, cách nhau một khoảng là d, có dòng điện I_1, I_2 qua chúng

Giả sử I_1 và I_2 cùng chiều:



Hình 3.7: Lực tác dụng lên 2 dây dẫn song song

Dòng điện I_1 tạo ra từ trường B_1 tại chỗ đặt dây dẫn có dòng điện I_2.Ngược lại, Dòng điện I_2 tạo ra từ trường B_2 tại chỗ đặt dây dẫn có dòng điện I_1.

$$B_1 = \mu\mu_0\frac{I_1}{2\pi d} \quad ; \quad B_2 = \mu\mu_0\frac{I_2}{2\pi d} \qquad (3.6)$$

Từ trường B_1 tác dụng lên dây dẫn có dòng điện I_2 một lực F_1

$$F_1 = B_1.I_2.l = \mu\mu_0\frac{I_1}{2\pi d}I_2.l \qquad (3.7)$$

Từ trường B_2 tác dụng lên dây dẫn có dòng điện I_1 một lực F_2

$$F_2 = B_2.I_1.l = \mu\mu_0\frac{I_2}{2\pi d}I_1.l \qquad (3.8)$$

l: chiều dài của khoảng song song của 2 dây dẫn

4.4. Ứng dụng

Lực điện từ thường được áp dụng trong việc nghiên cứu và giải thích nguyên lý làm việc của máy điện một chiều, máy điện không đồng bộ ba pha, ly hợp điện từ…

5. Hiện tượng cảm ứng điện từ

Mục tiêu:

- Biết và giải thích được khái niệm cảm ứng điện từ

- Áp dụng giải bài tập cơ bản về cảm ứng điện từ

- Có ý thức tự giác trong học tập

5.1. Từ thông

Tích của cường độ từ cảm xuyên qua vuông góc với mặt phẳng S, đó gọi là thông lượng từ trường hay từ thông qua mặt S, ký hiệu là ϕ

$$\phi = B.S \quad (3.9)$$

Nếu cảm ứng từ B đặt xiên 1 góc so với mặt phẳng S, hình chiếu của vectơ B lên phương vuông góc với mặt S là B_n

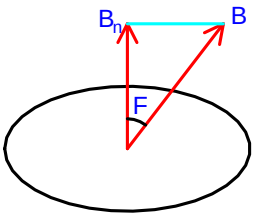
$$B_n = B.\cos\alpha$$

với α là góc hợp bởi đường sức và phương vuông góc với mặt phẳng S. Từ đó:

Từ đó:

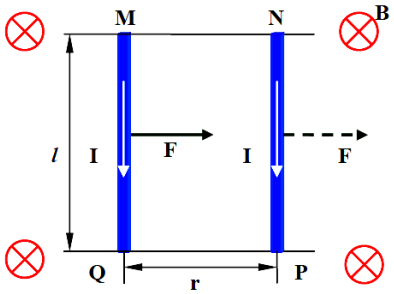
$$\phi = B_n.S = B.S.\cos\alpha \quad (3.10)$$

Đơn vị: $[\phi] = [B].[S] = \frac{V.s}{m^2} m^2 = V.s = \text{Wb}$



Hình 3.8: Từ thông

5.2. Công của lực điện từ



Hình 3.9: Công của lực điện từ

Như hình minh hoạ, dưới tác dụng của lực từ F, thanh dẫn mang dòng điên I di chuyển một đoạn là r. Lực tác động gây chuyển động sẽ sinh công.

Công $A = F.r$ (3.11)

Mà $F = B.I.l$ suy ra: $A = B.I.(l.r) = B.I.(S_{MNPQ}) = I.\Phi$ với Φ là từ thông quét qua mặt S_{MNPQ}.

Phát biểu: “Công của lực điên từ bằng tích số cường độ dòng điên I trong thanh dẫn và từ thông Φ do thanh dẫn quét ngang qua”.

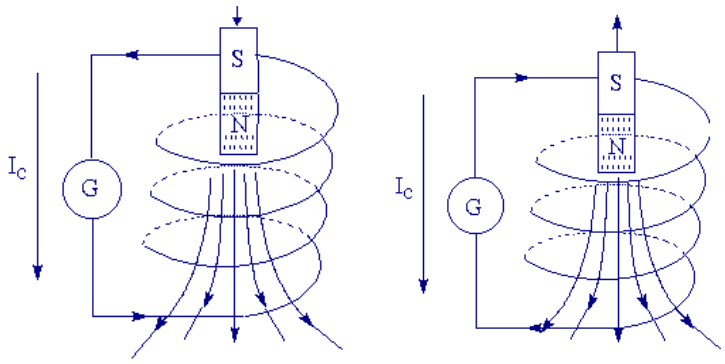
5.3. Hiện tượng cảm ứng điện từ

Thí nghiệm:

Lấy một ống dây điện (gồm nhiều vòng) mắc nối tiếp với một điện kế G thành một mạch kín.

Phía trên ống dây ta đặt một thanh nam châm có hai cực là cực Bắc (N) và cực Nam (S). Thí nghiệm chứng tỏ :

Nếu di chuyển thanh nam châm vào trong ống dây, kin của điện kế G bị lệch đi. Điều đó chứng tỏ trong ống dây xuất hiện một dòng điện. Dòng điện đó gọi là dòng cảm ứng,I_C



Hình 3.10: Hiện tượng cảm ứng điện từ

Nếu rút thanh nam châm ra xa khỏi ống dây thì kim điện kế G lệch theo chiều ngược lại. Điều đó chứng tỏ là dòng điện cảm ứng đổi chiều.

Nếu đang dịch chuyển nam châm bỗng đột ngột dừng lại, điện kế G nhanh chóng về 0 ($I_C = 0$). Chứng tỏ, dòng cảm ứng mất nhanh.

Nếu thay nam châm bằng một ống dây có dòng điện chạy qua, rồi tiến hành các thí nghiệm như trên, ta cũng có những kết quả tương tự.

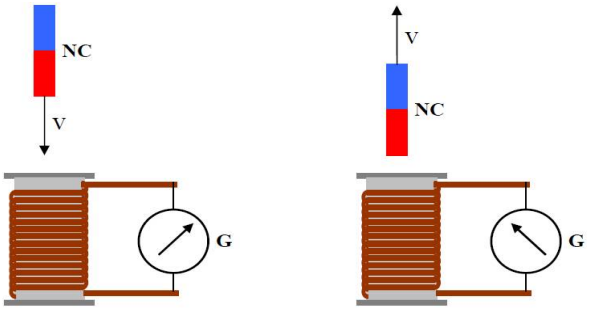
Phát biểu định luật (định luật Lenz) :

“Dòng điện cảm ứng phải có chiều sao cho từ trường (từ thông) do nó sinh ra có tác dụng chống lại sự biến thiên từ thông đã sinh ra nó”

Giải thích:

- Khi nam châm (cực Bắc) di chuyển vào trong ống dây thì do nam châm gửi có chiều từ trên xuống dưới tăng lên, trong vòng dây xuất hiện dòng điện cảm ứng. Theo định luật Lenz, dòng điện cảm ứng I_C sẽ sinh ra từ trường $\vec{B}'$ phải ngược chiều với từ trường $\vec{B}$ của nam châm. Vì vậy, $\vec{B}'$ phải hướng từ dưới lên trên, có chiều như hình vẽ.

- Trong trường hợp khi ta đưa nam châm ra xa ống dây, từ trường $\vec{B}$ do nam châm gởi đến ống dây đang giảm. Trong ống dây xuất hiện dòng điện cảm ứng. Để chống lại sự giảm của cảm ứng từ $\vec{B}$ thì ống dây sẽ sinh ra một cảm ứng từ $\vec{B}'$ cùng chiều với $\vec{B}$. Do đó, chiều dòng điện được xác định như hình vẽ.



Hình 3.11: Thí nghiệm hiện tượng cảm ứng điện từ

5.4. Sức điện động cảm ứng

Giả sử có vòng dây với từ thông suyên qua là ϕ

Quy ước chiều dương cho vòng dây như sau : vặn cho cái mở nút chai tiến theo chiều của đường sức, chiều quay của cán mở nút chai sẽ là chiều dương của vòng.

Với quy ước đó, sức điện động cảm ứng trong vòng dây khi có từ thông biến thiên được xác định theo công thức: $e = \frac{d\phi}{dt}$ (3.12)

Hoặc theo công thức gần đúng: $e = -\frac{\Delta\phi}{\Delta t}$ (3.13)

Trong đó : Δϕ : là số gia biến thiên từ thông trong thời gian Δt

Nghĩa là: "sức điện động cảm ứng xuất hiện trong vòng dây bằng tốc độ biến thiên từ thông qua nó, nhưng ngược dấu"

Dấu "-" thể hiện sức điện động cảm ứng luôn luôn có xu hướng chống lại sự biến thiên từ thông.

Đơn vị : e (V), ϕ (Wb), t (s)

Giả sử có một dây dẫn thẳng dài l, chuyển động trong từ trường đều có từ cảm B với tốc độ v vuông góc với đường sức như hình vẽ

Ta coi dây dẫn được khép kín qua một vòng lớn với cạnh đối diện với dây dẫn nằm ở vị trí có cường độ từ cảm B = 0

Như vậy, từ thông qua vòng kín chứa dây dẫn biến thiên một lượng :

$$\Delta\phi = B.\Delta S = B.l.\Delta b = B.l.v.\Delta t$$

Trong dây dẫn sẽ xuất hiện sức điện động cảm ứng có trị số :

$$\boxed{e = B.l.v} \quad (3.14)$$

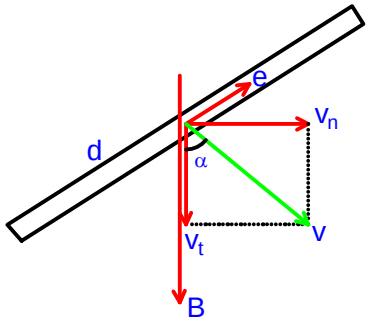
Đơn vị: e (V), B(T), l (m), v (m/s)

"sức điện động cảm ứng trong dây dẫn thẳng chuyển động vuông góc với đường sức từ, tỷ lệ với cường độ từ cảm B, chiều dài dây dẫn l nằm trong từ trường và tốc độ chuyển động v của dây dẫn"

+ Quy tắc bàn tay phải:

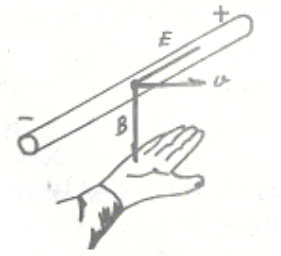
Chiều của sức điện động được xác định bằng quy tắc bàn tay phải :

"cho đường sức đâm vào lòng bàn tay, ngón cái doãi ra theo chiều chuyển động của dây dẫn thì chiều chuyển động của bốn ngón tay còn lại là chiều của sức điện động cảm ứng"



Hình 3.12: chiệu của sức điện động cảm ứng

Trong trường hợp dây dẫn chuyển động xiên góc với đường sức từ, $\alpha\left(\vec{B},\vec{v}\right)\neq 90^0$



Hình 3.13: quy tắc bàn tay phải

Ta phân $\vec{v}$ làm hai thành phần:

- Thành phần // với $\vec{B}$
- Thành phần vuông góc với $\vec{B}$ gọi là thành phần pháp tuyến v_n là Nguyên nhân gây ra sức điện động cảm ứng.

$$\Rightarrow \quad e = B.l.v_n = B.l.v.\sin\alpha \qquad (3.15)$$

6. Hiện tượng tự cảm và hỗ cảm

Mục tiêu:

- Biết và giải thích được hiện tượng hỗ cảm

- Biết sự áp dụng hiện tượng này trong thực tế

- Có ý thức tự giác trong học tập

6.1. Từ thông móc vòng và hệ số tự cảm

Cuộn dây khi có dòng điện đi qua sẽ tạo ra từ thông móc vòng qua nó. Từ thông này gọi là từ thông tự cảm, ký hiệu ψ_L

Tỷ số giữa từ thông tự cảm ψ_L với dòng điện I chạy qua cuộn dây gọi là hệ số tự cảm (hay điện cảm) của cuộn dây, ký hiệu: L

$$\boxed{L = \frac{\psi_L}{I}} \quad (3.16)$$

Hệ số tự cảm phụ thuộc vào hình dạng kích thước của mạch điện và môi trường đặt mạch điện.

Đơn vị: L (H), ϕ (Wb), I (A)

$$1H = \frac{1\text{Wb}}{1\text{A}}$$

Vậy: Henry là một hệ số tự cảm của một mạch kín khi dòng điện cường độ 1A chạy qua thì sinh ra trong chân không từ thông bằng 1Webe qua mạch đó.

Đối với cuộn dây hình xuyến, có tiết diện S thì từ thông trong lòng xuyến là:

$$\phi = B.S = \mu\mu_0.\frac{I.\text{W}}{\text{l}}S \qquad (3.17)$$

Từ thông tự cảm của cuộn dây:

$$\psi_L = \phi.\text{W} = \mu\mu_0.\frac{I.\text{W}^2}{\text{l}}S \quad (3.18)$$

trong đó: W là số vòng dây

Điện cảm của cuộn dây :

$$\boxed{L = \frac{\psi_L}{I} = \mu\mu_0.\frac{\text{W}^2}{\text{l}}S} \quad (3.19)$$

6.2. Sức điện động tự cảm

Khi cho một dòng điện biến đổi đi qua một cuộn dây, từ thông qua cuộn dây biến đổi. do đó trong cuộn dây sẽ xuất hiện sức điện động cảm ứng gọi là sức điện động tự cảm, ký hiệu là e_L .

$$e_L = -\frac{d\psi_L}{dt} = -\frac{d(L.I)}{dt} = -L.\frac{di}{dt} \quad (3.20)$$

Dấu "-" thể hiện chiều của sức điện động cảm ứng

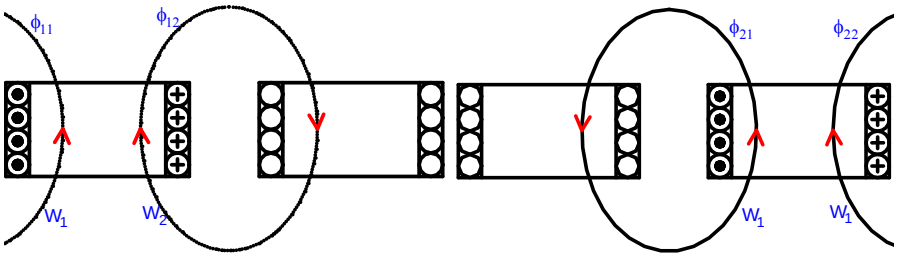
Năng lượng từ trường bên trong cuộn dây:

Giả sử lúc đầu mạch đã được đóng kín, trong mạch có một dòng điện không đổi I. Khi đó, toàn bộ năng lượng do dòng điện sinh ra đều biến thành nhiệt. Ký hiệu năng lượng tích luỹ trong từ trường là W_M

$$W_M = \frac{1}{2} L I \qquad (3.21)$$

Đơn vị: L (H), I (A), W (J)

6.3. Hệ số hỗ cảm



Hình 3.14: Hiện tượng hỗ cảm

Xét hai cuộn dây W_1 và W_2 ở gần nhau

Khi cuộn W_1 có dòng điện điện i_1 chạy qua thì ngoài phần từ thông ϕ_{11} móc vòng qua chính nó thì còn có một phần từ thông ϕ_{12} móc vòng qua cuộn W_2 Khi đó, từ thông ϕ_{12} được gọi là từ thông móc vòng hỗ cảm

Tương tự, cuộn dây W_2 có dòng điện i_2 chạy qua, xuất hiện từ thông ϕ_{21} móc vòng qua cuộn N_1, từ thông ϕ_{21} được gọi là từ thông móc vòng hỗ cảm

Từ thông móc vòng hổ cảm từ cuộn W_1 sang cuộn W_2 :

$$\psi_{12} = W_2 . \phi_{12} \quad (3.22)$$

Từ thông móc vòng ψ_{12} tỷ lệ với dòng điện i_1 , i_1 càng lớn thì ψ_{12} càng lớn. Tỷ số giữa ψ_{12} và i_1 đặc trưng cho mức độ quan hệ hỗ cảm từ cuộn W_1 sang cuộn W_2 được gọi là hệ số hỗ cảm từ cuộn W_1 sang cuộn W_2 , ký hiệu M_{12}

$$M_{12} = \frac{\psi_{12}}{i_1} \qquad (3.23)$$

Hệ số hỗ cảm từ cuộn W_2 sang cuộn W_1:

$$M_{21} = \frac{\psi_{21}}{i_2} \qquad (3.24)$$

Theo nguyên lý hỗ cảm ta có:

$$M_{12} = M_{21} = M = \frac{\psi_{12}}{i_1} = \frac{\psi_{21}}{i_2} \qquad (3.25)$$

trong đó : M là hệ số hỗ cảm giữa hai cuộn dây

trong trường hợp cuộn dây là phi tuyến thì hệ số hỗ cảm M:

$$M = \frac{d\psi_{12}}{di_1} = \frac{d\psi_{21}}{di_2} \approx \frac{\Delta\psi_{12}}{\Delta i_1} \approx \frac{\Delta\psi_{21}}{\Delta i_2} \qquad (3.26)$$

6.4. Sức điện động hỗ cảm

Theo định luật cảm ứng điện từ ta có:

$$e_{12} = -\frac{d\psi_{12}}{dt} = -M\frac{di_1}{dt} \qquad (3.27)$$

$$e_{21} = -\frac{d\psi_{21}}{dt} = -M\frac{di_2}{dt} \qquad (3.28)$$

Như vậy: “ trị số sức điện động hỗ cảm tỷ lệ với tốc độ biến thiên dòng điện trong các cuộn dây và hệ số hỗ cảm giữa chúng ”

NỘI DUNG VÀ PHƯƠNG PHÁP ĐÁNH GIÁ CHƯƠNG 3:

1. Nội dung:

+ Về kiến thức:

- *Từ trường của nam châm vĩnh cửu, từ trường của dòng điện*
- *Lực điện từ, cảm ứng điện từ*
- *Hiện tượng hỗ cảm.*

+ Về kỹ năng:

- *Giải bài tập cơ bản về từ trường và cảm ứng điện từ*

+ Thái độ: Tỉ mỉ, cẩn thận, chính xác.

2. Phương pháp:

- Kiến thức: Được đánh giá bằng hình thức kiểm tra viết, trắc nghiệm
- Kỹ năng: Đánh giá kỹ năng tính toán các bài tập
- Thái độ: Đánh giá phong cách học tập

Bài tập

Bài 3.1: Dây dẫn có dòng điện I = 200A, đặt trong từ trường đều có B = 0,8T. Phần dây dẫn nằm trong từ trường dài l = 0,5m. Xác định lực tác dụng lên dây biết $\alpha = 30^0$

Hướng dẫn giải:

Lực điện từ: (3.5) ta có

$$F = B.I.l.\sin\alpha = 0{,}8.200.0{,}5.\sin 30^0 = 40\ (N)$$

Bài 3.2: Cho đoạn dây dẫn dài l = 20cm, có dòng điện I = 20A, đặt trong từ trường, bị đẩy bởi một lực 0,98N. Tìm cường độ từ cảm B.

Hướng dẫn giải:

Cường độ từ cảm B :

$$F = B.I.l \quad \Rightarrow \quad B = \frac{F}{I.l} = \frac{0{,}98}{20.20.10^{-2}} = 0{,}245\,N$$

Bài 3.3: Cường độ tự cảm B dưới mặt cực của một nam châm có trị số B = 8.10^{-3} T. Diện tích mặt cực S = 10 dm^2. Tính từ thông của mỗi cực từ

Hướng dẫn giải:

Từ thông của mỗi cực từ: (3.9) ta có

$$\phi = B.S = 8.10^{-3}.10.10^{-2} = 8.10^{-4}\ (\text{Wb})$$

Từ thông chạy trong lõi thép: $\phi = B.S = 1{,}45.120.10^{-4} = 1{,}74.10^{-2}\ (\text{Wb})$

Bài 3.4: Một thanh dẫn AB dài l = 0,5m nằm trong từ trường đều B = 1,4T. Người ta tác dụng một lực cơ học $F_{cơ}$ làm cho nó chuyển động với vận tốc v = 20m/s thẳng góc với phương từ trường. Thanh dẫn trượt trên hai thanh kim loại, hai đầu thanh kim loại nối với điện trở R = 0,5Ω làm thành một vòng kín. Coi điện trở của thanh kim loại rất nhỏ và bỏ qua. Tính s.đ.đ cảm ứng trong thanh dẫn, csuất đtrở tiêu thụ, csuất cơ và lực cơ học tác dụng vào thanh dẫn.

Hướng dẫn giải:

Sức điện động cảm ứng trong thanh dẫn: từ (3.15)

$$e = B.l.v = 1{,}4.0{,}5.20 = 14V$$

Dòng điện chạy qua điện trở R:

$$I = \frac{e}{R} = \frac{14}{0{,}5} = 28\,A$$

Công suất điện trở tiêu thụ:

$$P_d = R.I^2 = 0{,}5.28^2 = 392\text{W}$$

Công suất cơ :

$$P_c = P_d = 392\text{W}$$

Lực cơ học tác dụng vào thanh dẫn:

$$F_{co} = \frac{P_c}{v} = \frac{392}{20} = 196\,N$$

Bài 3.5: Cuộn dây có điện cảm L = 0,1H. Dòng điện qua cuộn dây biến đổi theo quy luật hình sin đối với thời gian $i = 5\sin 314t\ \ (A)$. Tìm sức điện động tự cảm trong cuộn dây.

Hướng dẫn giải:

Sức điện động tự cảm được xác định theo biểu thức (3.20):

$$e_L = -L.\frac{di}{dt} = -0{,}1\frac{d(5\sin 314t)}{dt} = -0{,}1.5.314.\cos 314t = 15{,}7\sin\left(314t - \pi/2\right)$$

Bài 3.6: Một ống dây dài 20cm, đường kính 3cm, có quấn 400 vòng dây. Dòng điện chạy trong dây có cường độ I = 20A

a) Tính hệ số tự cảm của ống dây
b) Tính từ thông gởi qua tiết diện ngang của vòng
c) Tính năng lượng từ trường trong ống

Hướng dẫn giải:

Hệ số tự cảm của vòng dây: (3.21)

$$L = \mu\mu_0.\frac{W^2}{l}S = \mu\mu_0.\frac{W^2}{l}\left(\pi.\left(R/2\right)^2\right) = 4\pi.10^{-7}.\frac{400^2.\pi.1{,}5^2.10^{-4}}{20.10^{-2}} = 7{,}1.10^{-4}\ H$$

Từ thông gửi qua tiết diện ngang của vòng:

$$L = \frac{\psi_L}{I} \quad \Rightarrow \quad \psi_L = L.I = 7{,}1.10^{-4}.2 = 14{,}2.10^{-4}\ \text{(Wb)}$$

Từ thông gửi qua một vòng dây:

$$\psi_L = \phi.W \quad \Rightarrow \quad \phi = \frac{\psi_L}{W} = \frac{14{,}2.10^{-4}}{400} = 3.55.10^{-6}\ (\text{Wb})$$

Năng lượng từ trường:

$$W_M = \frac{1}{2}L.I^2 = \frac{1}{2}.7{,}4.10^{-4}.4 = 14{,}2.10^{-4}\ (J)$$

CHƯƠNG 4
DÒNG ĐIỆN XOAY CHIỀU HÌNH SIN
Mã chương: MH8-04

Giới thiệu:

Ở chương trước ta đã nghiên cứu về mạch điện một chiều, các phương pháp giải. Từ đó là cơ sở để tính toán các mạch điện cụ thể, trước hết ta xé mạch quan trọng và thường gặp là mạch tuyến tính ở chế độ xác lập với dạng kích thích cơ bản nhất là kích thích điều hòa, vì mọi kích thích chu kỳ không điều hòa đều có thể phân tích thành tổng các kích thích điều hòa có tần số và biên độ khác nhau. Hơn nữa đa số các nguồn trên thực tế như máy phát điện... đều là nguồn phát, mặt khác ứng với các kích thích điều hòa tuyến tính thì đáp ứng cũng sẽ là điều hòa khiến cho việc tính toán khảo sát rất đơn giản.

Khi mạch điện là mạch tuyến tính ở chế độ xác lập với kích thích điều hòa thì mô hình của nó được giải ở dạng véc tơ hoặc số phức. Cần phải nêu những phương pháp để giải cho ra những đáp ứng của mạch điện, trong bài này chúng ta tiến hành phân tích và giải mạch điện một pha và ba pha ở chế độ nói trên.

Mục tiêu*:*

- Giải thích được các khái niệm cơ bản trong mạch điện xoay chiều như: chu kỳ, tần số, pha, sự lệch pha, trị biên độ, trị hiệu dụng…Phân biệt được các đặc điểm cơ bản giữa dòng điện một chiều và dòng điện xoay chiều.
- Giải được các bài toán xoay chiều không phân nhánh và phân nhánh, công suất dòng điện xoay chiều và hiện tượng cộng hưởng.
- Giải được các bài toán về mạch điện xoay chiều 3 pha với các cách mắc
- Phân tích được ý nghĩa của hệ số công suất và phương pháp nâng cao hệ số công suất. Tính toán được giá trị tụ bù với hệ số công suất cho trước.
- Nêu được các ứng dụng của dòng điện xoay chiều trong công nghiệp.
- Rèn luyện tính tỷ mỉ, chính xác và tư duy trong học tập

Nội dung chính.

1. Khái niệm về dòng điện xoay chiều

Mục tiêu:

- Biết và giải thích được khái niệm về dòng điện xoay chiều một pha

- Áp dụng giải bài tập cơ bản về các thông số của dòng điện xoay chiều

- Có ý thức tự giác trong học tập

1.1. Dòng điện xoay chiều

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

Dòng điện xoay chiều thường là dòng điện biến đổi tuần hoàn, nghĩa là cứ sau một khoảng thời gian nhất định, nó lặp lại quá trình biến thiên cũ.

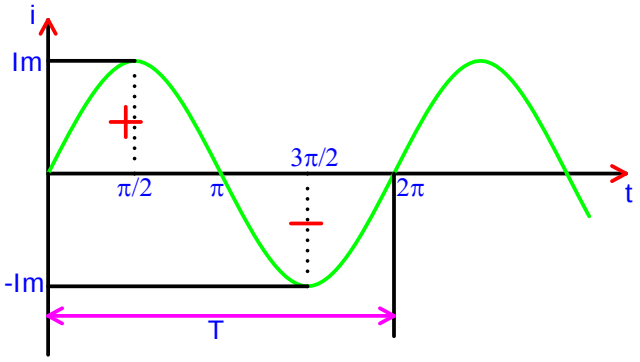
1.2. Chu kỳ và tần số của dòng điện xoay chiều

Chu kỳ: Khoảng thời gian ngắn nhất để dòng điện lặp lại quá trình biến thiên cũ gọi là chu kỳ.

Tần số : Số chu kỳ dòng điện thực hiện được trong một giây gọi là tần số.

1.3. Dòng điện xoay chiều hình sin

Dòng điện xoay chiều hình sin là dòng điện xoay chiều biến thiên theo quy luật hình sin đối với thời gian gọi là dòng điện xoay chiều hình sin.



Hình 4.1: Đồ thị theo thời gian của dòng điện xoay chiều hình sin:

- Trục hoành biểu thị thời gian t.
- Trục tung biểu thị dòng điện i.

Biểu thức của dòng điện xoay chiều hình sin là: $i = I_m \sin(\omega t + \psi_i)$ (4.1)

1.4. Các đại lượng đặc trưng

a) Trị số tức thời:

Trên đồ thị, tại mỗi thời điểm t nào đó, dòng điện có một giá trị tương ứng gọi là trị số tức thời của dòng điện xoay chiều.

Ký hiệu: i(t) hoặc i.

Tương tự như dòng điện, trị số tức thời của điện áp ký hiệu là u, của sđđ ký hiệu là e …

b) Trị số cực đại (biên độ):

Giá trị lớn nhất của trị số tức thời trong một chu kỳ gọi là trị số cực đại hay biên độ của nguồn điện xoay chiều.

Ký hiệu của biên độ bằng chữ hoa, có chỉ số m: I_m

Ngoài ra còn có biên độ điện áp là U_m, biên độ sđđ là E_m

c) Chu kỳ T:

Khoảng thời gian ngắn nhất để dòng điện lặp lại quá trình biến thiên cũ gọi là chu kỳ. Ký hiệu: T, Đơn vị: sec(s)

d) Tần số f:

Số chu kỳ dòng điện thực hiện được trong một giây gọi là tần số.

Ký hiệu: f, Ta có: $f = \frac{1}{T}$ (4.2)

Đơn vị: Hec (Hz); $1KHz = 10^3 Hz$

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

Nước ta và phần lớn các nước trên thế giới đều sản xuất dòng điện công nghiệp có tần số là f = 50Hz.

e) Tần số góc ω:

Tần số góc là tốc độ biến thiên của dòng điện hình sin.

Ký hiệu: ω; $\omega = 2\pi f = \frac{2\pi}{T}$ rad/s. (4.3)

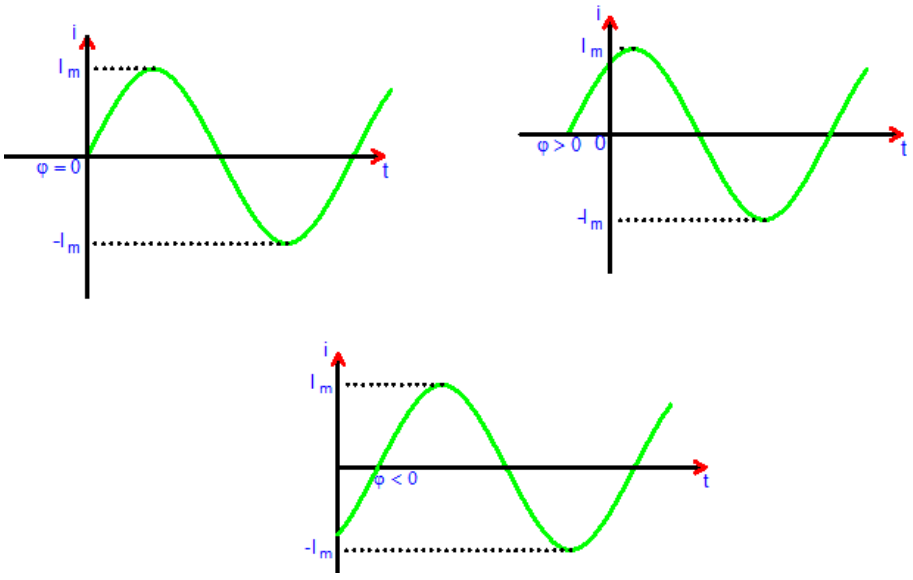
f. Pha và pha ban đầu:

Góc $(\omega t + \psi)$ trong biểu thức các đại lượng hình sin xác định trạng thái (trị số và chiều) của đại lượng tại thời điểm t nào đó gọi là góc pha, hoặc gọi tắt là pha.

Khi t = 0 thì $(\omega t + \psi) = \psi$ vì thế ψ được gọi là góc pha ban đầu hay pha đầu.

Nếu ψ > 0 thì quy ước điểm bắt đầu của đường cong biểu diễn nó sẽ lệch về phía trái gốc toạ độ một góc là ψ .

Nếu ψ < 0 thì ngược lại, điểm bắt đầu của đường cong biểu diễn nó sẽ lệch về phía phải gốc toạ độ một góc là ψ .



Hình 4.2: pha của dòng điện xoay chiều hình sin:

Ví dụ 4.1: Cho $u = 100\sin\left(\omega t + \pi/2\right)$ (V)

a) Xác định giá trị tức thời tại thời điểm t = 0, t = T/4, t = T/2, t = 3T/4, t = T.
b) Vẽ đồ thị hình sin của u với t từ 0 đến T.

Giải:

a) Khi t = 0 $\Rightarrow$ $u(0) = 100\sin\dfrac{\pi}{2} = 100\ (V)$

Khi t = T/4 $\Rightarrow$ $u\left(\dfrac{T}{4}\right) = 100\sin\left(\dfrac{2\pi}{T}.\dfrac{T}{4} + \dfrac{\pi}{2}\right) = 100\sin\pi = 0\ (V)$

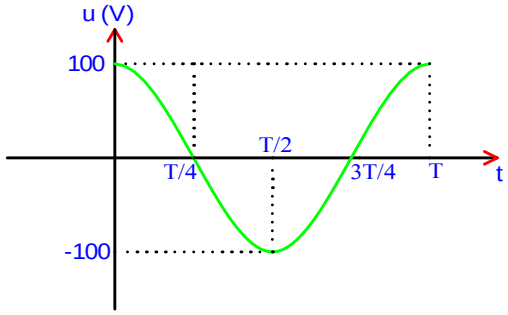
trong đó : $\omega = 2\pi f = \dfrac{2\pi}{T}$

Khi t = T/2 $\Rightarrow$ $u\left(\dfrac{T}{2}\right) = 100\sin\left(\dfrac{2\pi}{T}.\dfrac{T}{2} + \dfrac{\pi}{2}\right) = 100\sin\dfrac{3\pi}{2} = -100\ (V)$

Khi t = 3T/4 $\Rightarrow$ $u\left(\dfrac{3T}{4}\right) = 100\sin\left(\dfrac{2\pi}{T}.\dfrac{3T}{4} + \dfrac{\pi}{2}\right) = 100\sin 2\pi = 0\ (V)$

Khi t = T $\Rightarrow$ $u(T) = 100\sin\left(\dfrac{2\pi}{T}.T + \dfrac{\pi}{2}\right) = 100\sin\dfrac{5\pi}{2} = 100\ (V)$

b) Biểu diễn hình sin theo điện áp u:
Ta có : $u = 100\sin\left(\omega t + \pi/2\right) = U_m\sin(\omega t + \varphi_u)$



Hình 4.3: Đồ thị ví dụ 4.1:

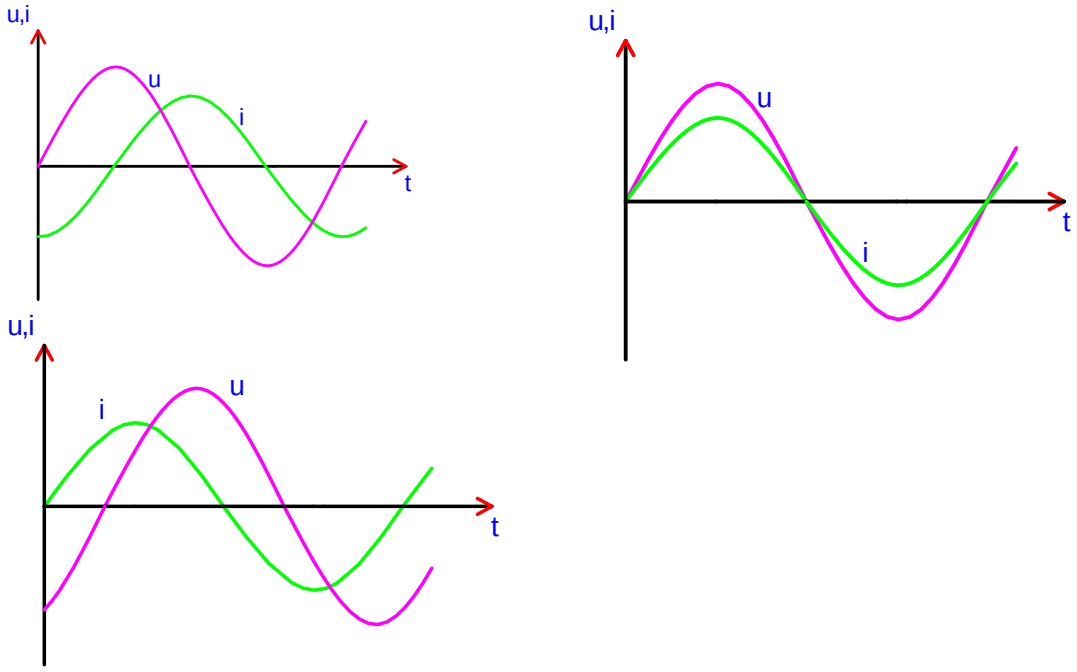
1.5. Pha và sự lệch pha

Trị số tức thời của dòng điện : $i = I_m\sin(\omega t + \varphi_i)\ (A)$ (4.4)
Trị số tức thời của điện áp : $u = U_m\sin(\omega t + \varphi_u)\ (V)$ (4.5)

Góc lệch pha giữa điện áp và dòng điện ký hiệu là φ và được định nghĩa như sau: $\varphi = \varphi_u - \varphi_i$ (4.6)

φ=0 $\Rightarrow \varphi_u = \varphi_i$: Điện áp trùng pha với dòng điện $\Rightarrow$ u và i cùng pha nhau (ha)
$\varphi > 0 \Rightarrow \varphi_u > \varphi_i$: điện áp vượt trước dòng điện $\Rightarrow$ u nhanh pha hơn so với i (b)
$\varphi < 0 \Rightarrow \varphi_u < \varphi_i$: điện áp chậm sau dòng điện $\Rightarrow$ u trễ pha so với i (hc)
$\varphi = \pm\pi \Rightarrow$ u và i ngược pha nhau

$\varphi = \pm\pi/2 \Rightarrow$ u và i vuông góc nhau



Hình 3.4: sự lệch pha của dòng điện xoay chiều hình sin:

Ví dụ 4.2: So sánh pha của hai hàm sin:

$u_1 = 10\sin(5t - 30^0) \quad (V)$

$u_2 = 10\cos(5t + 10^0) \quad (V)$

Giải:

Đưa u_2 về dạng sin nhờ công thức: $\cos x = \sin(x + 90^0)$

Suy ra : $u_2 = 10\sin(5t + 100^0) \quad (V)$

Ta có thể nói: u_1 lớn pha so với u_2 một góc $\varphi = -30^0 - 100^0 = -130^0$ hoặc u_1 chậm pha hơn so với u_2 một góc: $\varphi = 100^0 - (-30^0) = 130^0$

2. Giải mạch điện xoay chiều không phân nhánh

Mục tiêu:

- Biết và giải thích được cách giải mạch điện xoay chiều một pha

- Áp dụng giải bài tập cơ bản về mạch điện xoay chiều một pha

- Có ý thức tự giác trong học tập

Trị số hiệu dụng:

Ta biết rằng, tác dụng nhiệt và lực điện từ tỷ lệ với bình phương dòng điện. Đối với dòng điện biến thiên có chu kỳ T thì tác dụng này tỷ lệ với trị số trung bình bình phương của dòng điện trong một chu kỳ T

Trị số trung bình bình phương trong một chu kỳ được gọi là trị số hiệu dụng I

Từ đó rút ra biểu thức trị số của dòng điện hình sin là:

$$I = \sqrt{\frac{1}{T}\int_0^T i^2 dt} \quad (*) \quad (4.7)$$

Giả sử $i = I_m \sin \omega t$, thay vào biểu thức (*)

$$I = \sqrt{\frac{1}{T}\int_0^T i^2 dt} = \frac{1}{T\omega}\int_0^{2\pi} I_m^2 \sin^2 \omega t.d(\omega t) = \frac{I_m^2}{2\pi}\int_0^{2\pi} \frac{1-\cos 2\omega t}{2}.d(\omega t)$$

$$= \frac{I_m^2}{2\pi}\left|\frac{\omega t}{2} - \frac{\sin 2\omega t}{4}\right|_0^{2\pi} = \frac{I_m^2}{2}$$

Rút ra: $\boxed{I = \frac{I_m}{\sqrt{2}}}$ (4.8)

Trong đó: I là trị hiệu dụng của dòng điện.

Tương tự, ta có:

Trị số hiệu dụng của điện áp:

$$\boxed{U = \frac{U_m}{\sqrt{2}}} \quad (4.9)$$

Trị số hiệu dụng của suất điện động:

$$\boxed{E = \frac{E_m}{\sqrt{2}}} \quad (4.10)$$

Trị số hiệu dụng là một đại lượng quan trọng của mạch điện xoay chiều. Ta nói dòng điện xoay chiều này bằng bao nhiêu ampe hoặc điện áp xoay chiều này bằng bao nhiêu volt là ta nói đến trị số hiệu dụng của chúng.

Các trị số ghi trên nhãn của các thiết bị điện, các dụng cụ đo lường (sử dụng dòng điện xoay chiều) là trị số hiệu dụng.

Ví dụ 4.3: Dòng điện hình sin $i = 4{,}5\sin\left(314t - \frac{\pi}{4}\right)$ (A) chạy qua điện trở R = 10Ω. Tính công suất P, điện năng A của điện trở tiêu thụ trong 24h.

Giải:

Trị số cực đại của dòng điện I_m = 4,5(A)

Trị số hiệu dụng của dòng điện qua điện trở: $I = \frac{I_m}{\sqrt{2}} = \frac{4{,}5}{\sqrt{2}} = 3{,}18(A)$

Công suất điện của điện trở:

$$P = U.I.\cos\varphi = R.I^2 = 10.(3{,}18)^2 = 101{,}1 \ (\mathrm{W})$$

Điện năng điện trở tiêu thụ trong 20h

$$A = P.t = 101{,}1.20 = 2022 \ (Wh) = 2{,}022 \quad (Kwh)$$

Biểu diễn lượng hình sin dưới dạng vectơ quay:

Trên vòng tròn lượng giác gắn hệ trục Ox, Oy, với O là tâm của vòng tròn lượng giác. Hình chiếu của vectơ quay lên trục tung sẽ biểu thị giá trị tức thời của đại lượng hình sin. Hình chiếu của vectơ quay lên trục hoành sẽ biểu thị thời gian.

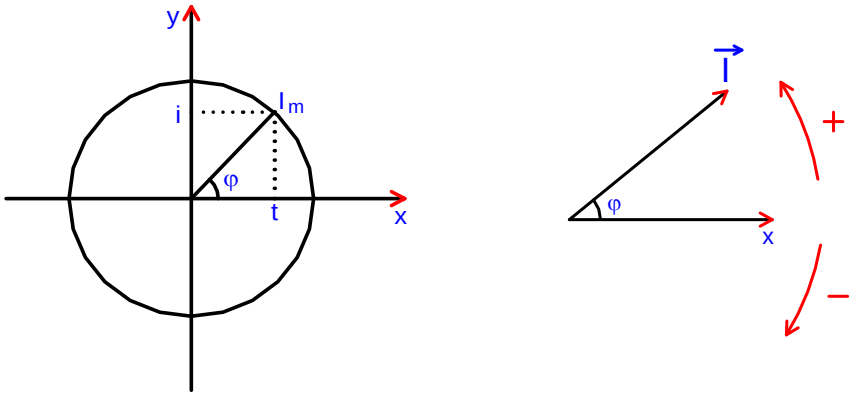
$$i = I_m \sin(\omega t + \varphi) = I\sqrt{2}.\sin(\omega t + \varphi)$$

Quy tắc biểu diễn đại lượng hình sin bằng vectơ quay :

- Vẽ ở một thời điểm ban đầu (t = 0)
- Độ dài của vectơ $\vec{I}$ biểu diễn bằng trị hiệu dụng I của i(t).
- Góc tạo bởi vectơ $\vec{I}$ và trục hoành Ox bằng góc pha ban đầu φ

Nếu φ > 0 thì vectơ nằm phía trước trục hoành theo ngược chiều kim đồng hồ.
Nếu φ < 0 thì ngược lại vectơ nằm phía sau trục hoành.

Ký hiệu vectơ biểu diễn đại lượng hình sin bằng chữ cái biểu diễn đại lượng đó và dấu gạch ngang mũi tên trên đầu. Ví dụ: I , U , E…



Hình 4.5: Biểu diễn véc tơ dòng điện xoay chiều hình sin:

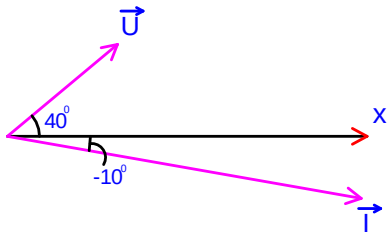
Ví dụ 4.4: Hãy biểu diễn dòng điện, điện áp bằng vectơ và chỉ ra góc lệch pha φ, cho biết: $i = 20\sqrt{2}.\sin\left(\omega t - 10^0\right)$ (A)

$u = 100\sqrt{2}.\sin\left(\omega t + 40^0\right)$ (V)

Giải:

Vectơ dòng điện: $I = 20 < -10^0$

Vectơ điện áp: $U = 100 < 40^0$



Hình 4.6: Đồ thị véc tơ í dụ 4.4

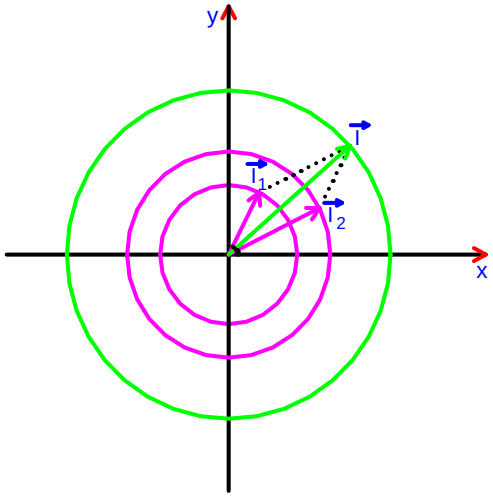
Cộng và trừ các đại lượng hình sin bằng đồ thị vectơ:

Cho hai dòng điện hình sin: $i_1 = I_{1m}\sin(\omega t + \varphi_1)$ và $i_2 = I_{2m}\sin(\omega t + \varphi_2)$

Tìm dòng điện tổng $i = i_1 + i_2$

Biểu diễn hai dòng điện i_1, i_2 bằng hai vectơ quay $\vec{I}_1, \vec{I}_2$.

Vectơ tổng $\vec{I} = \vec{I}_1 + \vec{I}_2$ chính là vectơ biểu diễn dòng điện.



Hình 4.7: Đồ thị véc tơ cộng dòng điện xoay chiều hình sin:

Thực vậy, dựa vào tính chất là hình chiếu của vectơ tổng bằng tổng hình chiếu của hai vectơ thành phần nên $i = i_1 + i_2$

$$I = \sqrt{I_1^{\,2} + I_2^{\,2} - 2.I_1 I_2 \cos(I_1, I_2)} \quad (4.11)$$

Từ đó, ta có thể suy ra biểu thức của nó:

$$i = I_m \sin(\omega t + \varphi) = I\sqrt{2}.\sin(\omega t + \varphi)$$

"Việc cộng đại số các trị số tức thời của đại lượng hình sin cùng tính chất và thông số, tương ứng với việc cộng các vectơ biểu diễn chúng".

Ví dụ 4.5: Cho hai dòng điện: $i_1 = 3\sqrt{2}\sin(314t + 15^0)$

$i_2 = 4\sqrt{2}\sin(314t + 75^0)$

Hãy tìm dòng điện tổng $i = i_1 + i_2$ và hiệu $i = i_2 - i_1$ bằng đồ thị vectơ.

Giải:

Vectơ dòng điện 1: $I_1 = 3 < 15^0$

Vectơ dòng điện 2: $I_2 = 4 < 75^0$

Áp dụng hệ thức lượng trong tam giác OAC

$$OC^2 = OA^2 + AC^2 - 2.OA.AC.\cos\widehat{OAC}$$

Suy ra:

$$OC^2 = 3^2 + 4^2 - 2.3.4.\cos 120^0 = 37$$

$$\Rightarrow \quad OC = \sqrt{37} = 6{,}22$$

$$\cos\varphi = \cos\widehat{OAC} = \frac{OA^2 + OC^2 - AC^2}{2.OA.OC}$$

Rút ra:

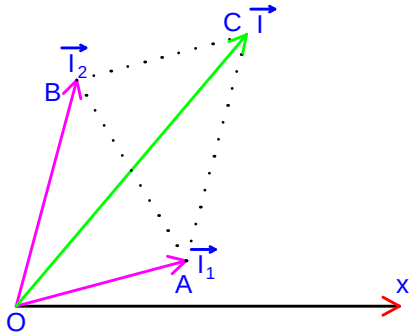
$$= \frac{I_1^{\,2} + I^2 - I_2^{\,2}}{2.I_1.I} = \frac{3^2 + 37 - 4^2}{2.3.6,22} = 0,805$$

$$\Rightarrow \quad \varphi = 36°3$$

Vậy biểu thức dòng điện tổng:

$$i = I\sqrt{2}.\sin(\omega t + \varphi) = \sqrt{2}.6,22.\sin(314t + 36°3 + 15°)$$

$$= \sqrt{2}.6,22.\sin(314t + 51°3)$$



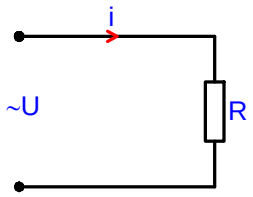
Hình 4.8: Đồ thị véc tơ ví dụ 4.5:

2.1. Giải mạch xoay chiều thuần trở, thuần cảm, thuần dung

2.1.1. Mạch điện xoay chiều thuần điện trở

Quan hệ giữa dòng điện và điện áp:

Hình 4.9: Mạch điện thuần trở:



Giả sử ta có mạch điện với hệ số tự cảm rất bé có thể bỏ qua, và không có thành phần điện dung, chỉ còn điện trở R, ta gọi đó là nhánh thuần trở.

Khi cho dòng điện $i_R = I_m.\sin\omega t = I.\sqrt{2}.\sin\omega t$ chạy qua điện trở R.

Ở tại một thời điểm t bất kỳ, áp dụng định luật Ohm ta có điện áp trên điện trở:

$$u_R = R.i_R = R.I.\sqrt{2}.\sin\omega t = U_R\sqrt{2}.\sin\omega t$$

$$\Rightarrow \quad \boxed{u_R = U_m \sin\omega t}$$

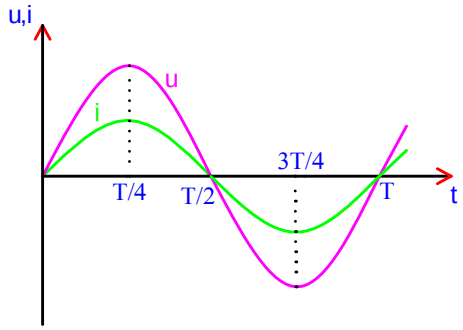
Ở đây: $\boxed{U_R = I.R}$ hay $\boxed{I = \frac{U_R}{R}}$ (4.12)

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

So sánh giữa biểu thức dòng điện và điện áp, ta thấy trong nhánh xoay chiều thuần điện trở, dòng điện và điện áp đồng pha, tức là

$$\varphi = \varphi_u - \varphi_i = 0 \quad (4.13)$$

*** Mạch biểu diễn vectơ:**



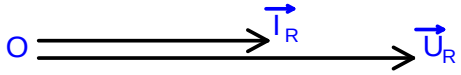
Hình 4.10: Đồ thị mạch điện thuần trở:

Đồ thị hình sin:

Đồ thị hình vectơ:

Vectơ dòng điện: $I_R = I_R < 0^0$

Vectơ điện áp: $U_R = U_R < 0^0$



Hình 3.11: Đồ thị véc tơ mạch điện thuần trở:

Công suất:

Công suất tức thời đưa vào đoạn mạch thuần tuý điện trở:

$$P_R = u.i = U_m I_m \sin^2 \omega t = 2.U.I.\sin^2 \omega t \quad (4.14)$$

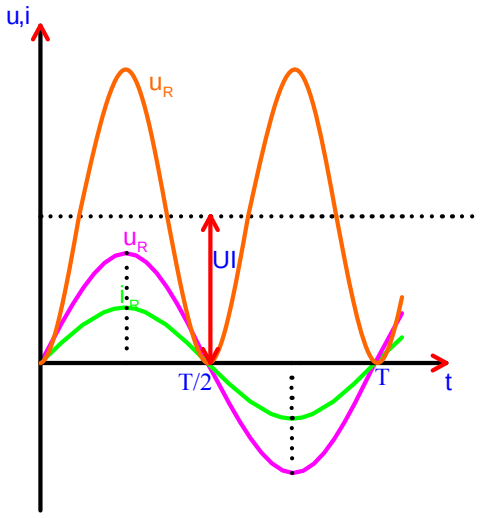
Vì $\sin^2 \omega t = \dfrac{1-\cos 2\omega t}{2}$

Nên $P_R = 2.U.I.\dfrac{1-\cos 2\omega t}{2} = U.I.(1-\cos 2\omega t) = U.I - U.I\cos 2\omega t$

Như vậy công suất tức thời gồm hai phần:

- phần không đổi U.I
- phần biến đổi $-U.I\cos 2\omega t$

Ta thấy trong cả chu kỳ dòng điện, điện áp và dòng điện luôn luôn cùng chiều nên $P_R \geq 0$



Hình 4.11: Đồ thị công suất mạch điện thuần trở:

Nghĩa là: năng lượng dòng điện xoay chiều trong mạch thuần trở luôn đưa từ nguồn đến tải R để tiêu tán năng lượng. Do đó, người ta đưa ra khái niệm về công suất tác dụng P

$$P = U.I = R.I^2 = \frac{U^2}{R} \quad (4.15)$$

Đơn vị của công suất tác dụng: W hoặc Kw

$1kW = 10^3$ W

Điện năng tiêu thụ trong thời gian t được tính theo công suất tác dụng:

W = P.t

Ví dụ 4.6: Một bóng đèn có ghi 220V, 100W mắc vào mạch xoay chiều có điện áp:

$u = 231\sqrt{2}.\sin(314t + 30^0) \quad (V)$

Xác định dòng điện qua đèn, công suất và điện năng đèn tiêu thụ trong 4h. Coi bóng đèn như nhánh thuần điện trở.

Giải:

Điện trở đèn ở chế độ định mức: $R = \frac{U^2_{dm}}{P_{dm}} = \frac{220^2}{100} = 484 \quad (\Omega)$

(U_{dm}, P_{dm} là điện áp và công suất định mức ghi trên bóng)

Trị số hiệu dụng của dòng điện tính theo định luật Ohm:

$$I = \frac{U}{R} = \frac{231}{484} = 0{,}48 \quad (A)$$

Vì u và i đồng pha nhau nên biểu thức của dòng điện là:

$$i = I\sqrt{2}.\sin(\omega t + \varphi) = 0{,}48.\sqrt{2}.\sin(314t + 30°) \quad (A)$$

Công suất bóng tiêu thụ:

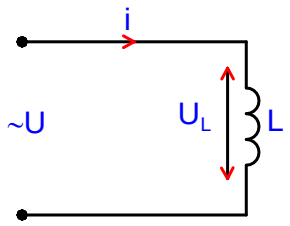
$$P = R.I^2 = 484.(0{,}48)^2 = 110 \quad (W)$$

Điện năng bóng tiêu thụ trong 4h:

$$W = P.t = 110.4 = 440 \quad (Wh)$$

2.1.2. Mạch điện xoay chiều thuần điện cảm

Quan hệ dòng điện và điện áp:



Hình 4.12: Mạch điện thuần cảm:

Nhánh có cuộn dây với hệ số tự cảm L khá lớn, điện trở đủ bé để có thể bỏ qua và không có thuần điện dung được gọi là nhánh thuần điện cảm.

Khi có dòng điện $i_L = I_m.\sin\omega t = I.\sqrt{2}.\sin\omega t$ chạy qua đoạn mạch thuần tuý điện cảm L. Vì dòng điện biến thiên nên trong cuộn dây sẽ cảm ứng ra suất điện động tự cảm e_L và giữa hai cực của cuộn dây sẽ có điện áp cảm ứng u_L.

$$u_L = -e_L = L.\frac{di}{dt} = L.\frac{d(I\sqrt{2}.\sin\omega t)}{dt} = \omega.L.I.\sqrt{2}\cos\omega t$$

$$= \omega.L.I.\sqrt{2}\sin(\omega t + \frac{\pi}{2}) = U_L\sqrt{2}.\sin(\omega t + \frac{\pi}{2})$$

Vậy: $u_L = U_L.\sqrt{2}\cos\omega t = U_L.\sqrt{2}.\sin\left(\omega t + \frac{\pi}{2}\right)$ (4.16)

Trong đó: $\boxed{U_L = \omega.L.I = X_L.I_L}$ (4.17)

hoặc: $\boxed{I_L = \frac{U_L}{X_L}}$ (4.18)

Trị hiệu dụng của dòng điện trong nhánh thuần điện cảm tỉ lệ với trị hiệu dụng điện áp đặt vào nhánh, tỉ lệ nghịch với cảm kháng của nhánh.

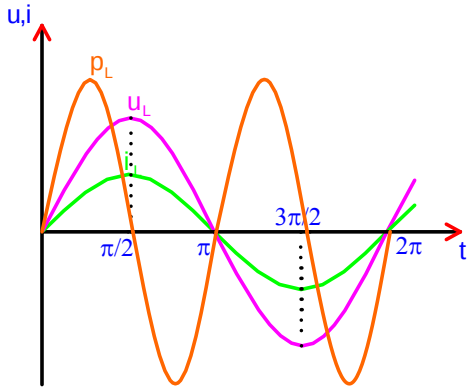
Ở đây: $X_L = \omega.L = 2\pi f L$ (4.19)

Đơn vị của cảm kháng:

$$[X_L] = [\omega].[L] = \frac{1}{s}.\Omega.s = \Omega$$

Trong nhánh xoay chiều thuần cảm. Dòng điện chậm sau điện áp một góc $\frac{\pi}{2}$, tức là: $\varphi = \varphi_u - \varphi_i = \frac{\pi}{2} - 0 = \frac{\pi}{2} > 0$

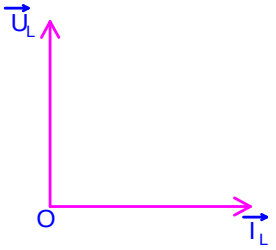
*** Mạch biểu diễn vectơ:**



Hình 4.12: Đồ thị p điện thuần cảm:

Vectơ dòng điện: $I_L = I_L < 0^0$

Vectơ điện áp: $U_L = U_L < \frac{\pi}{2}$



Hình 4.12: Đồ thị vectơ mạch điện thuần cảm:

Công suất:

Công suất tức thời trong nhánh thuần điện cảm:

$$P = u.i = U_L\sqrt{2}.\cos\omega t.I_L\sqrt{2}\sin\omega t = 2.U_L I_L\frac{\sin 2\omega t}{2} = U_L I_L \sin 2\omega t \quad (4.20)$$

Trong khoảng $\omega t = 0 \div \pi/2$: dòng điện u_L và i_L cùng dấu nên $p_L = u_L.i_L > 0$, nguồn cung cấp năng lượng cho mạch và tích luỹ lại trong từ trường điện cảm.

Trong khoảng tiếp theo $\omega t = \pi/2 \div \pi$, u_L và i_L ngược chiều nên $p_L = u_L.i_L < 0$, năng lượng tích luỹ trong từ trường đưa ra ngoài đoạn mạch.

Từ đó ta thấy rằng: " trong đoạn mạch thuần tuý điện cảm không có hiện tượng tiêu tán năng lượng mà chỉ có hiện tượng tích phóng năng lượng một cách chu kỳ ".

Để biểu thị cường độ quá trình trao đổi năng lượng của điện cảm ta đưa ra khái niệm công suất phản kháng Q_L của điện cảm.

$$P = 0 \qquad \boxed{Q_L = U_L.I = X_L.I^2 = \frac{U_L^2}{X_L}} \qquad (4.21)$$

Đơn vị của công suất phản kháng: Var hoặc Kvar, $1kVAr = 10^3 VAr$

Ví dụ 4.7: Một cuộn dây thuần điện cảm L=0,015H, đóng vào nguồn điện có điện áp u, $u = 100\sqrt{2}.\sin\left(314t + \frac{\pi}{3}\right) \quad (V)$

Tính trị số hiệu dụng I, và góc pha ban đầu dòng điện φ_i

Vẽ đồ thị vectơ dòng điện và điện áp.

Giải:

Điện kháng của cuộn dây: $X_L = \omega L = 314.0{,}015 \approx 4{,}71 \quad (\Omega)$

Trị số hiệu dụng của dòng điện: $I = \frac{U}{X_L} = \frac{100}{4{,}71} = 21{,}23 \quad (A)$

Góc pha ban đầu của dòng điện:

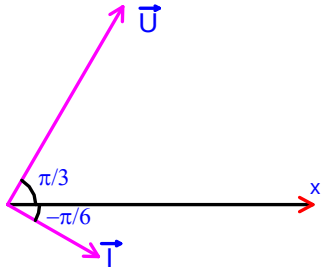
$$\varphi = \varphi_u - \varphi_i = \frac{\pi}{3} - \varphi_i = \frac{\pi}{2}$$

$$\Rightarrow \varphi_i = \frac{\pi}{3} - \frac{\pi}{2} = -\frac{\pi}{6}$$

Trị số tức thời của dòng điện:

$i = I\sqrt{2}.\sin(\omega t + \varphi_i) = 21{,}32.\sqrt{2}.\sin(314t - \frac{\pi}{6})$

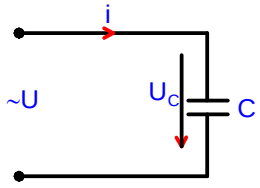
Đồ thị vectơ dòng điện và điện áp:



Hình 4.13: Đồ thị vectơ ví dụ 4.7:

2.1.3. Mạch điện xoay chiều thuần điện dung

Quan hệ dòng và áp:



Hình 4.14: Mạch điện thuần dung:

Giả sử tụ điện có điện dung C, tổn hao không đáng kể, điện cảm của mạch có thể bỏ qua, đặt vào điện áp xoay chiều $u = U_m.\sin\omega t$ tạo thành mạch thuần điện dung.

Khi đặt điện áp u_C đặt lên 2 cực của tụ điện lý tưởng thì qua tụ sẽ có dòng hình sin i_C.

Từ biểu thức $dq = C.du_C$, lấy đạo hàm ta tìm biểu thức của dòng điện:

$$i = \frac{dq}{dt} = C.\frac{du_c}{dt} = C.\frac{d(U_c\sqrt{2}.\sin\omega t)}{dt} = CU_c.\omega\sqrt{2}\cos\omega t = I\sqrt{2}.\cos\omega t = I\sqrt{2}.\sin(\omega t + \frac{\pi}{2})$$

Trong đó: $C.\omega.U_c\sqrt{2} = I\sqrt{2} \Rightarrow \quad U_c = \frac{I}{C\omega} = X_c.I$ với: $X_c = \frac{1}{\omega.C} = \frac{1}{2\pi fC}$ (4.22)

Như vậy, dung kháng tỉ lệ nghịch với điện dung của nhánh và tần số dòng điện. Tần số càng lớn thì dung kháng càng bé và ngược lại.

Đơn vị của dung kháng:

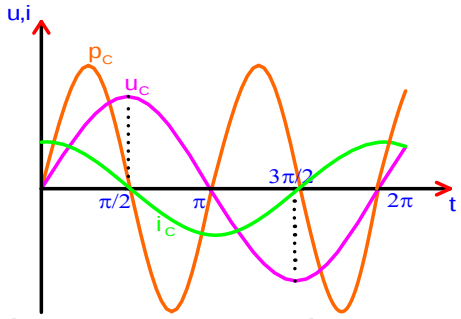
$$[X_c] = \frac{1}{[\omega].[C]} = \frac{1}{\frac{1}{s}\frac{s}{\Omega}} = \Omega$$

Trong nhánh thuần điện dung, trị hiệu dụng dòng điện tỉ lệ với trị hiệu dụng điện áp đặt vào nhánh và tỉ lệ nghịch với dung kháng của nhánh.

So sánh giữa biểu thức điện áp u và dòng điện ta thấy: dòng điện và điện áp có cùng tần số song lệch pha nhau một góc $\frac{\pi}{2}$. Dòng điện vượt trước điện áp một góc $\frac{\pi}{2}$. Tức là: $\varphi = \varphi_u - \varphi_i = 0 - \frac{\pi}{2} = -\frac{\pi}{2} < 0$

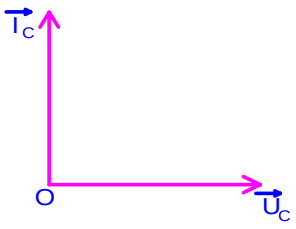
*** Mạch biểu diễn vectơ:**

Đồ thị hình sin:



Hình 4.15: Đồ thị p mạch điện thuần dung:

Đồ thị vectơ:



Hình 4.16: Đồ thị vectơ mạch điện thuần dung:

Vectơ dòng điện: $I_C = I \ < \frac{\pi}{2}$

Vectơ điện áp: $U_C = U \ < 0$

Công suất:

Công suất tức thời trong nhánh thuần điện dung:

$$P = u_c.i = U_C\sqrt{2}.\sin\omega t.I\sqrt{2}\cos\omega t = U_c I \sin 2\omega t \quad (4.23)$$

Trên đồ thị hình sin, vẽ các đường cong u_C, i_C và p_C.

Ta nhận thấy, trong khoảng $\omega t = 0 \div \pi/2$, u_C và i_C cùng chiều, tụ được nạp điện và $p_C = u_C.i_C > 0$, năng lượng từ nguồn đưa đến tích luỹ trong điện trường điện dung.

Trong khoảng tiếp theo $\omega t = \pi/2 \div \pi$, u_C và i_C ngược chiều, tụ phóng điện và $p_C = u_C.i_C < 0$, năng lượng tích luỹ trong điện trường tụ điện đưa ra ngoài đoạn mạch.

Từ đó ta thấy rằng: "trong đoạn mạch thuần tuý điện dung không có hiện tượng tiêu tán năng lượng mà chỉ có hiện tượng tích phóng năng lượng điện trường một cách chu kỳ.

Do đó: P = 0

Để biểu thị cường độ quá trình trao đổi năng lượng của điện dung ta đưa ra khái niệm công suất phản kháng Q_C của điện dung:

$$Q_C = U_C.I = X_C.I^2 = \frac{U_C^{\ 2}}{X_C} \quad (4.24)$$

Ví dụ 4.8: Tụ điện có điện dung $C = 80\mu F$, tổn hao không đáng kể, mắc vào nguồn điên áp xoay chiều U=380V, tần số f = 50Hz. Xác định dòng điện và công suất phản kháng của nhánh.

Giải:

Dung kháng của nhánh:

$$X_C = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{2\pi f C} = \frac{1}{2.3{,}14.50.80.10^{-6}}\Omega$$

Trị sô hiệu dụng của dòng điện:

$$I = \frac{U}{X_C} = \frac{380}{40} = 9{,}5(A)$$

Nếu lấy pha ban đầu của điện áp $\varphi_u = 0$ thì $\varphi_i = \pi/2$

Trị số tức thời của dòng điện:

$$i = 9{,}5.\sqrt{2}.\sin(314t + \frac{\pi}{2}) \ (\text{A})$$

Công suất phản kháng:

$$Q = X_c.I^2 = 40.(9{,}5)^2 = 3620Var = 3{,}62K\,\text{var}$$

2.2. Giải mạch xoay chiều RLC

Quan hệ dòng áp:

Xét mạch điện trong trường hợp tổng quát gồm cả ba thành phần R, L, C mắc nối tiếp nhau như hình vẽ.

Khi cho dòng điện $i = I\sqrt{2}\sin\omega t$ qua nhánh R-L-C mắc nối tiếp sẽ tạo nên thành phần điện áp giáng tương ứng

Dòng điện qua các phần tử gây nên các sụt áp:

$$u_R = U_R\sqrt{2}.\sin\omega t \quad \Rightarrow \quad U_R = I.R \qquad (4.25)$$

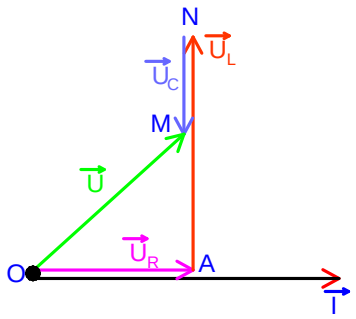
$$u_L = U_L.\sqrt{2}.\sin\left(\omega t + \frac{\pi}{2}\right) \quad \Rightarrow \quad U_L = I.X_L \qquad (4.26)$$

$$u_C = U_C.\sqrt{2}.\sin\left(\omega t - \frac{\pi}{2}\right) \quad \Rightarrow \quad U_C = I.X_C \qquad (4.27)$$

Gọi u là điện áp giữa hai đầu của đoạn mạch :

$$u = u_R + u_L + u_C \qquad (4.28)$$

Biểu diễn bằng vectơ ta có :



Hình 4.17: Đồ thị vectơ mạch điện R, L, C

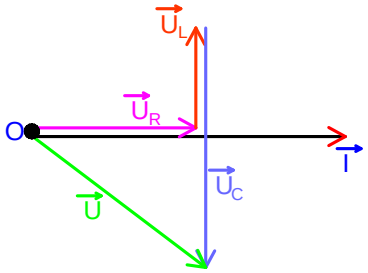
$$U = U_R + U_L + U_C \qquad (4.29)$$

- Giả sử: $U_L = I.X_L > U_C = I.X_C \Rightarrow X_L > X_C$

  Đồ thị vectơ như hình vẽ:

Khi $X_L > X_C$ thì $\varphi > 0$, dòng điện chậm pha sau điện áp một góc là φ hay nói cách khác là điện áp nhanh pha hơn so với dòng điện. Khi đó, ta bảo nhánh có tính điện cảm.

- Ngược lại, nếu $U_L = I.X_L < U_C = I.X_C \Rightarrow X_L < X_C$ thì đồ thị vectơ được biểu diễn như sau:



Hình 4.18: Đồ thị vectơ mạch điện R, L, C

Ta thấy, $\varphi < 0$, dòng điện vượt trước điện áp một góc φ hay điện áp chậm pha sau dòng điện một góc φ, ta bảo nhánh có tính điện dung

Định luật Ohm - Tổng trở - Tam giác trở kháng:

Nhìn vào đồ thị vectơ ta thấy, trong tam giác vuông OAM:

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

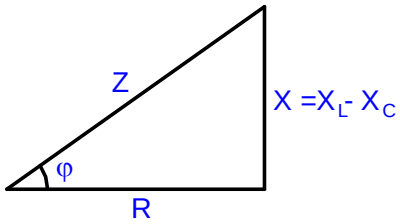
$$= I.\sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2} = I.Z$$

Trong đó: $Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$ (4.30)

Z gọi là tổng trở của mạch R-L-C

Đặt: $X = X_L - X_C$: được gọi là điện kháng của mạch

Phát biểu: điện trở R, điện kháng X và tổng trở Z là 3 cạnh của một tam giác vuông. Trong đó, cạnh huyền là tổng trở Z, hai cạnh góc vuông còn lại là điện trở R và điện kháng X



Hình 4.19: Tam giác tổng trở mạch điện R, L, C

Tam giác tổng trở giúp ta dễ dàng nhờ các quan hệ giữa các thông số R-L-C và tính ra góc lệch pha φ

*** Góc lệch pha φ giữa i và u:** $tg\varphi = \dfrac{U_L - U_C}{U_R} = \dfrac{X_L - X_C}{R} = \dfrac{X}{R}$ (4.31)

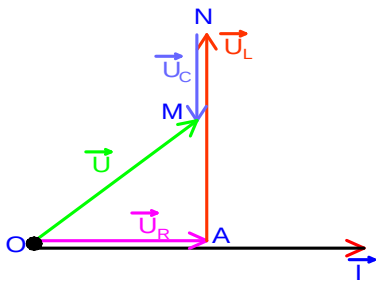
2.3. Công suất và hệ số công suất trong mạch điện xoay chiều

Công suất – tam giác công suất:

a) Công suất tác dụng P:

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

$P = R.I^2$ (4.32)



Hình 4.20: Đồ thị vectơ điện áp mạch điện R, L, C

Mặt khác, ở đồ thị vectơ như hình vẽ bên, ta thấy :

$U_R = R.I = U.\cos\varphi$ (4.33)

Thay vào (*), ta có: $\boxed{P = R.I^2 = U.I.\cos\varphi}$ (4.34)

Đơn vị: Watt (W)

b) Công suất phản kháng Q:

Công suất phản kháng Q đặc trưng cho cường độ quá trình tích phóng năng lượng của điện từ trường trong mạch.

Ta có: $Q = X.I^2 = (X_L - X_C).I^2$ (4.35)

Trong đồ thị vectơ hình vẽ trên, ta thấy:

$U_X = X.I = U.\sin\varphi$ (4.36)

thay vào biểu thức trên, ta có:

$\boxed{Q = X.I^2 = U.I.\sin\varphi}$ (4.37)

Đơn vị: VAr

c) Công suất biểu kiến S:

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

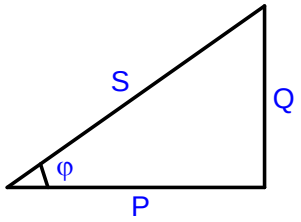
$S = U.I = \sqrt{P^2 + Q^2}$ (4.38)

Đơn vị: Volt-Ampe (VA)

*** Tam giác công suất:**

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

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



Hình 4..21: Tam giác công suất mạch điện R, L, C

$$\Rightarrow P^2 + Q^2 = S^2.\left(\cos^2\varphi + \sin^2\varphi\right)^2 = S^2$$

$$\boxed{S = \sqrt{P^2 + Q^2}} \qquad \boxed{tg\varphi = \frac{Q}{P}} \qquad (4.39)$$

Do đó, có thể đặc trưng sự liên hệ giữa P,Q, S bằng một tam giác vuông gọi là tam giác công suất, trong đó S là cạnh huyền, P và Q là hai cạnh góc vuông

Đơn vị: P : W, kW, MW
Q : Var, kVAr, MVAr
S : VA, kVA, MVA

Các trường hợp riêng:

Trong thực tế, mạch điện có thể không tồn tại đủ ba thông số R-L-C. Do đó, nếu vắng thành phần nào thì trong các biểu thức của điện áp, công suất và trở kháng bỏ qua các thành phần đó.

Mạch có R-L; C = 0 $\rightarrow X_C = 0 \rightarrow \varphi > 0 \rightarrow$ mạch có tính cảm

Mạch có R-C; L = 0 $\rightarrow X_L = 0 \rightarrow \varphi < 0 \rightarrow$ mạch có tính dung

Mạch có C-L; R = 0 $\rightarrow X = X_L - X_C$

- Nếu $X_L > X_C \rightarrow \varphi > 0 \rightarrow$ mạch có tính cảm
- Nếu $X_L < X_C \rightarrow \varphi < 0 \rightarrow$ mạch có tính dung
- Nếu $X = 0$ thì mạch thuần trở

Ví dụ 4.9: Một cuộn dây có điện trở R = 10Ω, điện cảm $L = 0{,}318.10^{-1}H = {}^{1}\!/_{\pi}.10^{-1}H$, mắc nối tiếp với $C = {}^{1}\!/_{\pi}.10^{-3}F$, có U = 200V, f = 50Hz

a) tính điện áp U_L, U_C
b) vẽ đồ thị vectơ, tính chất mạch
c) tính các thành phần của công suất

Giải:

a) $X_L = L.\omega = L.2\pi f = \frac{1}{\pi}.10^{-1}.2.\pi.50 = 10\ (\Omega)$

Tổng trở trong cuộn dây:

$$Z_L = \sqrt{R^2 + (X_L)^2} = \sqrt{(10)^2 + (10)^2} = 10\sqrt{2}\ (\Omega)$$

$$X_C = \frac{1}{C.\omega} = \frac{1}{C.2\pi f} = \frac{1}{2.\pi.50.\frac{1}{\pi}.10^{-3}} = 10\ (\Omega)$$

Tổng trở của toàn mạch:

$$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2} = \sqrt{(10)^2 + (10-10)^2} = 10\ (\Omega)$$

Cường độ dòng điện trong mạch: $I = \frac{U}{Z} = \frac{200}{10} = 20\ (A)$

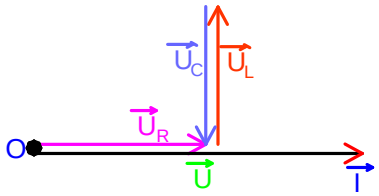
Các thành phần của tam giác điện áp:

$$U_L = I.Z_L = 20.10\sqrt{2} = 200\sqrt{2}\ (V)$$

$$U_C = I.X_C = 20.10 = 200\ (V)$$

b) Góc lệch pha giữa điện áp và dòng điện: $tg\varphi = \frac{X_L - X_C}{R} = \frac{10-10}{10} = 0$

$\Rightarrow\ \varphi = 0 \Rightarrow$ mạch có tính thuần trở



Hình 4..22: Đồ thị véc tơ ví dụ 4.9

d) Các thành phần trong tam giác công suất:

$$P = R.I^2 = 10.20^2 = 4000\ (\text{W})$$

$$Q = (X_L - X_C).I^2 = 0$$

$$S^2 = P^2 + Q^2 = P = 4000\ (VA)$$

2.4. Cộng hưởng điện áp

Hiện tượng và tính chất:

Trong mạch điện xoay chiều R-L-C mắc nối tiếp nhau, hai thành phần điện áp U_L và U_C ngược pha nhau, trị số tức thời của chúng ngược dấu nhau ở mọi thời điểm và có tác dụng bù trừ nhau. Nếu trị số hiệu dụng của chúng bằng nhau thì chúng sẽ khử nhau và điện áp trong nguồn chỉ còn một thành phần giáng trên điện trở $U = U_R$ thì ta bảo mạch đó có hiện tượng cộng hưởng điện áp.

Khi có cộng hưởng: $U_L = -U_C$

Trị số hiệu dụng: $U_L = U_C \ \Leftrightarrow\ I.X_L = I.X_C$ $\boxed{X_L = X_C}$ (4.40)

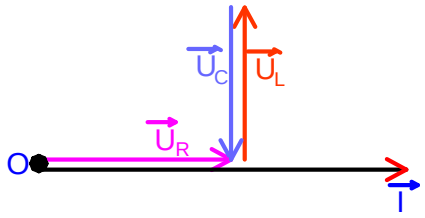
$$\omega L = \frac{1}{\omega C} \Leftrightarrow \omega^2 = \frac{1}{LC} \Rightarrow \omega = \frac{1}{\sqrt{LC}} \quad (4.41)$$

Tổng trở của toàn nhánh: $Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2} = R$ (4.42)

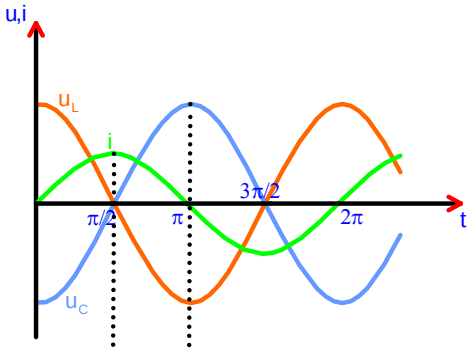
$$tg\varphi = \frac{X_L - X_C}{R} = 0 \Rightarrow \varphi = 0$$

Đồ thị vectơ:

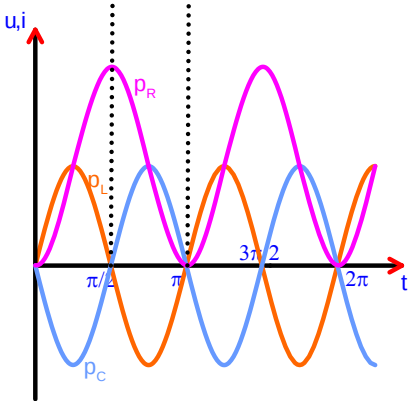
Hình 4.23: Đồ thị véc tơ cộng hưởng điện áp



Đồ thị thời gian:



Đồ thị công suất



Hình 4..24: Đồ thị thời gian

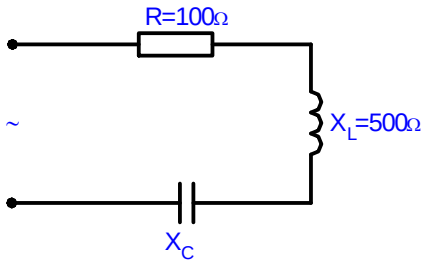
Ở mọi thời điểm, công suất P_L và P_C bằng nhau về trị số nhưng ngược nhau về dấu

Ở phần tư chu kỳ thứ nhất và thứ ba: $P_L > 0$và $P_C < 0$, cuộn dây tích luỹ năng lượng, còn tụ điện phóng điện.

Ở phần tư chu kỳ thứ hai và thứ tư: $P_L < 0$ và $P_C > 0$, tụ điện tích luỹ năng lượng, còn cuộn dây phóng điện

Như vậy, ở mạch cộng hưởng điện áp có sự trao đổi năng lượng hoàn toàn giữa từ trường và điện trường. Còn năng lượng nguồn chỉ cung cấp cho điện trở R. Công suất phản kháng trong mạch Q = 0 vì không có sự trao đổi năng lượng giữa nguồn và các trường.

Ví dụ 4.10: Cho mạch R-L-C nối tiếp nhau như hình vẽ. Điện áp nguồn U = 200V, f = 50Hz. Xác định C để mạch có cộng hưởng nối tiếp. Tính dòng điện I và điện áp trên các phần tử và U_R , U_L và U_C .



Hình 4.25: Mạch điện ví dụ 4.10

Giải:

Để có cộng hưởng nối tiếp thì:

$$X_L = X_C = 500\ (\Omega)$$

Điện dung C của mạch điện:

$$C = \frac{1}{\omega X_C} = \frac{1}{2\pi f . X_C} = \frac{1}{2\pi .50.500} = 6{,}37.10^{-6}\,F$$

Dòng điện khi cộng hưởng:

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

Điện áp trên điện trở bằng điện áp nguồn:

$$U_R = U = 200\ (V)$$

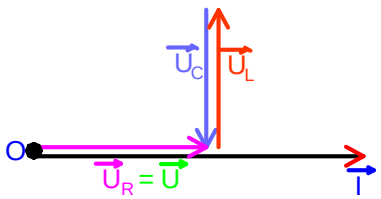
Điện áp trên điện cảm:

$$U_L = X_L . I = 500.2 = 1000\ (V)$$

Điện áp trên điện dung:

$$U_C = X_C . I = 500.2 = 1000\ (V)$$

Đồ thị vectơ của mạch khi cộng hưởng:



3. Mạch xoay chiều 3 pha

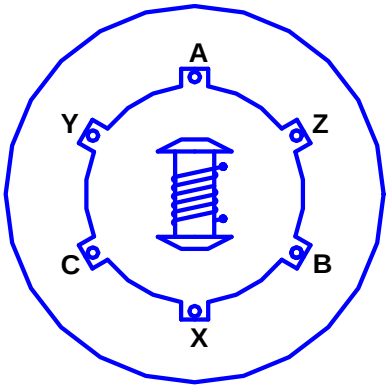
Mục tiêu:

- Biết và giải thích được khái niệm về dòng điện xoay chiều 3 pha
- Biết mối quan hệ U, I trong hai cách đấu mạch điện 3 pha.
- Biết cách giải mạch điện 3 pha
- Áp dụng giải bài tập cơ bản về mạch điện xoay chiều ba pha
- Có ý thức tự giác trong học tập

Định nghĩa:

Hệ thống mạch điện 3 pha là tập hợp ba mạch điện một pha nối với nhau tạo thành một hệ thống năng lượng điện từ chung, trong đó, sức điện động ở mỗi mạch đều có dạng hình sin, có cùng tần số nhưng lệch pha nhau 120^0

Mỗi mạch điện thành phần của hệ ba pha gọi là một pha



Hình 4.26: Máy phát điện 3 pha

Nguyên lý máy phát điện 3 pha:

Cấu tạo của máy phát điện gồm 2 phần:

- Phần tĩnh (Stator): gồm 6 rãnh, trên mỗi rãnh có đặt các dây quấn AX, BY, CZ. Các dây quấn của các pha có cùng số vòng dây và lệch pha nhau 120^0
- Phần quay (Rotor): là một nam châm điện gồm hai cực N – S

*** Nguyên lý làm việc:**

Khi rotor quay, từ thông của rotor lần lượt cắt qua các cuộn dây pha, cảm ứng vào trong dây quấn stator các sức điện động hình sin có cùng biên độ, tần số, lệch pha nhau 120^0. Do các cuộn dây có cấu tạo giống nhau nên biên độ sức điện động ở các cuộn dây bằng nhau.

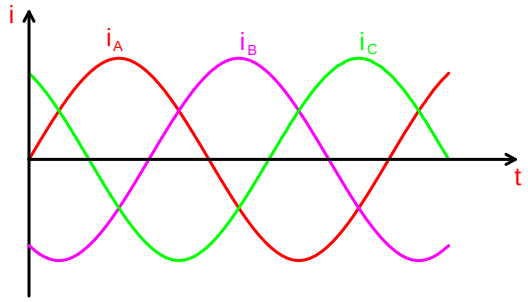
Ký hiệu các sức điện động ở các pha là: e_A, e_B, e_C và coi góc pha ban đầu $\varphi_A = 0$, ta có: $e_A = E_m \sin \omega t = E\sqrt{2} \sin \omega t \Rightarrow \dot{E}_A = E \angle 0$ (4.43)

$$e_B = E_m \sin\left(\omega t - 120^0\right) = E\sqrt{2} \sin\left(\omega t - 120^0\right)$$

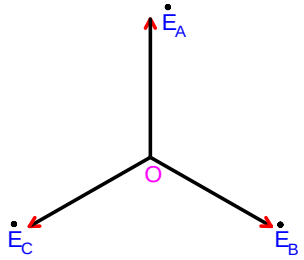
$$\Rightarrow \dot{E}_B = E\angle 120^0 \qquad (4.44)$$

$$e_C = E_m \sin\left(\omega t - 240^0\right) = E\sqrt{2}\sin\left(\omega t - 240^0\right)$$

$$\Rightarrow \dot{E}_C = E\angle 240^0 \qquad (4.45)$$



Hình 4..27: Đồ thị hình sin mạch điện 3 pha



Hình 4..28: Đồ thị vectơ mạch điện 3 pha

Ý nghĩa của hệ thống điện ba pha:

Để truyền dẫn năng lượng điện đến phụ tải, ta chỉ cần dùng ba dây hoặc bốn dây. Do đó, tiết kiệm được năng lượng và vật liệu. Ngoài ra, hệ ba pha dễ dàng tạo ra từ trường quay nên làm cho việc chế tạo động cơ điện đơn giản và kinh tế hơn.

3.1. Hệ thống 3 pha cân bằng

Nguồn đối xứng

Đường dây đối xứng

Tải đối xứng

Nếu không thoả mãn đồng thời cả 3 điều kiên trên, hê thống 3 pha sẽ trở thành bất đối xứng.

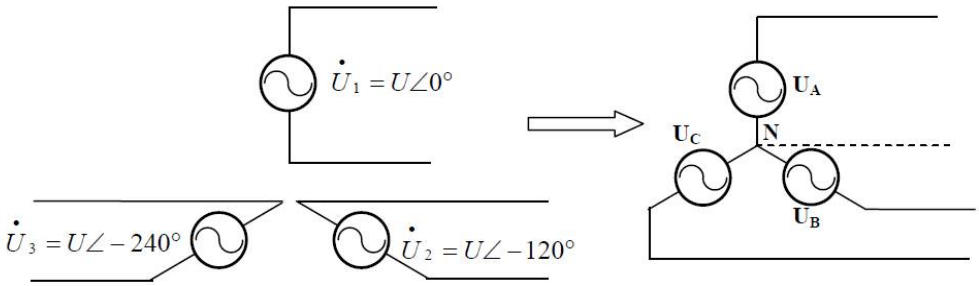
Tính chất của hệ thống vectơ - số phức mô tả hệ 3 pha đối xứng:

$$u_A(t) + u_B(t) + u_C(t) = 0$$

$$\vec{U}_A + \vec{U}_B + \vec{U}_C = \vec{0}$$

$$\dot{U}_A + \dot{U}_B + \dot{U}_C = 0 \qquad (4.46)$$

Hê thống 3 pha có thể được tạo từ 3 hê thống một pha độc lập thoả mãn cùng biên độ, cùng tần số và lần lượt lêch pha nhau 120° điên.



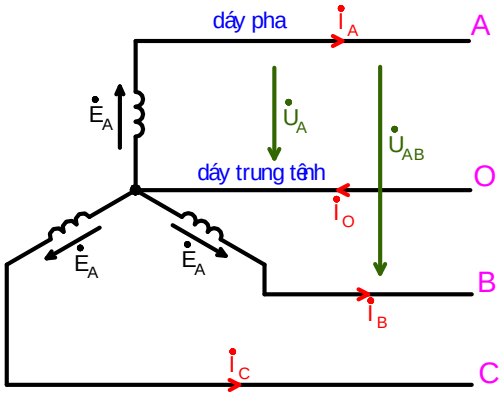
Hình 4..29: Hệ thống điện 3 pha tạo từ 3 hê thống một pha độc lập

3.2. Sơ đồ đấu dây trong mạng 3 pha

3.2.1. Nối hình sao

3.2.1.1. Nối cuộn dây máy phát điện thành hình sao

Định nghĩa:



Hình 4..30: Hệ thống điện 3 pha nối sao

Nối cuộn dây máy phát điện thành hình sao là nối ba điểm cuối X, Y, Z thành một điểm chung gọi là điểm trung tính, 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

Dòng điện chạy trong các cuộn dây pha gọi là dòng điện pha, ký hiệu I_P

Dòng điện chạy trong các dây pha gọi là dòng điện dây, ký hiệu I_d

Điện áp giữa hai đầu cuộn dây pha gọi là điện áp pha, ký hiệu U_P

Điện áp giữa hai dây pha gọi là điện áp dây, ký hiệu U_d

Quan hệ giữa các đại lượng dây và pha:

- Quan hệ dòng điện:

Trong mạch đấu sao, dòng điện dây bằng dòng điện pha tương ứng

$$I_p = I_d \quad (4.47)$$

Hay ở dạng phức: $\dot{I}_p = \dot{I}_d$

- Quan hệ điện áp:

Ta thấy: $\dot{U}_{AB} = \dot{U}_A - \dot{U}_B$

$\dot{U}_{BC} = \dot{U}_B - \dot{U}_C$

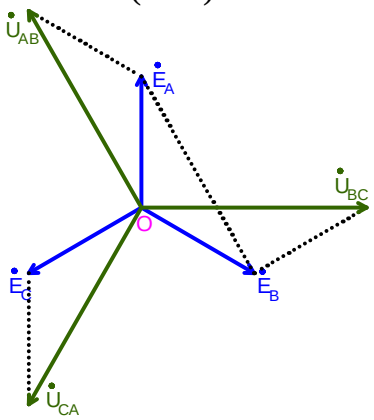
$\dot{U}_{CA} = \dot{U}_C - \dot{U}_C$ (4.48)

Đồ thị vectơ: như hình vẽ

Trong tam giác OAB ta thấy: $AB = 2.OA.\cos 30^0 = \sqrt{3}\, OA$

Độ dài: $AB = U_d$; $OA = U_p$

$$\boxed{U_d = \sqrt{3} U_p} \quad (4.49)$$



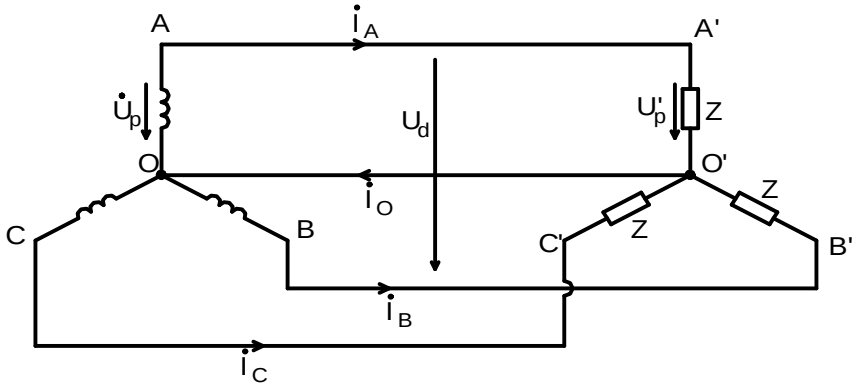
Hình 4..31: Đồ thị véc tơ hệ thống điện 3 pha nối sao

Vậy: trong hệ 3 pha đấu sao, điện áp dây có trị số gấp $\sqrt{3}$ lần điện áp pha và nhanh pha hơn điện áp pha 30^0

3.2.1.2. Nối phụ tải thành hình sao

Mạch ba pha phụ tải đấu sao:

Giả sử tải 3 pha có tổng trở Z_A, Z_B, Z_C đấu sao tạo thành 3 đầu A', B', C' và điểm trung tính O'



Hình 4..32: Hệ thống điện 3 pha tải nối sao

Nguồn cung cấp hình sao có 3 pha là A, B, C và điểm trung tính O
Điện áp pha của nguồn bằng điện áp pha của tải:

$$\dot{U}_A = \dot{U}'_A;\ \dot{U}_B = \dot{U}'_B\ ;\quad \dot{U}_C = \dot{U}'_C \quad (4.50)$$

Dòng điện chạy trong các dây pha:

$$\dot{I}_A = \frac{\dot{U}_A}{Z_A};\ \ \dot{I}_B = \frac{\dot{U}_B}{Z_B};\ \ \dot{I}_C = \frac{\dot{U}_C}{Z_C} \quad (4.51)$$

Áp dụng định luật Kirchhoff 1:

$$\dot{I}_O = \dot{I}_A + \dot{I}_B + \dot{I}_C \quad (4.52)$$

Nếu dòng điện ba pha là đối xứng thì:

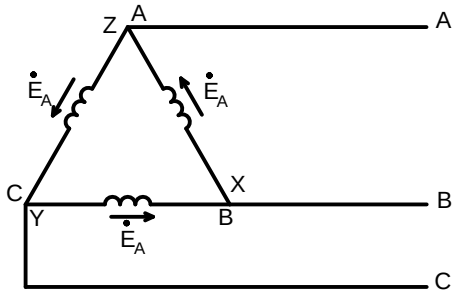
$$\dot{I}_O = \dot{I}_A + \dot{I}_B + \dot{I}_C = 0 \quad (4.53)$$

3.2.2.Nối hình tam giác

3.2.2.1.Nối cuộn dây máy phát điện thành hình tam giác

Nối cuộn dây máy phát điện thành hình tam giác là nối điểm đầu của pha này với điểm cuối của pha kia

Ví dụ 4.11: nối điểm cuối của pha A với điểm đầu của pha B
nối điểm cuối của pha B với điểm đầu của pha C
nối điểm cuối của pha C với điểm đầu của pha A



Hình 4..33: Hệ thống điện 3 pha nối tam giác

Sức điện động tổng trong mạch vòng:

$$e = e_A + e_B + e_C \quad (4.54)$$

hoặc ở dạng phức:

$$\dot{E} = \dot{E}_A + \dot{E}_B + \dot{E}_C \quad (4.55)$$

Trong mạch ba pha đối xứng thì:

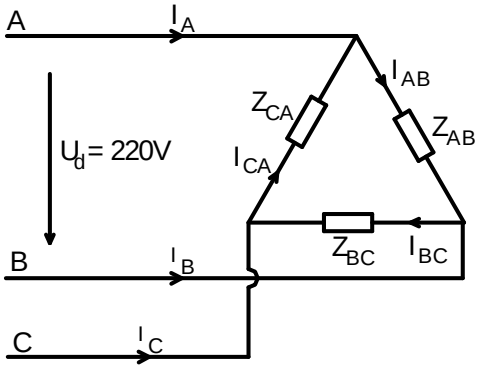
$$\dot{E} = \dot{E}_A + \dot{E}_B + \dot{E}_C = 0 \quad (4.56)$$

Khi đó, không có dòng điện chạy quẩn trong vòng nên vẫn cho phép đấu cuộn dây máy phát điện thành hình tam giác.

Tuy nhiên, nếu sức điện động ba pha không đối xứng hoặc khi đấu nhầm cực tính, sức điện động tổng trong mạch khác 0. Vì tổng trở trong ba

cuộn dây pha thường rất nhỏ nên dòng điện chạy quẩn trong mạch vòng rất lớn (dù không có phụ tải) gây nguy hiểm cho các cuộn dây.

3.2.2.2. Nối phụ tải thành hình tam giác



Hình 4..34: Hệ thống điện 3 pha tải nối tam giác

Khi đấu phụ tải theo hình tam giác, điện áp đặt vào mỗi pha chính là điện áp dây

Dòng điện trong mỗi pha:

$$\dot{I}_{AB} = \frac{\dot{U}_{AB}}{Z_{AB}} \quad ; \quad \dot{I}_{BC} = \frac{\dot{U}_{BC}}{Z_{BC}} \quad ; \quad \dot{I}_{CA} = \frac{\dot{U}_{CA}}{Z_{CA}} \qquad (4.57)$$

Áp dụng định luật Kirchhoff 1 tại các nút A, B, C:

$$\dot{I}_A = \dot{I}_{AB} - \dot{I}_{CA} \quad ; \quad \dot{I}_B = \dot{I}_{BC} - \dot{I}_{AB} \quad ; \quad \dot{I}_C = \dot{I}_{CA} - \dot{I}_{BC} \qquad (4.58)$$

Từ đồ thị, ta có:

$$I_d = I_A = 2.I_{AB}.\cos 30^0 = \sqrt{3}\, I_p \qquad (4.59)$$

$$I_d = \sqrt{3}\, I_p \qquad (4.60)$$

Nghĩa là: trong mạch đấu tam giác đối xứng, dòng điện dây gấp $\sqrt{3}$ lần dòng điện pha và dòng điện dây chậm sau dòng điện pha tương ứng một góc 30^0

3.3. Công suất mạng 3 pha

Công suất của mạch:

- Công suất tác dụng ở các pha:

$$P_A = U_A.I_A.\cos\varphi_A \quad ; \quad P_B = U_B.I_B.\cos\varphi_B \quad ; \quad P_C = U_C.I_C.\cos\varphi_C \qquad (4.61)$$

Công suất phản kháng ở các pha:

$$Q_A = U_A.I_A.\sin\varphi_A \quad ; \quad Q_B = U_B.I_B.\sin\varphi_B \quad ; \quad Q_C = U_C.I_C.\sin\varphi_C \qquad (4.62)$$

Công suất toàn phần ở các pha:

$$S_A = U_A.I_A \quad ; \quad S_B = U_B.I_B \quad ; \quad S_C = U_C.I_C \qquad (4.63)$$

$$\dot{S}_A = P_A + jQ_A \quad ; \quad \dot{S}_B = P_B + jQ_B \quad ; \quad \dot{S}_C = P_C + jQ_C \qquad (4.64)$$

Công suất chung cho cả ba pha:

$$P = P_A + P_B + P_C$$
$$Q = Q_A + Q_B + Q_C$$
$$S = S_A + S_B + S_C \quad (4.65)$$

Ví dụ 4.12: Phụ tải ba pha gồm ba cuộn dây giống nhau có $R = 8\Omega$, $X = 6\Omega$, nối hình tam giác, đặt vào điện áp ba pha đối xứng có $U_d = 220V$. Tính dòng điện các pha, dòng điện dây, hệ số công suất và công suất tác dụng ba pha.

Giải:

Tổng trở mỗi pha:

$$Z = \sqrt{R^2 + X^2} = \sqrt{8^2 + 6^2} = 10(\Omega)$$

Phụ tải đấu tam giác:

$$U_d = U_p = 220\ (V)$$

Dòng điện pha:

$$I_p = \frac{U_p}{Z_p} = \frac{220}{10} = 22\ \ (A)$$

Dòng điện dây:

$$I_d = \sqrt{3}\, I_p = \sqrt{3}.22 = 38\ (A)$$

Hệ số công suất:

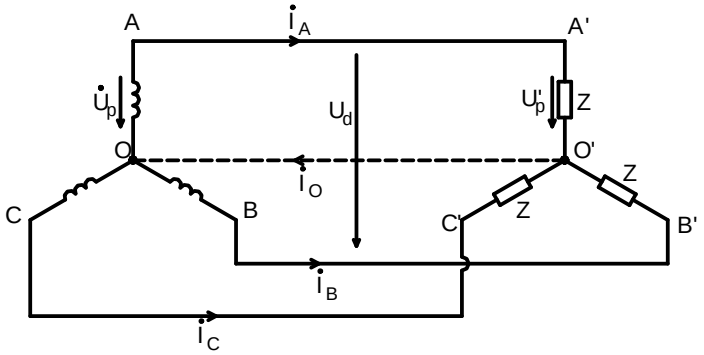
$$\cos\varphi = \frac{R}{Z} = \frac{8}{10} = 0{,}8$$

Công suất tác dụng ba pha:

$$P = \sqrt{3}.U_d.I_d.\cos\varphi = \sqrt{3}.220.38.0{,}8 = 11640\ (\mathrm{W})$$

3.4. Phương pháp giải mạch 3 pha cân bằng

3.4.1. Giải mạch ba pha cân bằng trở kháng dây trung tính không đảng kể



Hình 4.35: Hệ thống điện 3 pha nối sao có trung tính

Phụ tải đối xứng:

$$Z_A = Z_B = Z_C = Z = R + jX \quad (4.66)$$

Khi đó, dòng điện ba pha đối xứng:

$$\dot{I}_A = I_A \;;\; \dot{I}_B = I_B.e^{-j120^0} \;;\; \dot{I}_C = I_C.e^{j120^0} \quad (4.67)$$

Dòng điện trong dây trung tính:

$$\dot{I}_O = \dot{I}_A + \dot{I}_B + \dot{I}_C = 0 \quad (4.68)$$

Do đó, khi tải ba pha đối xứng thì không cần đến dây trung tính

Quan hệ về điện áp:

$$U_d = \sqrt{3}U_p \quad (4.69)$$

Quan hệ về dòng điện:

$$I_d = I_p \quad (4.70)$$

Góc lệch pha giữa áp pha và dòng điện pha tương ứng:

$$\varphi = arctg\frac{X}{R} \quad (4.71)$$

Ví dụ 4.13: Tải ba pha đối xứng, trở kháng mỗi pha $R = 8\Omega;\ X = 6\Omega$, đấu hình sao, mắc vào nguồn điện áp ba pha đối xứng có $U_d = 220V$. Xác định dòng điện pha, hệ số công suất và công suất tác dụng ba pha.

Giải:

Tổng trở pha:

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

Điện áp pha đặt vào tải:

$$U_p = \frac{U_d}{\sqrt{3}} = \frac{220}{\sqrt{3}} = 127\ V$$

Dòng điện pha:

$$I_p = I_d = \frac{I_p}{Z} = \frac{127}{10} = 12{,}7\ A$$

Hệ số công suất:

$$\cos\varphi = \frac{R}{Z} = \frac{8}{10} = 0{,}8$$

Công suất tác dụng ba pha:

$$P = \sqrt{3}.U_d.I_d.\cos\varphi = \sqrt{3}.220.12{,}7.0{,}8 = 3880\ \text{W}$$

Ví dụ 4.14: Phụ tải ba pha gồm ba cuộn dây giống nhau có $R = 8\Omega$, $X = 6\Omega$, nối hình tam giác, đặt vào điện áp ba pha đối xứng có $U_d = 220V$. Tính dòng điện các pha, dòng điện dây, hệ số công suất và công suất tác dụng ba pha.

Giải:

Tổng trở mỗi pha:

$$Z = \sqrt{R^2 + X^2} = \sqrt{8^2 + 6^2} = 10(\Omega)$$

Phụ tải đấu tam giác:

$$U_d = U_p = 220\ (V)$$

Dòng điện pha:

$$I_p = \frac{U_p}{Z_p} = \frac{220}{10} = 22\ (A)$$

Dòng điện dây:

$$I_d = \sqrt{3}\, I_p = \sqrt{3}.22 = 38\ (A)$$

Hệ số công suất:

$$\cos\varphi = \frac{R}{Z} = \frac{8}{10} = 0{,}8$$

Công suất tác dụng ba pha:

$$P = \sqrt{3}.U_{\mathrm{d}}.I_d.\cos\varphi = \sqrt{3}.220.38.0{,}8 = 11640\ (\mathrm{W})$$

3.4.2. Giải mạch ba pha cân bằng dây trung tính có trở kháng đáng kể:

Trong mạch ba pha có dây trung tính không đáng kể thì điện áp pha của tải bằng điện áp pha của nguồn.

Trong trường hợp trở kháng của dây trung tính đáng kể mà tải ba pha khồn đối xứng, dòng điện chạy qua dây trung tính sẽ gây nên sụt áp:

$\dot{U}_{OO'} = I_{\mathrm{O}}.Z_{OO'}$. (4.72)

Điện áp điểm trung tính được xác định theo phương pháp điện thế nút:

$$\dot{U}_{OO'} = \frac{\sum \dot{E}.Y}{\sum Y} = \frac{\dot{E}_A.Y_{\mathrm{A}} + \dot{E}_B.Y_{\mathrm{B}} + \dot{E}_C.Y_{\mathrm{C}}}{Y_{\mathrm{A}} + Y_{\mathrm{B}} + Y_{\mathrm{C}} + Y_{\mathrm{O}}} \quad (4.73)$$

Trong đó:

$$Y_A = \frac{1}{Z_A};\ Y_B = \frac{1}{Z_B};\ Y_C = \frac{1}{Z_C};\ Y_O = \frac{1}{Z_{OO'}} \quad (4.74)$$

$$\dot{E}_A = \dot{U}_A;\ \dot{E}_B = \dot{U}_B;\ \dot{E}_C = \dot{U}_C \quad (4.76)$$

Điện áp tải được xác định từ đồ thị vectơ:

$$\dot{U}'_A = \dot{U}_A - \dot{U}_{OO'};\ \dot{U}'_B = \dot{U}_B - \dot{U}_{OO'};\ \dot{U}'_C = \dot{U}_C - \dot{U}_{OO'} \quad (4.77)$$

Dòng điện các pha phụ tải:

$$\dot{I}_A = \frac{\dot{U}'_A}{Z_A};\ \dot{I}_B = \frac{\dot{U}'_B}{Z_B};\ \dot{I}_C = \frac{\dot{U}'_C}{Z_C} \quad (4.78)$$

Dòng điện trong dây trung tính:

$$\dot{I}_O = \frac{\dot{U}'_{OO'}}{Z_{OO'}} \quad (4.79)$$

Công suất của các pha:

$$P_A = U_{\mathrm{A}}.I_{\mathrm{A}}.\cos\varphi_A;\ P_B = U_{\mathrm{B}}.I_{\mathrm{B}}.\cos\varphi_B;\ P_C = U_{\mathrm{C}}.I_{\mathrm{C}}.\cos\varphi_C \quad (4.80)$$

Công suất phản kháng ở các pha:

$$Q_A = U_{\mathrm{A}}.I_{\mathrm{A}}.\sin\varphi_A;\ Q_B = U_{\mathrm{B}}.I_{\mathrm{B}}.\sin\varphi_B;\ Q_C = U_{\mathrm{C}}.I_{\mathrm{C}}.\sin\varphi_C \quad (4.81)$$

Công suất toàn phần ở các pha:

$S_A = U_A.I_A \quad ; \quad S_B = U_B.I_B \quad ; \quad S_C = U_C.I_C \quad (4.82)$

$\dot{S}_A = P_A + jQ_A \quad ; \quad \dot{S}_B = P_B + jQ_B \quad ; \quad \dot{S}_C = P_C + jQ_C \quad (4.83)$

Công suất chung cho cả ba pha:

$P = P_A + P_B + P_C$

$Q = Q_A + Q_B + Q_C$

$S = U_A I_A + U_B I_B + U_C I_C = \sqrt{P^2 + Q^2} \quad (4.84)$

Ví dụ 4.15: Nguồn điện ba pha đấu sao, có sức điện động pha đối xứng, $E_A = E_B = E_C = 120V$, cung cấp cho tải ba pha đấu sao, có trở kháng lần lượt là: $Z_A = R_A = 1\Omega$; $Z_B = R_B = 0{,}4\Omega$; $Z_C = R_C = 2{,}5\Omega$. Tổng trở dây trung tính $Z_{OO'} = 0{,}3 + j0{,}4$. Xác định điện áp và dòng điện pha của tải.

Giải:

Sức điện động của nguồn dưới dạng phức:

$\dot{E}_A = 120\angle 0$

$\dot{E}_B = 120.e^{-j120^0} = -60 - j104 \ (V)$

$\dot{E}_C = 120.e^{j120^0} = -60 + j104 \ (V)$

Tổng dẫn các pha của tải:

$$Y_A = \frac{1}{Z_A} = \frac{1}{1} = 1 \ (S)$$

$$Y_B = \frac{1}{Z_B} = \frac{1}{0{,}4} = 2{,}5 \ (S)$$

$$Y_C = \frac{1}{Z_C} = \frac{1}{2{,}5} = 0{,}4 (S)$$

Tổng dẫn dây trung tính:

$$Y_O = \frac{1}{Z_{OO'}} = \frac{1}{0{,}3 + j0{,}4} = 1{,}2 - j1{,}6 \ (S)$$

Điện áp điểm trung tính:

$$\dot{U}_{OO'} = \frac{\dot{E}_A.Y_A + \dot{E}_B.Y_B + \dot{E}_C.Y_C}{Y_A + Y_B + Y_C + Y_O}$$

$$= \frac{120.1 + (-60 - j104).2{,}5 + (-60 + j104).0{,}4}{1 + 2{,}5 + 0{,}4 + 1{,}2 - j1{,}6} = 2{,}6 - j42$$

Điện áp các pha của tải:

$\dot{U}'_A = \dot{E}_A - \dot{U}_{OO'} = 120 - 2{,}6 + j42 = 117{,}4 + j42$

$\Rightarrow U'_A = \sqrt{117{,}4^2 + 42^2} = 122 \ (V)$

$\dot{U}'_B = \dot{E}_B - \dot{U}_{OO'} = -60 - j104 - 2{,}6 + j42 = -62{,}6 - j62$

$\Rightarrow U'_A = \sqrt{62{,}6^2 + 62^2} = 84{,}4 \ (V)$

$$\dot{U}_C^{'} = \dot{E}_C - \dot{U}_{OO'} = -60 + j104 - 2{,}6 + j42 = -62{,}6 + j146{,}2$$

$$\Rightarrow U_A^{'} = \sqrt{62{,}6^2 + 146{,}2^2} = 159\ (V)$$

Dòng điện các pha: $\dot{I}_A = \dot{U}_A^{'}.Y_A = (117{,}4 + j42).1 = 117{,}4 + j42$

$$\Rightarrow I_A = \sqrt{117{,}4^2 + 42^2} = 122\ (A)$$

$$\dot{I}_B = \dot{U}_B^{'}.Y_B = (-62{,}6 - j62).2{,}5 = -158 - j155$$

$$\Rightarrow I_B = \sqrt{158^2 + 155^2} = 221\ (A)$$

$$\dot{I}_C = \dot{U}_C^{'}.Y_C = (-62{,}6 + j146{,}2).0{,}4 = -25 + j58$$

$$\Rightarrow I_B = \sqrt{25^2 + 58^2} = 62\ (A)$$

$$\dot{I}_O = \dot{U}_{OO'}^{'}.Y_{OO'} = (2{,}6 - j42).(1{,}2 - j1{,}6) = 64 - j55$$

$$\Rightarrow I_O = \sqrt{64^2 + 55^2} = 84{,}5\ (A)$$

4. Giải mạch xoay chiều phân nhánh

Mục tiêu:

- Biết cách giải mạch điện xoay chiều một pha phân nhánh

- Áp dụng giải bài tập cơ bản về mạch điện xoay chiều một pha phân nhánh

- Có ý thức tự giác trong học tập

4.1.Giải mạch bằng phương pháp véc tơ

Mạch điện có hai nhánh song song:

Xét mạch điện có hai nhánh song song, mỗi nhánh gồm điện trở R_1, X_1; R_2, X_2 đặt vào điện áp xoay chiều $u = U_m \sin \omega t$

Tổng trở và góc lệch pha mỗi nhánh:

$$Z_1 = \sqrt{R_1^{\ 2} + X_1^{\ 2}} \quad ; \quad tg\varphi_1 = \frac{X_1}{R_1} \qquad (4.100)$$

$$Z_2 = \sqrt{R_2^{\ 2} + X_2^{\ 2}} \quad ; \quad tg\varphi_2 = \frac{X_2}{R_2} \qquad (4.101)$$

Dòng điện trong các nhánh:

$$I_1 = \frac{U}{Z_1} = U.y_1 \quad ; \quad I_2 = \frac{U}{Z_2} = U.y_2 \quad (4.102)$$

với y_1 ; y_2 là tổng dẫn nhánh.

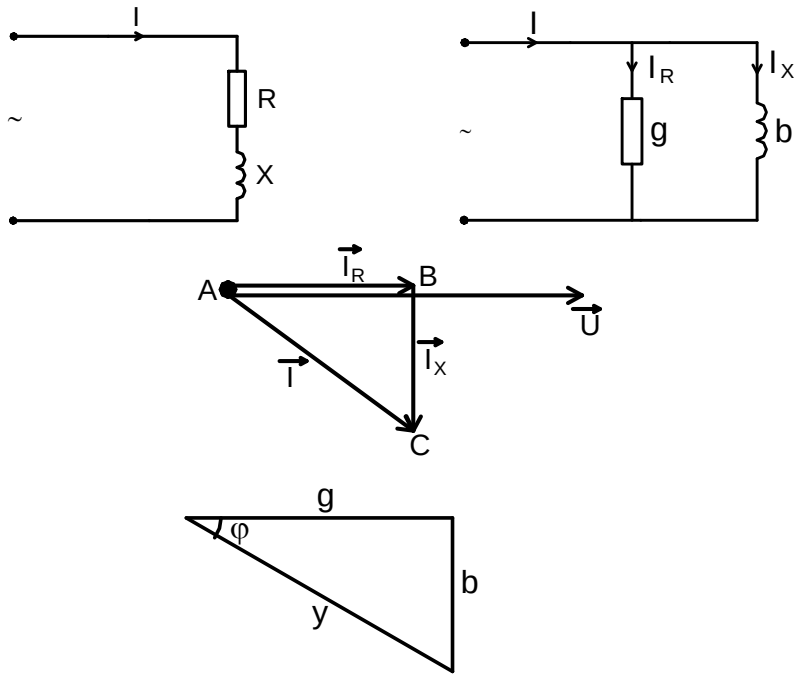
Tổng dẫn nhánh bằng nghịch đảo của tổng trở nhánh

Phương pháp véc tơ Hình 4.36:

a) Tam giác dòng điện nhánh:

Xét nhánh gồm điện trở R và nối tiếp với điện kháng X, đặt vào điện áp xoay chiều u

Thành phần tác dụng của dòng điện I_R đồng pha với điện áp



Hình 4.36

- Thành phần tác dụng của I_R đồng pha với điện áp

$$I_R = I.\cos\varphi = U.\frac{R}{Z^2} = U.g \quad (4.103)$$

Trong đó: g là điện dẫn tác dụng của nhánh

$$g = \frac{R}{Z^2} = \frac{R}{R^2 + X^2} \quad (4.104)$$

- Thành phần phản kháng I_X lệch pha điện áp góc 90^0

$$I_X = I.\sin\varphi = U.\frac{X}{Z^2} = U.b \quad (4.105)$$

Trong đó: b là điện dẫn phản kháng của nhánh

$$b = \frac{X}{Z^2} = \frac{X}{R^2 + X^2} \quad (4.106)$$

* Tam giác ABC gọi là tam giác dòng điện nhánh

$$I = \sqrt{I_R{}^2 + I_X{}^2} \;;\; tg\varphi = \frac{I_X}{I_R} \quad (4.107)$$

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

* Tam giác điện dẫn:

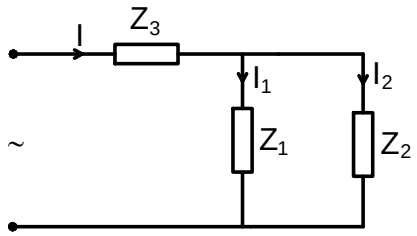
$$y = \sqrt{g^2 + b^2} \;;\; tg\varphi = \frac{b}{g} \quad (4.108)$$

$$g = y.\cos\varphi \;;\; b = y.\sin\varphi$$

Công suất nhánh:

$$P = U.I.\cos\varphi = U.I_R = U^2.g$$
$$Q = U.I.\sin\varphi = U.I_X = U^2.b$$
$$S = U.I = U^2.y \qquad (4.109)$$

Mạch có trở kháng đấu hỗn hợp hình 4.37.



Hình 4.37

Xét mạch điện gồm hai trở kháng Z_1 và Z_2 đấu song song, nối tiếp với trở kháng Z_3 và đặt vào điện áp xoay chiều

Các thành phần điện dẫn tác dụng và phản kháng:

$$g_1 = \frac{R_1}{Z_1^2} \; ; \; g_2 = \frac{R_2}{Z_2^2} \quad (4.110)$$

$$b_1 = \frac{X_1}{Z_1^2} \; ; \; b_2 = \frac{X_2}{Z_2^2} \quad (4.111)$$

Điện dẫn tương đương:

$$g_{12} = g_1 + g_2 \; ; \; b_{12} = b_1 + b_2 \; ; \; y_{12} = \sqrt{g^2 + b^2} \quad (4.112)$$

Tổng trở, điện trở, điện kháng nhánh tương đương:

$$Z_{12} = \frac{1}{y_{12}} \; ; \; R_{12} = g_{12}.Z_{12}^{\,2} = \frac{g_{12}}{y_{12}^{\,2}} \; ; \; X_{12} = b_{12}.Z_{12}^{\,2} = \frac{b_{12}}{y_{12}^{\,2}} \quad (4.113)$$

Trở kháng Z_3 và Z_{12} nối tiếp nhau nên:

$$R = R_3 + R_{12} \; ; \; X = X_3 + X_{12} \; ; \; Z = \sqrt{R^2 + X^2} \quad (4.114)$$

Dòng điện trong mạch chính: $I = I_3 = \frac{U}{Z}$; $tg\varphi = \frac{X}{\mathrm{R}}$ (4.115)

Dòng điện trong các nhánh:

$$U_{12} = I.Z_{12} = I_3.Z_{12} \; ; \; tg\varphi_{12} = \frac{X_{12}}{\mathrm{R}_{12}}$$

$$I_1 = \frac{U_{12}}{Z_1} \; ; \; tg\varphi_1 = \frac{X_1}{\mathrm{R}_1}$$

$$I_2 = \frac{U_{12}}{Z_2} \; ; \; tg\varphi_2 = \frac{X_2}{\mathrm{R}_2} \qquad (4.116)$$

4.2. Giải mạch bằng phương pháp Số phức

4.2.1. Khái niệm chung về số phức

Một số phức được ký hiệu như sau:

$Z = a + jb$ (4.82)

trong đó: a gọi là phần thực của Z, b là phần ảo của Z, a và b là các số thực

j gọi là đơn vị ảo, $j^2 = 1$ (4.83)

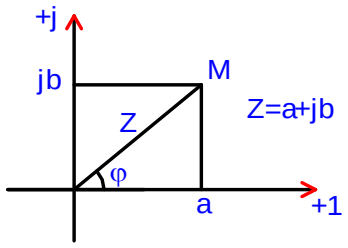
jb gọi là số ảo

Ví dụ: $Z = 3 + j4$; $Z = -2 + j3$

4.2.2. Cách biểu diễn số phức:

Trong mặt phẳng, lấy hệ toạ độ vuông góc, trục hoành biểu diễn các số thực gọi là trục thực, ký hiệu +1, trục tung biểu diễn các số ảo gọi là trục ảo, ký hiệu $+j$

Hình 4.38: Đồ thị số phức



Chiều dài vectơ $OM = Z$ gọi là modul của số phức (trị hiệu dụng)

Góc φ được tính từ trục thực đến vectơ OM theo chiều dương (ngược chiều kim đồng hồ) gọi là acgumen của số phức (pha ban đầu)

Có hai cách để biểu diễn số phức:

a) Dạng đại số: $\dot{C} = a + jb$ (4.84)

b) Dạng mũ: $\dot{C} = C.e^{j\varphi} = C\angle\varphi$ (4.85)

Trong đó: C là modul (trị hiệu dụng)

φ là acgumen (góc pha ban đầu)

c) Đổi từ dạng mũ sang dạng đại số:

$$\dot{C} = C.e^{j\varphi} = C\angle\varphi = a + jb \quad (4.86)$$

Trong đó: $a = C\cos\varphi$ (4.8)

$b = C\sin\varphi$

d) Đổi từ dạng đại số sang dạng mũ:

$$a + jb = C.e^{j\varphi} \quad (4.88)$$

Trong đó: $C = \sqrt{a^2 + b^2}$ (4.89)

$$\varphi = arctg\frac{b}{a}$$

4.2.3. Một số phép tính đối với số phức:

a) Cộng các số phức:

Quy tắc: Muốn cộng các số phức, ta cộng các phần thực với nhau, các phần ảo với nhau.

Cho $\dot{C}_1 = a_1 + jb_1$; $\dot{C}_2 = a_2 + jb_2$

Thì: $\dot{C} = \dot{C}_1 + \dot{C}_2 = (a_1 + a_2) + j(b_1 + b_2)$ (4.90)

b) Trừ các số phức:

Quy tắc: Muốn trừ các số phức, ta trừ các phần thực với nhau, các phần ảo với nhau.

Cho $\dot{C}_1 = a_1 + jb_1$; $\dot{C}_2 = a_2 + jb_2$

Thì: $\dot{C} = \dot{C}_1 - \dot{C}_2 = (a_1 - a_2) + j(b_1 - b_2)$ (4.91)

c) Nhân các số phức:

- Dạng đại số:

Cho $\dot{C}_1 = a_1 + jb_1$; $\dot{C}_2 = a_2 + jb_2$

$$\dot{C} = \dot{C}_1.\dot{C}_2 = (a_1 + jb_1).(a_2 + jb_2) = (a_1a_2 - b_1b_2) + j(a_1b_2 + b_1a_2) \quad (4.92)$$

Ví dụ 4.18: $\dot{Z} = (2 + j4).(8 + j6) = 16 - 24 + j12 + j32 = -8 + j44$

- Dạng mũ: Cho $\dot{C}_1 = C_1.e^{j\varphi}$; $\dot{C}_2 = C_2.e^{j\varphi}$

$$\dot{C} = \dot{C}_1.\dot{C}_2 = C_1.e^{j\varphi_1}.C_2.e^{j\varphi_2} = C_1.C_2.e^{j(\varphi_1+\varphi_2)} \quad (4.93)$$

Quy tắc: Muốn nhân các số phức, ta nhân các modul với nhau và cộng các acgumen với nhau.

Ví dụ 4.19: $\dot{C} = 2.e^{j30^0}.3.e^{-j45^0} = 6.e^{j(30^0-45^0)} = 6.e^{-j15^0}$

d) Chia các số phức:

- Dạng đại số:

Cho $\dot{C}_1 = a_1 + jb_1$; $\dot{C}_2 = a_2 + jb_2$

$$\dot{C} = \frac{\dot{C}_1}{\dot{C}_2} = \frac{a_1 + jb_1}{a_2 + jb_2} = \frac{(a_1 + jb_1).(a_2 - jb_2)}{(a_2 + jb_2).(a_2 - jb_2)} = \frac{a_1a_2 + b_1b_2}{a_2^2 + b_2^2} + j\frac{a_2b_1 - a_1b_2}{a_2^2 + a_2^2} \quad (4.94)$$

Ví dụ 4.40: $\dot{C} = \frac{2 + j4}{0{,}8 + j0{,}4} = \frac{(2 + j4).(0{,}8 - j0{,}4)}{(0{,}8 + j0{,}4).(0{,}8 - j0{,}4)} = 4 + j3$

- Dạng mũ:

Cho $\dot{C}_1 = C_1.e^{j\varphi}$; $\dot{C}_2 = C_2.e^{j\varphi}$

$$\dot{C} = \frac{\dot{C}_1}{\dot{C}_2} = \frac{C_1.e^{j\varphi_1}}{C_2.e^{j\varphi_2}} = \frac{C_1}{C_2}.e^{j(\varphi_1-\varphi_2)} \quad (4.95)$$

Ví dụ 4.41: $\dot{C} = \dfrac{\dot{C}_1}{\dot{C}_2} = \dfrac{50.e^{j30^0}}{2{,}5.e^{j50^0}} = 20.e^{-j20^0}$

4.2.4. Biểu diễn các đại lượng hình sin bằng số phức:

Trong mạch điện hình sin, tần số hoặc tần số góc là chung cho các đại lượng hình sin nên mỗi đại lượng hình sin được đặc trưng bởi hai thông số: biên độ và góc pha ban đầu. Do đó, có thể dùng số phức để biểu diễn đại lượng hình sin:

$$i = I\sqrt{2}\sin(\omega t + \varphi_i) \quad \leftrightarrow \quad \dot{I} = I\angle\varphi_i = I.e^{j\varphi_i}$$

$$u = U\sqrt{2}\sin(\omega t + \varphi_u) \quad \leftrightarrow \quad \dot{U} = U\angle\varphi_u = I.e^{j\varphi_u}$$

Ví dụ 4.42: $i = 15\sin\left(\omega t + \dfrac{\pi}{6}\right) \quad \leftrightarrow \quad \dot{I} = \dfrac{15}{\sqrt{2}}\angle\dfrac{\pi}{6} = I.e^{j\frac{\pi}{6}}$

$$u = 320\sqrt{2}\sin(\omega t - 30^0) \quad \leftrightarrow \quad \dot{U} = 320\angle -30^0 = I.e^{-j30^0}$$

4.2.5. Định luật Ohm dưới dạng phức:

Cho mạch điện có trở kháng R, X đặt vào điện áp $u = U\sqrt{2}\sin(\omega t + \varphi_u)$ thì dòng điện trong mạch $i = I\sqrt{2}\sin(\omega t + \varphi_i)$

Chuyển về dạng phức:

$$i = I\sqrt{2}\sin(\omega t + \varphi_i) \quad \leftrightarrow \quad \dot{I} = I\angle\varphi_i = I.e^{j\varphi_i}$$

$$u = U\sqrt{2}\sin(\omega t + \varphi_u) \quad \leftrightarrow \quad \dot{U} = U\angle\varphi_u = U.e^{j\varphi_u}$$

Suy ra: $\dfrac{\dot{U}}{\dot{I}} = \dfrac{U.e^{j\varphi_u}}{I.e^{j\varphi_i}} = \dfrac{U}{I}e^{j(\varphi_u - \varphi_i)} = Z$

Định luật Ohm dưới dạng phức: $\dot{I} = \dfrac{\dot{U}}{Z}$ (4.96)

Ví dụ 4.43: Một nhánh R = 3Ω, X = X_L= 3Ω, đặt vào điện áp $u = 20\sqrt{2}\sin(314t + 80^0)$. Tìm dòng điện trong nhánh.

Giải:

$$u = 20\sqrt{2}\sin(314t + 80^0) \quad \leftrightarrow \quad \dot{U} = 20\angle 80^0 = 20.e^{j80^0}$$

Phức tổng trở:

$$Z = R + jX = 3 + j4$$

$$Z = \sqrt{a^2 + b^2} = \sqrt{3^2 + 4^2} = 5$$

$$tg\varphi = \frac{b}{a} = \frac{4}{3} \rightarrow \varphi = arctg\frac{4}{3} = 53{,}13^0$$

$$Z = 5.e^{j53{,}13^0}$$

Phức dòng điện được tính: $\dot{I} = \frac{\dot{U}}{Z} = \frac{20.e^{j80^0}}{5.e^{j53{,}13^0}} = 4.e^{j26{,}87^0}$

Dòng điện trong nhánh: $i = 4\sqrt{2}\sin\left(314t + 26{,}87^0\right)$

4.2.6. Định luật Kirchhoff dưới dạng phức:

Các định luật Kirchoff có thể viết dưới dạng phức.

Muốn vậy, từ sơ đồ thực của mạch điện, ta chuyển về sơ đồ phức với các thông số và đại lượng ở dạng phức. Với cách chuyển đó, định luật Kirchoff được phát biểu sau:

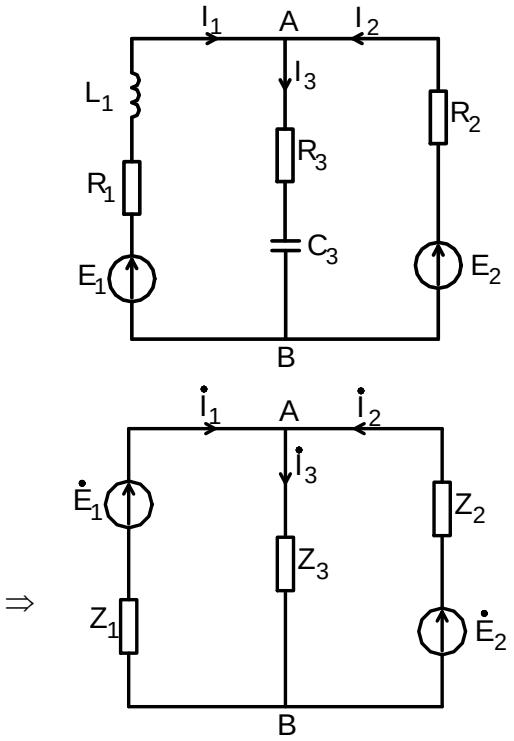
Định luật Kirchoff I: Tổng đại số các phức dòng điện tại một nút bằng 0

$$\sum_{nut} \dot{I} = 0 \quad (4.97)$$

Định luật Kirchoff II: Đi theo một vòng kín, tổng đại số các phức sức điện động bằng tổng đại số các phức điện áp đặt vào phức tổng trở nhánh.

$$\sum_{vong} \dot{E} = \sum_{vong} Z\dot{I} \quad (4.98)$$

Ví dụ 4.44: Xét dòng điện điện 3 nhánh như hình vẽ:



Hình 4.39:Ví dụ 4.44

Chuyển từ sơ đồ thực tế về sơ đồ phức, các phương trình

Phương trình Kirchhoff 1: $\dot{I}_1 + \dot{I}_2 - \dot{I}_3 = 0$

Phương trình Kirchhoff 2:

$$\dot{I}_1\left(R_1 + j\omega L_1\right) + \dot{I}_3\left(R_3 - j\frac{1}{\omega C_3}\right) = 0$$

$$\Rightarrow \dot{I}_1.Z_1 + \dot{I}_3.Z_3 = \dot{E}_1$$

Tương tự:

$$\Rightarrow \dot{I}_2.Z_2 + \dot{I}_3.Z_3 = \dot{E}_2$$

Trong đó:

$$Z_1 = R_1 + j\omega L_1 = R_1 + jX_1$$

$$Z_2 = R_2$$

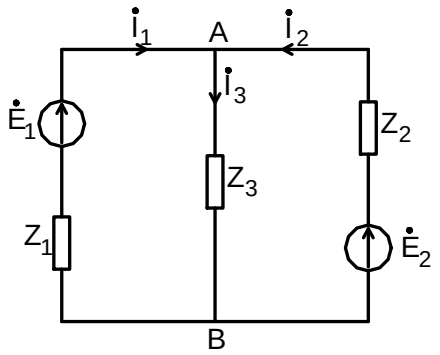
$$Z_3 = R_3 - j\frac{1}{\omega C_3}$$

4.2.7. Giải mạch điện bằng phương pháp dòng điện nhánh

Các bước tiến hành:

- Thành lập sơ đồ phức, chọn ẩn số là các phức dòng điện nhánh, chiều tuỳ ý chọn. Các nguồn sức điện động được thay bằng phức sức điện động. Còn các nhánh được biểu diễn bởi phức tổng trở nhánh.
- Thành lập hệ phương trình Kirchhoff 1 cho nút và phương trình Kirchhoff 2 cho vòng.
- Giải hệ phương trình phức để tìm dòng điện nhánh. Từ đó, tìm được góc pha, điện áp và công suất ở các nhánh.

Ví dụ 4.45: Cho mạch điện như hình vẽ. Tìm dòng điện trong các nhánh



Hình 4.40:Ví dụ 4.45

- Chọn 3 dòng điện $\dot{I}_1$, $\dot{I}_2$, $\dot{I}_3$ làm ẩn và tự ý vẽ chiều
- Áp dụng định luật Kirchhoff 1 tại nút A:

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

- Áp dụng định luật Kirchoff 2 trong vòng, ta có:

$$\dot{I}_1.Z_1 + \dot{I}_3.Z_3 = \dot{E}_1$$
$$\dot{I}_2.Z_2 + \dot{I}_3.Z_3 = \dot{E}_2$$

Khử $\dot{I}_3$, ta được hệ hai phương trình hai ẩn:

$$\dot{I}_1.(Z_1 + Z_3) - \dot{I}_3.Z_3 = \dot{E}_1$$
$$\dot{I}_1.Z_3 + \dot{I}_2.(Z_2 + Z_3) = \dot{E}_2$$

Giải hệ phương trình trên ta được $\dot{I}_1,\ \dot{I}_2,\ \dot{I}_3$

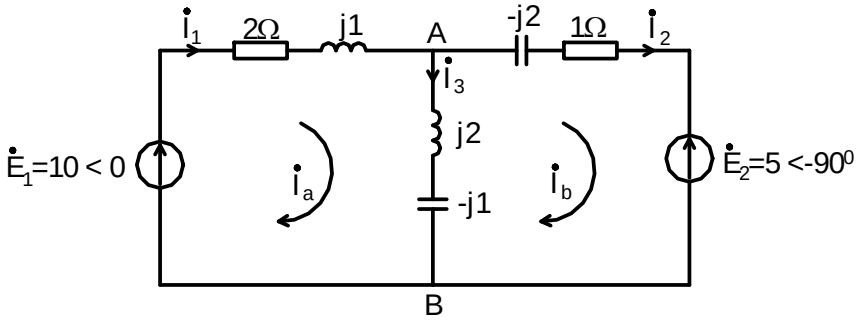
4.2.8. Giải mạch điện bằng phương pháp dòng điện vòng

Các bước tiến hành:

- thành lập sơ đồ phức, chọn ẩn số là các dòng điện vòng $\dot{I}_a$, $\dot{I}_b,\ \dot{I}_c \ldots$ thường chọn vòng là mắt lưới
- Thành lập phương trình Kirchhoff 2 trong đó có kể đến cả sụt áp do các dòng điện vòng khác cùng tham gia trong nhánh.
- Giải hệ phương trình để tìm ra dòng vòng
- Dòng nhánh bằng tổng đại số các dòng vòng qua nhánh đó

Ví dụ 4.46: Cho mạch điện như hình vẽ.

Tính $\dot{I}_1,\ \dot{I}_2,\ \dot{I}_3$ bằng phương pháp dòng vòng



Hình 4.41:Ví dụ 4.46

Giải:

Ta có:

$$Z_{11} = 2 + j1 + j2 - j1 = 2 + j2$$
$$Z_{22} = -j2 + 1 - j1 + j2 = 1 - j1$$
$$Z_{12} = Z_{21} = j2 - j1 = j1$$
$$\dot{E}_1 = 10\angle 0 = 10$$
$$\dot{E}_2 = 5\angle -90^0 = -j5$$

Hệ phương trình Kirchhoff 2 viết theo dòng điện vòng:

Vòng a: $\dot{I}_a.Z_{11} - \dot{I}_b.Z_{12} = \dot{E}_1$

Vòng b: $-\dot{I}_a.Z_{21} + \dot{I}_b.Z_{22} = -\dot{E}_2$

Giải hệ phương trình dòng điện vòng, ta được:

$$\dot{I}_a = 1 - j2$$
$$\dot{I}_b = -2 + j4$$

Tính dòng điện các nhánh như sau: dòng điện của một nhánh bằng tổng đại số các dòng điện vòng qua nhánh ấy, trong đó dòng điện vòng nào có chiều dương trùng với dòng điện nhánh sẽ lấy dấu dương, ngược lại lấy dấu âm.

Từ đó, tính được dòng điện nhánh:

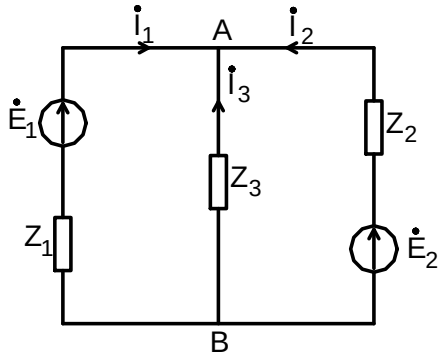
$$\dot{I}_1 = \dot{I}_a = 1 - j2$$
$$\dot{I}_2 = \dot{I}_b = -2 + j4$$
$$\dot{I}_3 = \dot{I}_a - \dot{I}_b = 1 - j2 + 2 - j4 = 3 - j6$$

4.2.9. Giải mạch điện bằng phương pháp điện thé nút

Các bước tiến hành như sau:

- Thành lập sơ đồ phức. Chọn ấn số là điện thế các nút, trong đó có một Nút chọn làm gốc có điện thế bằng 0
- Thành lập hệ (n-1) nút còn lại
- Giải hệ phương trình để tìm các ẩn còn lại. Sau đó, tìm dòng điện trong các nhánh nối giữa các nút.

Phương pháp này được dùng cho mạch có nhiều nhánh nối song song vào 2 nút



Hình 4.42

Giả thiết ta đã biết điện áp $\dot{U}_{AB}$, ta tính ngay được dòng điện trong các nhánh

$$\dot{I}_1 = \frac{\dot{E}_1 - \dot{U}_{AB}}{Z_1} = \left(\dot{E}_1 - \dot{U}_{AB}\right).Y_1$$

$$\dot{I}_2 = -\frac{\dot{U}_{AB}}{Z_2} = -\dot{U}_{AB}.Y_2$$

$$\dot{I}_3 = \frac{\dot{E}_3 - \dot{U}_{AB}}{Z_3} = \left(\dot{E}_3 - \dot{U}_{AB}\right).Y_3$$

Áp dụng định luật Kirchhoff 1 ta có: $\dot{I}_1 + \dot{I}_2 + \dot{I}_3 = 0$

Thay $\dot{I}_1,\ \dot{I}_2,\ \dot{I}_3$ vào phương trình ta có:

$$\dot{U}_{AB}.(Y_1+Y_2+Y_3)=\dot{E}_1.Y_1+\dot{E}_3.Y_3$$

$$\Rightarrow\ \dot{U}_{AB}=\frac{\dot{E}_1.Y_1+\dot{E}_3.Y_3}{Y_1+Y_2+Y_3}$$

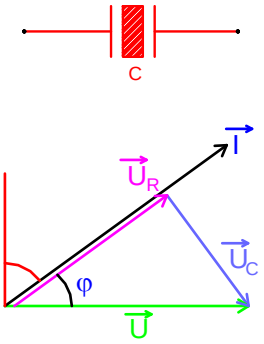
Tổng quát: $$\boxed{\dot{U}_{AB}=\frac{\sum \dot{E}_n.Y_n}{\sum Y_n}} \qquad (4.99)$$

Trong đó: Là tổng dẫn phức của nhánh n

Trong biểu thức trên, các sức điện động ngược chiều với điện áp thì lấy dấu dương, cùng chiều với điện áp lấy dấu âm

4.3. Cộng hưởng dòng điện

Sơ đồ tương đương của tụ điện có tổn hao hình 4.43:



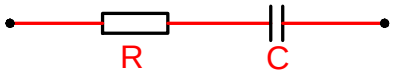
Hình 4.43

Tụ điện có điện môi lỏng hoặc rắn là tụ điện có tổn hao. Vì khi hai cực của tụ điện đặt vào điện áp xoay chiều, các phần tử điện môi bị phân cực và lưỡng cực bị đổi hướng liên tục gây ra tổn hao năng lượng

Do có tổn hao nên dòng điện qua tụ điện lệch với áp một góc nhỏ hơn 90^0. Góc phụ với góc lệch pha gọi là góc tổn hao điện môi: $\delta = 90^0 - |\varphi|$

Tổn hao điện môi đặc trưng bằng điện trở tương đương R. Có hai kiểu sơ đồ:

*** Sơ đồ tương đương nối tiếp hình 4.44:**



Hình 4.44

Công suất tổn hao trong tụ:

$$P=U.I.\cos\varphi=U.I_R=I^2.R$$

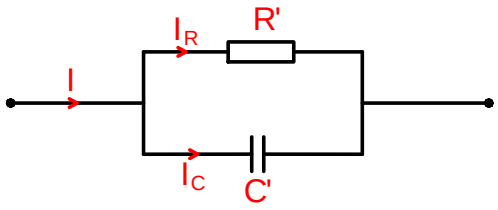
$$tg\delta=\frac{U_R}{U_C}=\frac{R}{X_C}\ \rightarrow\ \ R=X_C.tg\delta$$

$$\rightarrow P = U.I.\cos\varphi = I^2.X_C\ tg\delta = \frac{I^2}{\omega C} tg\delta \qquad (4.117)$$

Tức là: Công suất tổn hao tỷ lệ với tang của góc tổn hao điện môi

$$tg\delta = \frac{R}{X_C} = \frac{P}{U.I}$$

*** Sơ đồ tương đương song song hình 4.45:**



Hình 4.45

Công suất tổn hao trong mạch

$$P = U.I.\cos\varphi = U.I_R = \frac{U^2}{R'}$$

$$tg\delta = \frac{I_R}{I_C} = \frac{U/R'}{U/X'_C} = \frac{X'_C}{R'} \rightarrow R' = \frac{X'_C}{tg\delta} = \frac{1}{\omega C' tg\delta}$$

$$\rightarrow P = U.I.\cos\varphi = U^2\omega C' tg\delta \qquad (4.119)$$

Do góc δ rất nhỏ nên tổng dẫn chung của mạch:

$$y' = \sqrt{\left(\frac{1}{R'}\right)^2 + (\omega C')^2}\ P \approx \omega C'$$

$$\rightarrow P = U.I.\cos\varphi = U^2\omega C' tg\delta = U^2 y' tg\delta \qquad (4.120)$$

Sơ đồ tương đương của cuộn dây có tổn hao:

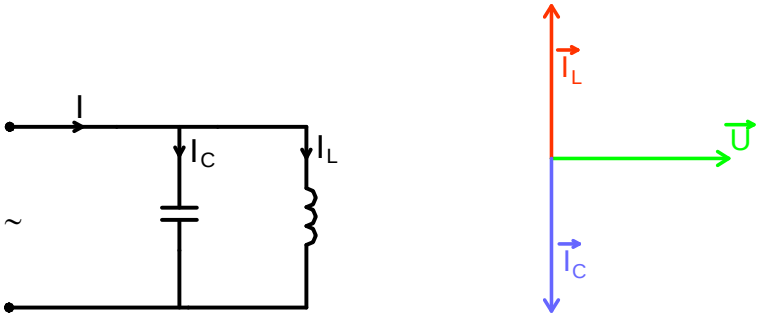
Ở tần số thấp, cuộn dây có tổn hao được thay bằng điện trở R nối tiếp với điện cảm L

Ở tần số cao, sơ đồ thay thế phải kể đến điện dung ký sinh giữa các vòng dây. Để đơn giản, thay thế cuộn dây gồm hai nhánh song song: nhánh thứ nhất là sơ đồ tương đương ở cuộn dây tần số thấp, nhánh thứ hai là điện dung tương đương của các điện dung ký sinh

4.3.1. Mạch dao động song song không có tổn hao:

Mạch điện gồm cuộn dây và tụ điện mắc song song gọi là mạch dao động song song hình 4.46.

Nếu cuộn dây và tụ điện có tổn hao rất ít thì có thể bỏ qua gọi là mạch dao động song song không tổn hao. Mạch gồm nhánh thuần điện cảm song song với nhánh thuần điện dung.



Hình 4.46

Điện dẫn tác dụng và phản kháng của mỗi nhánh:

$$g = g_1 + g_2 = 0 \; ; \; b = b_L + b_C = \frac{1}{\omega L} - \omega C \; \rightarrow \; y_{12} = \sqrt{g^2 + b^2} = b \quad (4.121)$$

Dòng điện ở nhánh 1: I_L chậm sau U góc 90^0

Dòng điện nhánh thứ 2: I_C nhanh hơn U góc 90^0

Dòng điện trong nhánh chung: $\vec{I} = \vec{I}_L + \vec{I}_L$ (4.122)

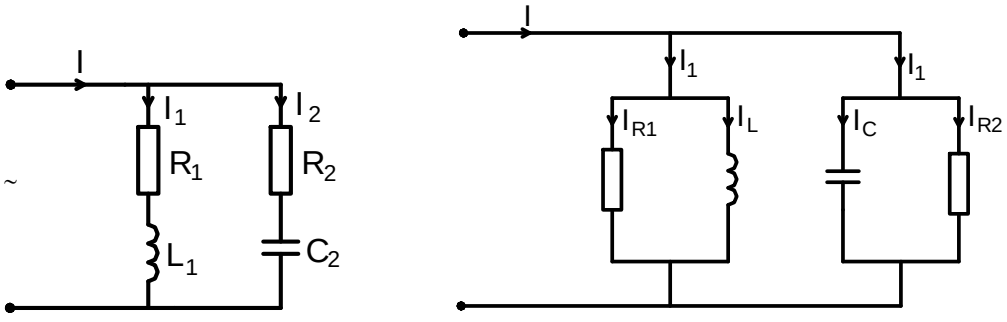
- Nếu $I = I_L - I_L = 0$ thì mạch có hiện tượng cộng hưởng dòng điện
- Nếu $I = I_L - I_L = 0$ thì dòng điện cảm và điện dung hoàn toàn bù trừ nhau
- Công suất tác dụng trong mạch bằng 0
- Khi có cộng hưởng $b_L = b_C$ nên $y = 0$, tổng trở $z \rightarrow \infty$
- Điều kiện cộng hưởng: $b_L = b_C \; \leftrightarrow \; \frac{1}{\omega C} = \omega L \; \rightarrow \; \omega = \frac{1}{\sqrt{LC}} = \omega_0$ (4.123)

Trong đó: ω_0 là tần số riêng của mạch dao động

Khi tần số của nguồn điện bằng tần số riêng thì xảy ra hiện tượng cộng hưởng dòng điện .

4.3.2. Mạch dao động song song có tổn hao:

Trong thực tế, các mạch dao động đều có tổn hao Hình 4.47



Hình 4.47

Dùng phương pháp điện dẫn thay thế mỗi nhánh bởi hai thành phần điện dẫn tác dụng và phản kháng

$$g_1 = \frac{R_1}{Z_1^{\ 2}} \ ; \ g_2 = \frac{R_2}{Z_2^{\ 2}} \qquad (4.124)$$

$$b_L = \frac{X_L}{Z_1^{\ 2}} = \frac{\omega L}{R_1^{\ 2} + (\omega L)^2} \ ; \ b_C = \frac{X_C}{Z_2^{\ 2}} = \frac{\omega C}{1 + (R_2 \omega C_2)^2}$$

Khi $b_L = b_C = 0$ ta có mạch cộng hưởng dòng điện

- $I = I_L - I_L = 0$; dòng điện trong mạch chính có tính thuần tác dụng
- khi có cộng hưởng $Q_L = Q_C \rightarrow Q = 0$, nguồn chỉ cung cấp năng lượng tiêu hao trên các điện dẫn tác dụng.
- Tổng dẫn của mạch: $y_{12} = \sqrt{g^2 + b^2} = g$ (4.125)
- Điều kiện cộng hưởng:

$$b_L = b_C \quad \leftrightarrow \quad \frac{\omega L}{R_1^{\ 2} + (\omega L)^2} = \frac{\omega C}{1 + (R_2 \omega C_2)^2}$$

$$\rightarrow \omega = \omega_0 = \sqrt{\frac{C_2 R_1^{\ 2} - L_1}{L_1 C_2 (C_2 R_2^{\ 2} - L_1)}}$$

Nếu $R_1 = R_1$ thì $\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{L_1 C_2}}$ (4.126)

4.4. Phương pháp nâng cao hệ số công suất

Trong biểu thức công suất tác dụng $P = U.I\cos\varphi$ thì cosφ được coi là hệ số công suất. Việc nâng cao hệ số công suất cosφ của các phụ tải rất quan trọng vì nó có một ý nghĩa kinh tế lớn

Nâng cao được hệ số cosφ của phụ tải, ta sẽ nâng cao được khả năng sử dụng công suất của nguồn.

Ví dụ 4.47: Để cung cấp cho phụ tải có công suất 10000kW, hệ số cosφ = 0,7 thì ta phải chọn nguồn cung cấp (các máy phát điện hoặc máy biến áp xí nghiệp) có công suất $\frac{10000}{0,7} = 14300\,kVA$. Nếu nâng cao được hệ số cosφ của phụ tải lên tới 0,9 thì ta chỉ cần chọn nguồn có công suất $\frac{10000}{0,9} = 11110\,kVA$, hoặc nếu giưa nguyên nguồn có công suất 14300 kVA thì nó sẽ cung cấp thêm được cho một số phụ tải khác

* Mặt khác, với điện áp và công suất truyền tải trên đường dây nhất định, dòng điện và tổn thất công suất trên đường dây sẽ tỷ lệ nghịch với hệ số cosφ
Thực vậy, dòng điện chạy trên đường dây:

$$P = U\,I\cos\varphi \quad \Rightarrow \quad I = \frac{P}{U\cos\varphi}$$

và tổn thất công suất trên điện trở dây dẫn r_d là:

$$\Delta P = r_d . I^2 = r_d . \frac{P^2}{U^2 \cos^2 \varphi}$$

Ta thấy rằng, nếu nâng cao được hệ số cosφ của phụ tải thì dòng điện và tổn thất công suất trên đường dây sẽ giảm, dây dẫn có thể chọn tiết diện dây nhỏ hơn

Tất cả các phụ tải trong sinh hoạt và công nghiệp đều phụ thuộc loại phụ tải có tính chất điện cảm (cuộn dây động cơ điện, máy biến áp, chấn lưu…) nên cosφ thấp. Muốn nâng cao hệ số cosφ của phụ tải, ta thường ghép song song các tụ điện với nó gọi là phương pháp bù bằng tụ điện tĩnh

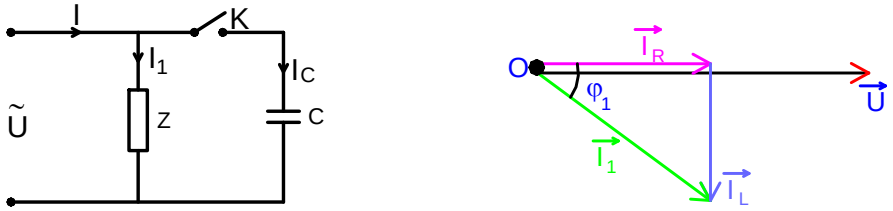
Giả sử lúc đầu phụ tải có

$$Z = \sqrt{R^2 + X_L^2}$$

+ Trước khi bù, khoá K mở (chưa có nhánh tụ điện) thì dòng điện trên đường dây I bằng dòng điện qua tải hình 4.48

$$I = I_1$$

Hệ số công suất là $\cos\varphi_1$

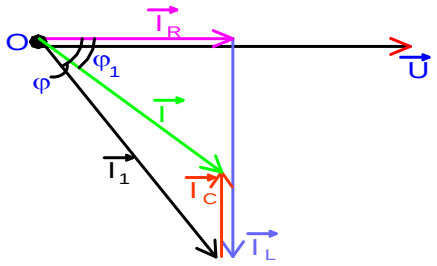


Hình 4.48.

+ Sau khi bù, khoá K đóng hình 4.49, dòng điện qua phụ tải vẫn không đổi về trị số và góc pha nhưng dòng điện chạy trên đường dây lúc này sẽ bằng tổng của dòng điện phụ tải và dòng điện qua tụ điện $I = I_1 + I_C$ (4.127)

Hệ số công suất của mạch là $\cos\varphi > \cos\varphi_1$

Hình 4.49



Nhìn vào đồ thị vectơ ta thấy rõ, dòng điện đường dây sau khi bù I sẽ nhỏ hơn dòng điện phụ tải I_1 trong đó I_1 là dòng điện đường dây trước khi bù

Để tính được trị số điện dung cần bù để nâng cao được hệ số công suất từ $\cos\varphi$ lên tới $\cos\varphi_1$ được tính như sau:

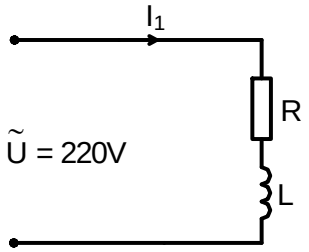
$$Q = Q_1 + Q_C \quad \Leftrightarrow \quad Q_1 = Q - Q_C \quad \Leftrightarrow \quad P.tg\varphi_1 = P.tg\varphi - C\omega U^2$$

$$\boxed{C = \frac{P}{\omega U^2}.(tg\varphi_1 - tg\varphi)} \quad (4.128)$$

Ngoài phương pháp bù bằng tụ điện tĩnh còn có nhiều phương pháp khác để nâng cao hệ số cosφ như phương pháp bù đồng bộ. Việc tổ chức sắp xếp ca kíp hợp lý, tận dụng công suất các thiết bị … cũng làm cho hệ số công suất cosφ của xí nghiệp được nâng cao.

Ví dụ 4.48: Hình 4.50 Một tải gồm R = 6Ω, X_L = 8Ω, mắc nối tiếp, đấu vào nguồn U = 220V

a) Tính dòng điện I_1 , công suất P, Q, S, $\cos\varphi_1$ của phụ tải
b) Người ta nâng cao hệ số công suất của mạch điện đạt cosφ = 0,93. Tính điện dung C của bộ tụ điện đấu song song với tải



Hình 4..55

Giải:

Tổng trở tải:

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

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

Dòng điện tải I_1, $I_1 = \frac{U}{Z} = \frac{220}{10} = 22 \ (A)$

Công suất của tải: $P = R.I_1^2 = 6.22^2 = 2904 \ (\text{W})$

Công suất Q của tải: $Q = X_L.I_1^2 = 8.22^2 = 3872 \ (\text{VAr})$

vì $\cos\varphi_1 = 0{,}6 \ \Rightarrow \ tg\varphi_1 = 1{,}333$

khi $\cos\varphi = 0{,}93 \ \Rightarrow \ tg\varphi = 0{,}395$

Bộ tụ cần có điện dung là:

$$C = \frac{P}{\omega U^2}(tg\varphi_1 - tg\varphi) = \frac{2904}{314.220^2}(1{,}333 - 0{,}395) = 1{,}792.10^{-4} F$$

5. Bài tập áp dụng

Thông thường một mạch điện xoay chiều một pha và ba pha áp dụng phổ biến trong gia đình hoặc xưởng máy (có cả điện trở thuần, cuộn cảm, tụ điện.)

Như mạch điện chiếu sáng trong nhà, mạch chiếu sáng trong công nghiệp, mạch điện điều khiển và khởi động động cơ trong công nghiệp…

Việc giải mạch điện xoay chiều là rất quan trọng, là cơ sở để tính toán, thiết kế và lựa chọn thiết bị điện, để áp dụng vào thực tế, một số bài tập cơ bản (ở phần bài tập – cuối chương 4) nhằm củng cố và làm sáng tỏ thêm lý thuyết.

NỘI DUNG VÀ PHƯƠNG PHÁP ĐÁNH GIÁ CHƯƠNG 4:

1. Nội dung:

+ Về kiến thức:

- *Dòng điện xoay chiều một pha*
- *Giải mạch điện xoay chiều một pha*
- *Giải mạch điện xoay chiều một pha phân nhánh*
- *Dòng điện xoay chiều 3 pha; mối quan hệ U, I trong hai cách đấu mạch điện 3 pha*
- *Giải mạch điện 3 pha*

+ Về kỹ năng:

- *Giải bài tập cơ bản về mạch điện điện xoay chiều* một pha
- *Giải bài tập cơ bản về mạch điện xoay chiều ba pha*

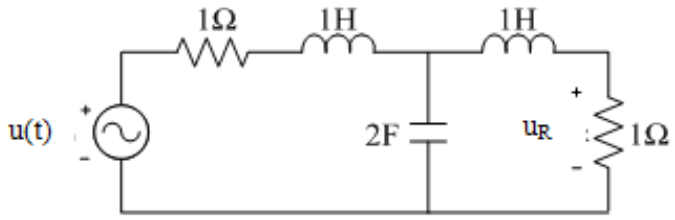
+ Thái độ: Tỉ mỉ, cẩn thận, chính xác.

2. Phương pháp:

- Kiến thức: Được đánh giá bằng hình thức kiểm tra viết, trắc nghiệm
- Kỹ năng: Đánh giá kỹ năng tính toán các bài tập
- Thái độ: Đánh giá phong cách học tập

Bài tập

Bài 1. Cho mạch điện như hình vẽ:



Hình 4.56: Bài 1

Cho u(t) = 8cost(V)

Tính công suất tòan mạch và u_R.

Hướng dẫn giải

Biến đổi sơ đồ mạch điện sang sơ đồ phức

Ap dụng phương pháp biến đổi tương đương ta có

$$\dot{Z}_{td} = 1 + j + 0,2 - 0,6j = 1,2 + 0,4j = 1,3\angle 18^0 (\Omega)$$

$$\dot{I} = \frac{8\angle 0^0}{1,3\angle 18^0} = 6,2\angle -18^0 (A)$$

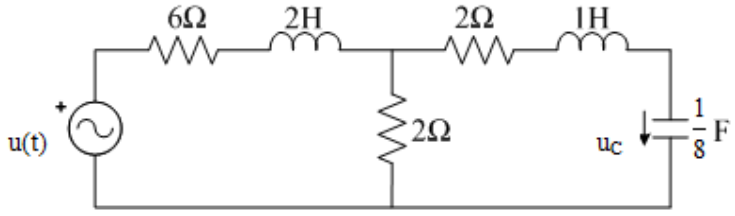
$$\dot{I}_1 = 6,2\angle -18^0 . \frac{-0,5j}{1+0,5j}$$

$$\dot{U}_R = 1.\dot{I}_1 = 2,77\angle 45,435 (V)$$

$$u_R = 2.77\cos(t+45^0)\ V$$

$$P_{tm} = \frac{1,2.6,2^2}{2} = 23\ W$$

Bài 2. Cho mạch điện như hình vẽ:



Hình 4.57: Bài 2

Cho u = 18sin2t(V)

Tính công suất toàn mạch và u_C.

Hướng dẫn giải

Biến đổi sơ đồ mạch điện sang sơ đồ phức

Ap dụng phương pháp biến đổi tương đương ta có :

$$Z_{td} = 6 + 4j + \frac{2*(2-2j)}{4-2j} = 7.2 + 3.6j = 8\angle 27^0\ \Omega$$

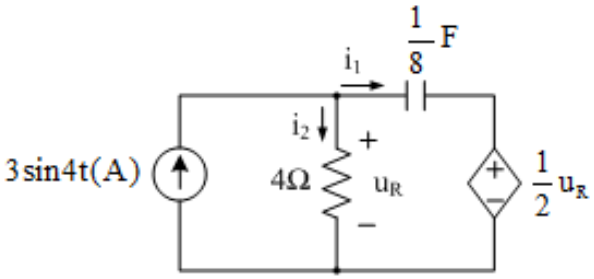
$$\dot{I} = \frac{18\angle 0^0}{8\angle 27^0} = 2.25\angle -27^0\ A$$

$$\dot{I}_1 = \frac{2.2{,}25\angle -27^0}{4-2j} = 1\angle 0^0$$

$$\dot{U}_c = 1\angle 0^0 . -4j = 4\angle -90^0 V$$

$$P_{tm} = \frac{7.5.2{,}25^2}{2} = 18.2\ W$$

Bài 3. Cho mạch điện như hình vẽ:



Hình 4.58: Bài 3

Tính dòng điện i_1 và i_2

Hướng dẫn giải

Biến đổi sơ đồ mạch điện sang sơ đồ phức

Ap dụng định luật Kirchoff 1-2 ta có

$$-\dot{I}_1 - \dot{I}_2 + 3 = 0$$

$$-2j\dot{I}_1 - 4\dot{I}_2 + \frac{1}{2}\dot{U}_R = 0$$

$$\dot{U}_R = 4\dot{I}_2$$

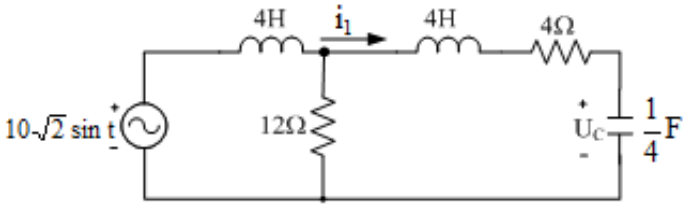
$$\dot{I}_1 = \frac{3}{\sqrt{2}}\angle 45^0$$

$$i_1 = \frac{3}{\sqrt{2}}\sin(4t + 45^0)\ (A)$$

$$\dot{I}_2 = 3 - \frac{3}{\sqrt{2}}\angle 45^0 = 3 - (\frac{3}{2} + \frac{3}{2}j) = \frac{3}{2}\sqrt{2}\angle -45^0$$

$$i_2 = \frac{3}{\sqrt{2}}\sin(4t - 45^0)\ (A)$$

Bài 4. Cho mạch điện như hình vẽ:



Hình 4.59: Bài 4

Tính công suất tác dụng của nguồn, tổng tổng công suất tiêu tán trên tải và u_C?

Hướng dẫn giải

Biến đổi sơ đồ mạch điện sang sơ đồ phức

Ap dụng phương pháp biến đổi tương đương ta có

$$Z_{td} = 3 + 4j = 5\angle 53^0\,\Omega$$

$$\dot{I} = \frac{10}{5\angle 53^0} = 2\angle -53^0 (A) \quad \dot{I}_1 = 2\angle -53^0 . \frac{12}{4+12} = 1{,}5\angle -53^0 (A)$$

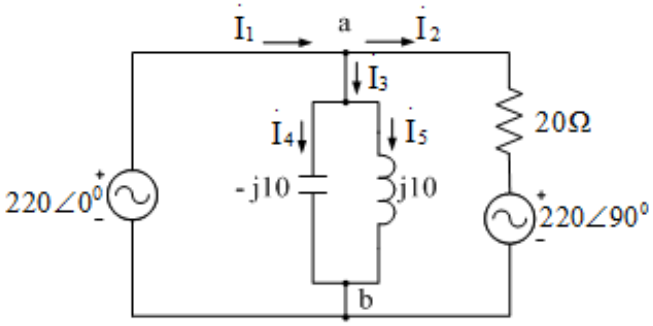
$$u_c = 6\sqrt{2}\sin(t\text{-}143^0)\ V$$

$$Png = U.I\cos\varphi = 10.2\cos(53^0) = 12{,}04(W)$$

$$P_{4\Omega} = I_1^{\,2}.4 = (1{,}5)^2.4 = 9(W)$$

$$P_{12\Omega} = Png - P_{4\Omega} = 12{,}04 - 9 = 3{,}04(W)$$

Bài 5. Cho mạch điện như hình vẽ:



Hình 4.60: Bài 5

Tính dòng điện các nhánh ?

Hướng dẫn giải

Do –10j và 10j mắc song song nên mạch cộng hưởng

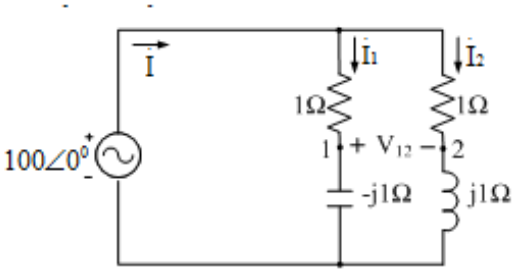
$$\dot{I}_4 = \frac{220\angle 0^0}{-10j} = 22j = 22\angle 90^0 (A)$$

$$\dot{I}_5 = \frac{220\angle 0^0}{10j} = -22j = 22\angle -90^0 (A)$$

$$\dot{I}_3 = \dot{I}_4 + \dot{I}_5 = 0$$

$$\dot{I}_1 = \dot{I}_2 = \frac{220\angle 0^0 - 220j}{20} = \frac{220\sqrt{2}\angle -45^0}{20} = 15{,}5\angle -45^0 (A)$$

Bài 6. Cho mạch điện như hình vẽ:



Hình 4.61: Bài 6

Tính dòng điện các nhánh và V_{12} ?

Hướng dẫn giải

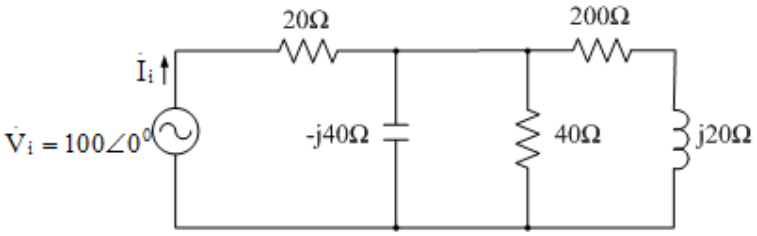
$$\dot{I}_1 = \frac{100\angle 0^0}{1-j} = \frac{100\angle 0^0}{\sqrt{2}\angle -45^0} = 50\sqrt{2}\angle 45^0\ A$$

$$\dot{I}_2 = \frac{100\angle 0^0}{1+j} = \frac{100\angle 0^0}{\sqrt{2}\angle +45^0} = 50\sqrt{2}\angle -45^0\ A$$

$$\dot{I} = \dot{I}_1 + \dot{I}_2 = 100\angle 0^0\ A$$

$$\dot{V}_{12} = -1.\dot{I}_1 + 1.\dot{I}_2 = -100\angle 90^0\ V$$

Bài 7. Cho mạch điện như hình vẽ:



Hình 4.62: Bài 7

Tính: I_i , Z_i , P_i

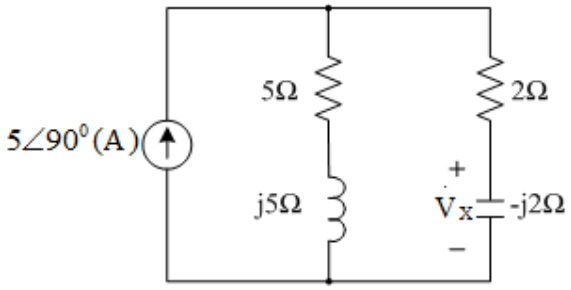
Hướng dẫn giải

Ap dụng phương pháp biến đổi tương đương ta có :

$$I_i = \frac{100\angle 0^0}{43\angle -22^0} = 2.33\angle 22^0\ A$$

$$P_i = \frac{40{,}1.2{,}33^2}{2} = 108\ W$$

Bài 8. Cho mạch điện như hình vẽ:



Hình 4.63: Bài 8

Tìm $\dot{V}_X$, công suất tác dụng toàn mạch ?

Hướng dẫn giải

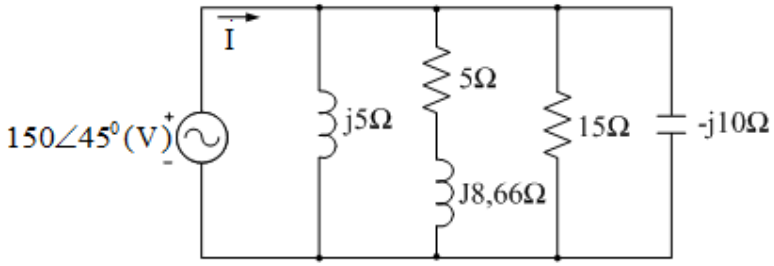
$$\dot{I}_x = 5\angle 90^0 . \frac{5+5j}{5+5j+2-2j} = 4.6\angle 112^0 \text{ A}$$

$$\dot{V}_x = -2j.4{,}6\angle 112^0 = 9.2\angle 22^0 \text{ V}$$

$$\dot{I}_1 = 5\angle 90^0 . \frac{2-2j}{5+5j+2-2j} = 1.86\angle 22^0 \text{ A}$$

$$P_{tm} = \frac{(5.1.86^2)+(2.4{,}6^2)}{2} = 29.8 \text{ W}$$

Bài 9. Cho mạch điện như hình vẽ:



Hình 4..64 Bài 9

Tính dòng $\dot{I}$ và trở kháng của mạch.

Hướng dẫn giải

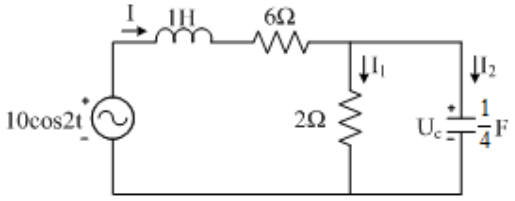
$$\dot{I}_1 = \frac{150\angle 45^0}{5j} = 30\angle -45^0 \text{ A} \qquad \dot{I}_2 = \frac{150\angle 45^0}{5+j8.66} = 15\angle -25^0 \text{ A}$$

$$\dot{I}_3 = \frac{150\angle 45^0}{15} = 10\angle 45^0 \text{ A} \qquad \dot{I}_4 = \frac{150\angle 45^0}{-10j} = 15\angle -45^0 \text{ A}$$

$$\dot{I} = \dot{I}_1 + \dot{I}_2 + \dot{I}_3 + \dot{I}_4 = 33\angle -13^0 \text{ A}$$

$$Z_V = \frac{150\angle 45^0}{33\angle -13^0 \text{ A}} = 4.55\angle 58^0 \ \Omega$$

Bài 10. Cho mạch điện như hình vẽ



Hình 4.65: Bài 10

Tính u_c và $P_{2\Omega}$

Hướng dẫn giải

Biến đổi sơ đồ mạch điện sang sơ đồ phức

$$\dot{I} = \frac{10\angle 0^0}{7\angle 8^0} = \sqrt{2}\angle -8^0 \text{ (A)}$$

$$\dot{I}_1 = \dot{I}.\frac{-j2}{2-j2} = \sqrt{2}\angle -8^0.\frac{1\angle 90^0}{\sqrt{2}\angle -45^0} = 1\angle -53^0$$

$$P_{2\Omega} = 2.(\frac{1}{\sqrt{2}})^2 = 1(W)$$

$$\dot{I}_2 = \dot{I}.\frac{2}{2-j2} = \sqrt{2}\angle -8^0.\frac{1}{\sqrt{2}\angle -45^0} = 1\angle 37^0$$

$$\dot{U}_c = \dot{I}_2.(-j2) = 1\angle 37^0.2\angle -90^0 = 2\angle -53^0 \text{ (V)}$$

$u_c(t) = 2\cos(2t - 53^0)$ V

Bài 11. Cho nguồn 3 pha cân bằng có Ud = 200V cung cấp điện cho 2 tải song song.

Tải 1: nối sao có trở kháng pha Z1 = 6+8j.

Tải 2: nối tam giác có $\cos\varphi = 0{,}8$ (sớm), S = 24 KVA.

Tính dòng điện trên đường dây?

Hướng dẫn giải

$$Z_1 = 6 + 8j = 10\angle 53^0\,\Omega$$

$$\text{Tải 1}: P_1 = 3R_1I_p^2 = 3.6\left(\frac{200}{\sqrt{3}.10}\right)^2 = 2400\text{W}$$

$$Q_1 = 3X_1I_p^2 = 3.8\left(\frac{200}{\sqrt{3}.10}\right)^2 = 3200\,\text{Var}$$

Tải 2 : $P_2 = S_2.\cos\varphi$ =24000.0.8 =19200 W

$Q_2 = S_2.\sin\varphi$ =-24000.0,6 =-14400 Var

$P = P_1 + P_2$ =21600 W

$Q = Q_1 + Q_2$ =-11200 Var

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2} = 24331\,VA$$

$$I_d = \frac{S}{\sqrt{3}U_d} = 70.24\,A$$

Bài 12. Một nguồn áp ba pha đối xứng cung cấp điện cho hai tải song song, Tải 1 đấu hình sao đối xứng với tổng trở pha: Z_1= 8-8j, Tải 2 đấu hình tam giác đối tổng trở pha: Z_2 = 24+24j .

Điện áp dây của nguồn là 240V. Bỏ qua tổng trở đườngdây.

Tính dòng điện trên đường dây.

Hướng dẫn giải

$$Z_1 = 8 - 8j = 8\sqrt{2}\angle -45^0\,\Omega$$

Tải 1 : $P_1 = 3R_1I_p^2 = 3.8\left(\frac{240}{\sqrt{3}.8.\sqrt{2}}\right)^2 = 3600W$

$$Q_1 = 3X_1I_p^2 = 3.8\left(\frac{240}{\sqrt{3}.8.\sqrt{2}}\right)^2 = -3600\,Var$$

$$Z_2 = 24 + 24j = 24\sqrt{2}\angle 45^0\,\Omega$$

Tải2 $P_1 = 3R_1I_p^2 = 3.24\left(\frac{240}{24.\sqrt{2}}\right)^2 = 3600W$

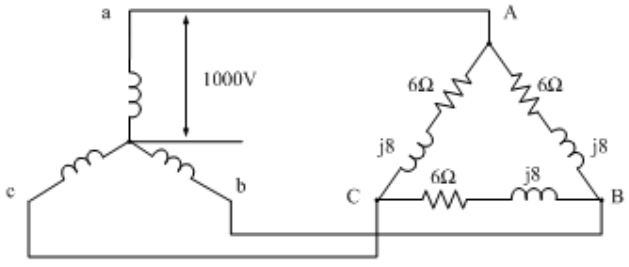
$$Q_1 = 3X_1I_p^2 = 3.24\left(\frac{240}{24.\sqrt{2}}\right)^2 = -3600\,Var$$

$P = P_1 + P_2 = 7200\ W \quad Q = Q_1 + Q_2 = 0\ Var$

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2} = 7200\,VA$$

$$I_d = \frac{S}{\sqrt{3}U_d} = 17.32\,A$$

Bài 13. Cho mạch ba pha đối xứng như hình vẽ :



Hình 4.66: Bài 13

Tính dòng điện dây,dòng pha, công suất tác dụng trên tải ?

Hướng dẫn giải

$$U_Z = U_d = U_P.\sqrt{3} = 100\sqrt{3}\ V$$

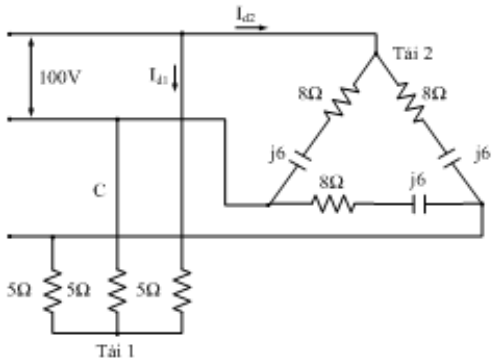
$$Z = \sqrt{6^2 + 8^2} = 10\Omega$$

$$I_P = \frac{U_Z}{Z} = \frac{100.\sqrt{3}}{10} = 10\sqrt{3}(A)$$

$$\Rightarrow I_d = I_P.\sqrt{3} = \sqrt{3}.10\sqrt{3} = 30(A)$$

$$P = 3.6.(10\sqrt{3})^2 = 5400\ W$$

Bài 14. Cho mạch điện như hình vẽ:



Hình 4.67: Bài 14

Tính công suất tiêu thụ trên tải 1, tính I_{d1}

Tính công suất tiêu thụ trên tải 2, tính I_{d2}

Tính công suất trên toàn mạch và dòng dây.

Hướng dẫn giải

Biến đổi tải từ tam giác sang hình sao, ta cĩ hình sao đối xứng

$Z_p = 4 + 2j - 5j = 4 - 3j$

$I_d = 25,4A$; $I_P = 14,66A$

$\Delta P = 7741,92W$

$Q_C = -9671,2$ VAR

$P_{tm} = 7741,92W$; $Q_{tm} = -5806,44$ VAR

CHƯƠNG 5
MẠCH DIỆN PHI TUYẾN
Mã chương: MH8-05

Giới thiệu:

Bài trước chúng ta đã xét mạch điện xoay chiều xác lập điều hòa, tuy nhiên trong thực té cũng có nhiều mạch điện không tuyến tính, chương này chúng ta sẽ nghiên cứu về mạch điện phi tuyến, để thấy được nguyên nhân phi tuyến, đề ra cách biến đổi, giải mạch điện phi tuyến và nghiên cứu một số mạch lọc thông dụng.

Mục tiêu:

- Trình bày được khái niệm về dòng điện phi tuyến một chiều và xoay chiều.
- Nêu được một số linh kiện phi tuyến tuyến thường gặp.
- Trình bày được các nguyên nhân sinh ra hiện tương phi tuyến trên mạch điện
- Trình bày được các mạch lọc điện thông dụng trong kỹ thuật điện
- Rèn luyện tính tư duy, cẩn thận và chính xác

Nội dung chính

1. Mạch điện phi tuyến

Mục tiêu:

- *Biết và giải thích được khái niệm về mạch điện phi tuyến đơn giản*
- *Biết một số phần tử mạch phi tuyến*
- *Phân tích được mạch điện phi tuyến*
- *Áp dụng giải bài tập cơ bản về mạch phi tuyến*
- *Có ý thức tự giác trong học tập*

1.1. Khái niệm

Thông số phi tuyến là thông số có đặc tuyến đặc trưng là một hàm không tuyến tính (hàm phi tuyến)- không phải là một hàm bậc nhất.Ví dụ:

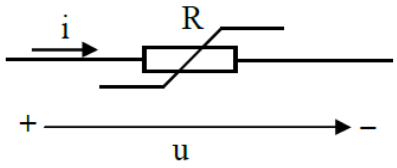
- Đặc tuyến Von –Ampe của diot khi được phân cực thuận.
- Đặc tuyến Von-Ampe của cuộn dây lõi thép làm việc trong chế độ bão hoà từ.
- Quan hệ giữa điện dung của diot biến dung varicap và điện áp ngược đặn lên nó C(u)-một hàm phi tuyến.

Mạch có từ một thông số là phi tuyến trở lên-*mạch phi tuyến*

1.2. Một số linh kiện phi tuyến thường gặp

Điện trở phi tuyến

Ký hiệu:



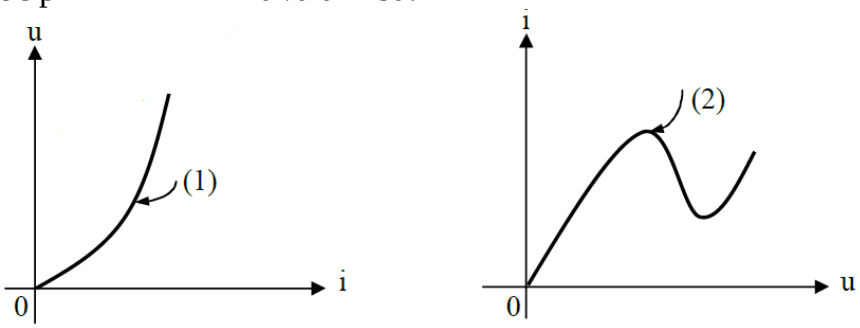
Hình 5.1: Điện trở phi tuyến

Điện trở phi tuyến được xác định bởi quan hệ giữa dòng điện và điện áp:

$u = f_R(i)$ hay $I = \varphi_R(u)$ (5.1)

trong đó f_R, φ_R là các hàm liên tục trong khoảng $(-\infty, +\infty)$ và $\varphi_R = f^{-1}R$ (hàm ngược).

Các đặc tuyến được mô tả bởi các phương trình trên sẽ đi qua gốc tọa độ và nằm ở góc phần tư thứ nhất và thứ ba.

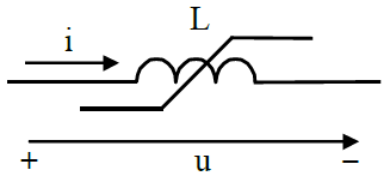


Hình 5.2: Đặc tuyến điện trở phi tuyến

Nếu điện trở có đặc tuyến (1) mà không có (2), ta gọi nó là phần tử phụ thuộc dòng (R thay đổi theo i). Nếu điện trở phi tuyến có đặc tuyến (2) mà không có (1), thì nó là phần tử phụ thuộc áp (R thay đổi theo v). Trong trường hợp phần tử phi tuyến có cả hai đặc tuyến (dòng là hàm đơn trị của áp và ngược lại) thì đó là phần tử phi tuyến không phụ thuộc. Các điện trở không tuyến tính thực tế thường gặp là các bóng đèn dây tóc, các diode điện tử và bán dẫn …

Điện cảm phi tuyến (cuộn dây phi tuyến)

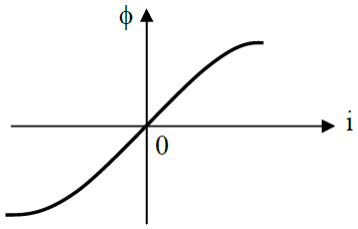
Ký hiệu:



Hình 5.3: Điện cảm phi tuyến

Điện cảm phi tuyến được cho bởi đặc tuyến quan hệ giữa từ thông và dòng điện có dạng: $\Phi = fL(i)$ và $u = d\Phi/dt$ (5.2)

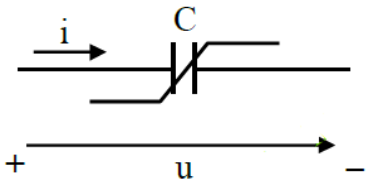
Trong đó fL là hàm liên tục trong khoảng (–∞, +∞), đi qua gốc tọa độ (Φ, i) và nằm ở góc phần tư thứ nhất và thứ ba.



Hình 5.4: Đặc tuyến điện cảm phi tuyến

Điện dung phi tuyến

Ký hiệu:

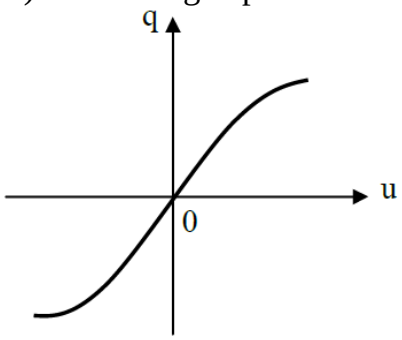


Hình 5.5: Điện dung phi tuyến

Điện dung phi tuyến được đặc trưng bởi quan hệ phi tuyến giữa điện tích và điện áp trên tụ điện.

q = fc(u) và i=dq/dt (5.3)

Trong đó fc là hàm liên tục trong khoảng (–∞, +∞), có đạo hàm liên tục khắp nơi, đi qua gốc tọa độ (q, u) và nằm ở góc phần tư thứ nhất và thứ ba.



Hình 5.6: Đặc tuyến điện dung phi tuyến

Tùy thuộc vào điều kiện làm việc, người ta phân biệt các đặc tuyến của các phần tử phi tuyến thành các loại sau:

- Đặc tuyến tĩnh được xác định khi đo lường phần tử phi tuyến làm việc với các quá trình biến thiên chậm theo thời gian.
- Đặc tuyến động được đo lường khi các phần tử phi tuyến làm việc với quá trình điều hòa.
- Đặc tuyến xung được xác định khi phần tử làm việc với các quá trình đột biến theo thời gian.

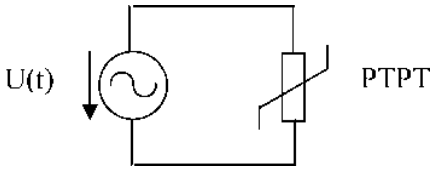
1.3. Mạch xoay chiều phi tuyến

1.3.1. Môt số tính chất cơ bản của mạch phi tuyên:

- Mạch phi tuyên không có tính xếp chồng nghiêm.
- Mạch phi tuyên có tính tạo (điều chê) tần số.
- Các tính chất khác ...

Cho mạch điên như Hình 5.7

Với $u(t) = u_1(t) + u_2(t)$ và phần tử phi tuyên có tính chất: $i = 2.u^2$ Xác định dòng điên chạy trong mạch điên trên. Nêu áp dụng nguyên lí xếp chồng, ta có:



Hình 5.7

- Dòng điên do nguồn $u_1(t)$ gây ra là $i_1(t)$: $i_1 = 2.u_1^2$
- Dòng điên do nguồn $u_1(t)$ gây ra là $i_1(t)$: $i_2 = 2.u_2^2$

Như vậy dòng điên tổng $i(t) = i_1(t) + i_2(t) = 2(u_1^2 + u_2^2)$

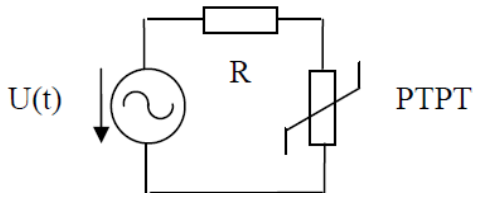
Thực tê, dòng điên trong mạch là $i(t) = 2.u^2 = 2(u_1 + u_2)^2$

Nêu $u(t) = U_m\sin(\omega t)$ thì $i = 2.u^2 = 2.U_m^2\sin^2(\omega t) = U_m^2[1-\cos(2\omega t)]$. Có thể thấy tần số của dòng điên bằng 2 lần tần số nguồn áp.

1.3.2. Các phương pháp phân tích mạch có phần tử phi tuyến

Vấn đề đầu tiên cần quan tâm khi phân tích mạch phi tuyến là vấn đề *tiệm cận đặc tuyến* theo số liệu thực nghiệm. Để lập quan hệ giải tích của một đặc tuyến nào đó theo số liệu thực nghiệm thường sử dụng phương pháp nội suy trong một đoạn hữu hạn của đặc tuyến.Hàm nội suy có thể sử dụng nhiều dạng hàm nhưng thông dụng nhất là đa thức luỹ thừa.

Để phân tích phổ của tín hiệu trong quá trình biến đổi phi tuyến thường sử dụng các phương pháp đồ thị 3,5,7 toạ độ để xác định các biên độ sóng hài. Phương pháp đồ thị

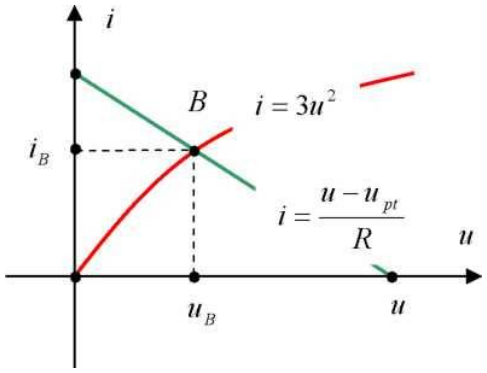


Hình 5.8

Cách 1: Hình 5.9 từ thông số phần tử (I = f(u) (5.4)) và quan hê có được từ sơ đồ mạch.

$$\begin{cases} i_{pt} = 3.u_{pt}^2 \ \ (characctics\ \ of\ \ component) \\ i = \dfrac{u - u_{pt}}{R} \ \ (relation\ \ from\ circuit) \end{cases} \quad (5.5)$$

Sử dụng đồ thị:

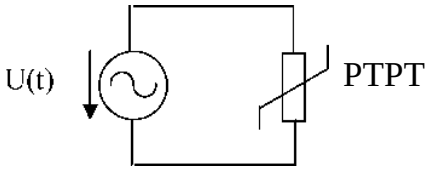


Hình 5.9: Ngiệm của hệ phương trình phi tuyến

Điểm B chính là nghiêm của hê phương trình

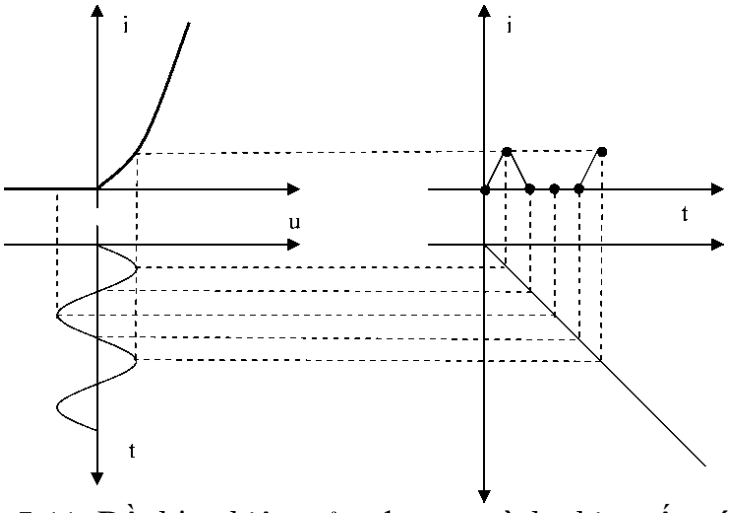
Cách 2:

Cho sơ đồ mạch: Hình 5.10



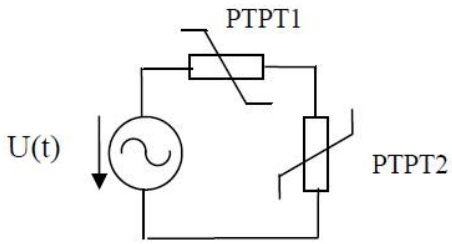
Hình 5.10

Có thể dùng phương pháp đồ thị như sau:

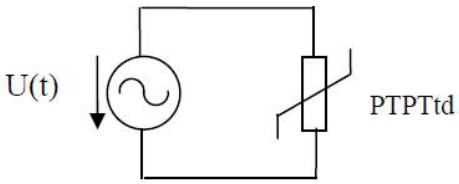


Hình 5.11: Đồ thị nghiệm của phương trình phi tuyến cách 2

Cách nối ghép các phần tử phi tuyến (PTPT) nối tiếp: qui tắc cộng áp hình 5.12, hình 5.13



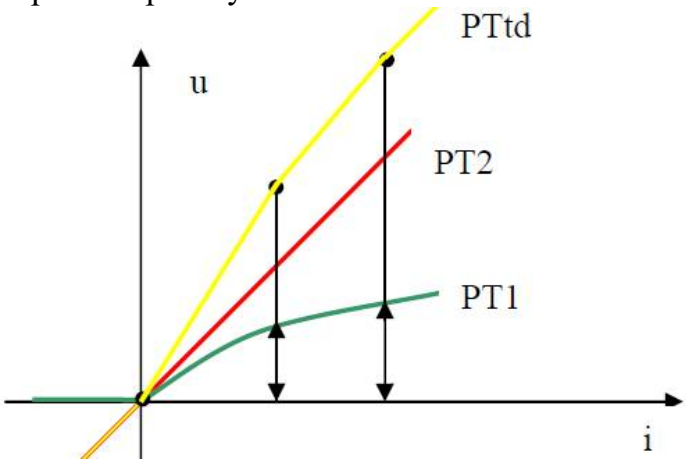
Hình 5.12



Hình 5.13

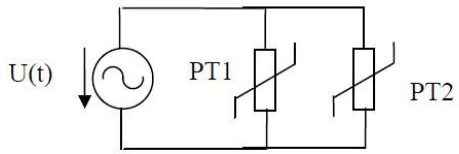
$u = u_1 + u_2$ (5.6)

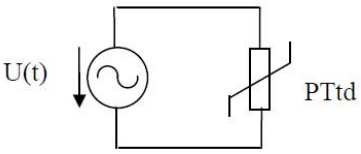
Đặc tuyến của các phần tử phi tuyến cho như sau:



Hình 5.14: Đặc tuyến của các phần tử phi tuyến nối tiếp

Nối song song: Qui tắc cộng dòng Hình 5.15, hình 5.16



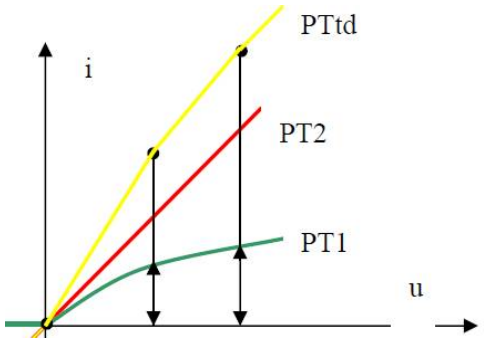


i= i1 + i2 (5.7)

Hình 5.15

Hình 5.16

Đặc tuyến của các phần tử phi tuyến cho như sau:



Hình 5.17: Đặc tuyến của các phần tử phi tuyến song song

2. Mạch có dòng điện không sin

Mục tiêu:

- *Biết và giải thích được khái niệm về mạch điện không sin*
- *Biết nguyên nhân dẫn tới mạch không sin*
- *Có ý thức tự giác trong học tập*

2.1. Khái niệm

Thực tế có rất nhiều dòng điên biến thiên có chu kì nhưng không theo qui luật hình sin, được gọi chung là dòng điên không sin.

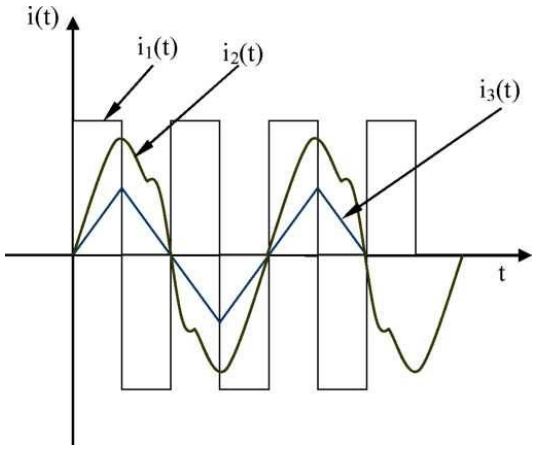
2.2. Nguyên nhân

Nguyên nhân gây nên dòng điên không sin:

Nguồn 3 pha không sin (đặc tính máy phát điên đồng bộ: mạch từ, khe hở không khí, dạng từ trường, dây quấn, ...)

Sự biến dạng dạng sóng khi dòng điên đi qua các bộ chỉnh lưu, nghịch lưu, biến tần, ...

Sự biến dạng dạng sóng khi dòng điên đi qua các linh kiên bán dẫn; các thiết bị, mạch điên có khả năng điều khiển, ...



Hình 5.18. Đồ thị sóng không sin

3. Mạch lọc điện

Mục tiêu:

- Biết được được khái niệm về mạch lọc thông dụng

- Mô tả được một số mạch lọc thông dụng

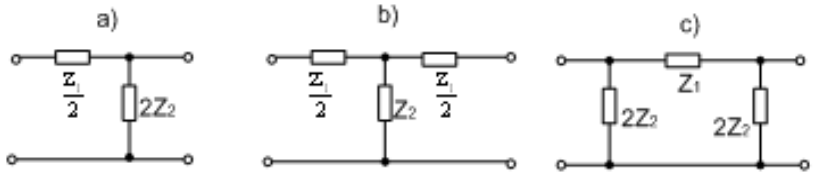
- Có ý thức tự giác trong học tập

3.1. Khái niệm

Trong kỹ thuật viễn thông ta thường hay gặp các dạng sóng hài gây tác động không tốt tới sự làm việc của các thiết bị, để sự làm việc của thiết bị được ổn định và chính xác ta thường dùng phương pháp lọc, Lọc điện là một mạng bốn cực thực hiện biến đổi phổ của tín hiệu theo một quy luật toán học. các quá trình biến đổi phi tuyến (biến đổi phổ của tín hiệu) thường gặp là tạo dao động hình sin, điều biên,điều tần, biến tần, tách sóng.

3.2. Các dạng mạch lọc thông dụng

Mạch lọc điện thực hiện biến đổi phổ của tín hiệu theo một quy luật toán học. Mạch lọc thông dụng thất là mạch lọc *thuần kháng* LC. Mạch lọc LC lại chia thành loại "k" và loại "m".Lý thuyết mạch lọc thuần kháng thường xuất phát từ hình 5.19a). Để nhận được công thức có dạng toán học thuận tiện, người ta ký hiệu trở kháng nhánh ngang là $\frac{Z_1}{2}$, nhánh dọc là $2Z_2$. Từ mạch lọc hình 5.19a) tạo ra mạch loc đối xứng hình Thình 5.19b) và lọc đối xứng hình π hình 5.19c).



Hình 5.19

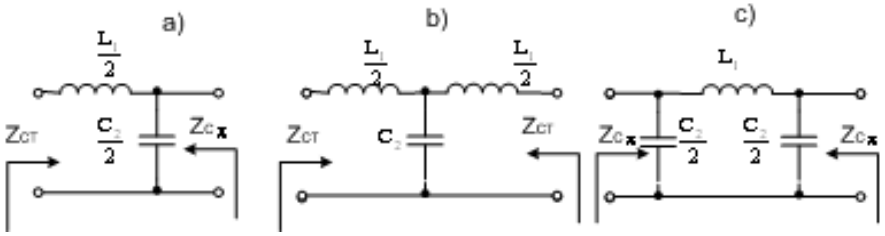
Điều kiện có lọc là Z_1và Z_2 phải khác tính.

Trường hợp tích tổng trở hai nhánh là một hằng thì lọc ***là lọc loại k***. Lúc đó

$Z_1Z_2=R_0^2=K^2=$const. (5.8)

Trong đó $\sqrt{Z_1Z_2}$ có thứ nguyên của điện trở, gọi là điện trở danh định của mạch lọc, ký hiệu là R_0 hoặc K.

+Lọc thông thấp (hay lọc tần số thấp) loại K có nhánh ngang là điện cảm, nhánh dọc là điện dung như ở hình *5.20*. (dải thông $0\div\omega_C$, dải chặn $\omega_C\div\infty$)



Hình 5.20

Các công thức để tính các thông số của mạch lọc thông thấp:

Điện trở danh định: $$R_0 = \sqrt{\frac{L_1}{C_2}} \qquad (5.9)$$

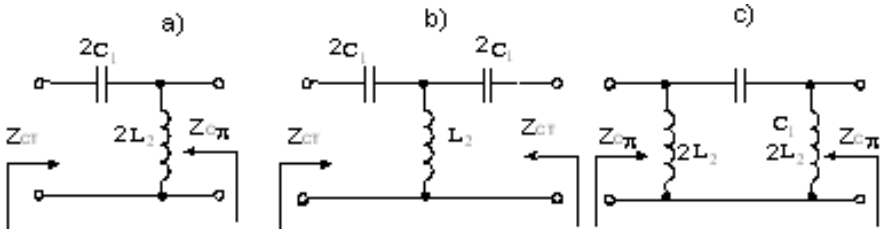
Tần số cắt: $$\omega_C = \frac{2}{\sqrt{L_1 C_2}} \;;\; f_C = \frac{\omega_C}{2\pi} = \frac{1}{\pi\sqrt{L_1 C_2}} \qquad (5.10)$$

Tổng trở đặc tính:

$$Z_{CT} = R_0\sqrt{1-\left(\frac{\omega}{\omega_c}\right)^2} = R_0\sqrt{1-\left(\frac{f}{f_c}\right)^2}$$

$$Z_{C\pi} = \frac{R_0}{\sqrt{1-\left(\frac{\omega}{\omega_c}\right)^2}} = \frac{R_0}{\sqrt{1-\left(\frac{f}{f_c}\right)^2}} \qquad (5.11)$$

+Lọc thông cao (hay lọc tần số cao) loại K có nhánh ngang là điện dung, nhánh dọc là điện cảm như ở hình 5.21. (dải thông $\omega_C \div \infty$, dải chặn $0 \div \omega_C$)



Hình 5.21

Các công thức để tính các thông số của mạch lọc thông cao:

Điện trở danh định: $$R_0 = \sqrt{\frac{L_2}{C_1}} \qquad (5.12)$$

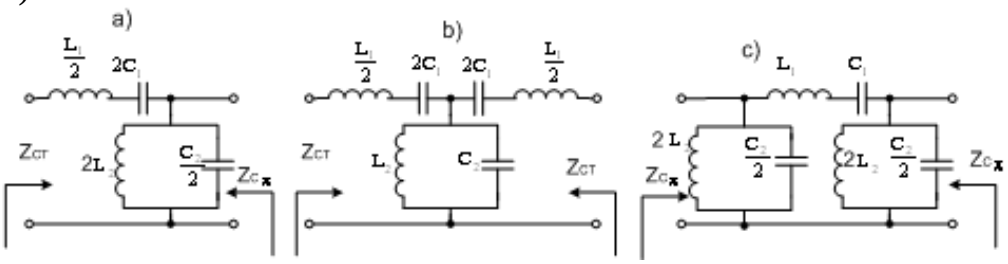
Tần số cắt: $$\omega_C = \frac{1}{2\sqrt{L_1 C_2}} \;;\; f_C = \frac{\omega_C}{2\pi} = \frac{1}{4\pi\sqrt{L_1 C_2}} \qquad (5.13)$$

Tổng trở đặc tính:

$$Z_{CT} = R_0\sqrt{1-\left(\frac{\omega_c}{\omega}\right)^2} = R_0\sqrt{1-\left(\frac{f_c}{f}\right)^2}$$

$$Z_{C\pi} = \frac{R_0}{\sqrt{1-\left(\frac{\omega_c}{\omega}\right)^2}} = \frac{R_0}{\sqrt{1-\left(\frac{f_c}{f}\right)^2}} \qquad (5.14)$$

+Lọc thông dải(hay lọc dải thông) loại K có nhánh ngang là khung cộng hưởng nối tiếp, nhánh dọc là khung cộng hưởng song song, hai nhánh có cùng tần số cộng hưởng ω_0 (Hình 5.22). (dải thông $\omega_{C1} \div \omega_{C2}$, dải chặn $0 \div \omega_{C1}$, $\omega_{C2} \div \infty$)



Hình 5.22

Các công thức để tính các thông số của mạch lọc thông dải loại k:

Điện trở danh định: $$R_0 = \sqrt{\frac{L_1}{C_2}} = \sqrt{\frac{L_2}{C_1}} \qquad (5.15)$$

Tần số cắt:

$$\omega_{C1} = -\frac{R_0}{L_1} + \sqrt{\left(\frac{R_0}{L_1}\right)^2 + \frac{1}{L_1 C_1}} = -\frac{R_0}{L_1} + \sqrt{\left(\frac{R_0}{L_1}\right)^2 + \omega_0^2}$$

$$\omega_{C2} = \frac{R_0}{L_1} + \sqrt{\left(\frac{R_0}{L_1}\right)^2 + \frac{1}{L_1 C_1}} = \frac{R_0}{L_1} + \sqrt{\left(\frac{R_0}{L_1}\right)^2 + \omega_0^2} \qquad (5.16)$$

Dải thông: $$\Delta\omega = \omega_{C2} - \omega_{C1} = \frac{2R_0}{L_1} \qquad (5.17)$$

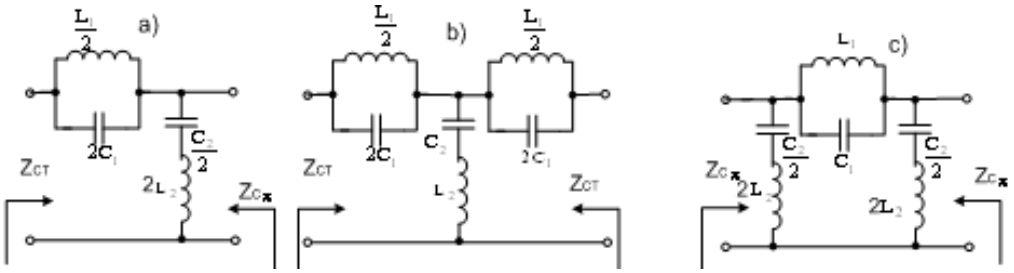
Tần số trung tâm $$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{L_1 C_1}} = \frac{1}{\sqrt{L_2 C_2}} = \sqrt{\omega_{C1}\omega_{C2}} \qquad (5.18)$$

Tổng trở đặc tính: $$Z_{CT} = R_0\sqrt{1-F^2} \;;\; Z_{C\pi} = \frac{R_0}{\sqrt{1-F^2}} \qquad (5.19)$$

$$\frac{X_1}{4X_2} = F^2$$

+Lọc chặn dải (hay lọc chặn dải hay lọc dải chắn) loại K có nhánh ngang là khung cộng hưởng song song, nhánh dọc là khung cộng hưởng nối tiếp –hình 5.23 (dải thông $0 \div \omega_{C1}$ và $\omega_{C2} \div \infty$, dải chặn $\omega_{C1} \div \omega_{C2}$).

Các công thức để tính các thông số của mạch lọc chặn dải loại K:



Hình 5.23

Điện trở danh định: $$R_0 = \sqrt{\frac{L_1}{C_2}} = \sqrt{\frac{L_2}{C_1}} \qquad (5.20)$$

Tần số cắt (giống lọc thông dải) :

$$\omega_{C1} = -\frac{R_0}{L_1} + \sqrt{\left(\frac{R_0}{L_1}\right)^2 + \frac{1}{L_1 C_1}} = -\frac{R_0}{L_1} + \sqrt{\left(\frac{R_0}{L_1}\right)^2 + \omega_0^2}$$

$$\omega_{C2} = \frac{R_0}{L_1} + \sqrt{\left(\frac{R_0}{L_1}\right)^2 + \frac{1}{L_1 C_1}} = \frac{R_0}{L_1} + \sqrt{\left(\frac{R_0}{L_1}\right)^2 + \omega_0^2} \qquad (5.21)$$

Dải chặn: $\Delta\omega = \omega_{C2} - \omega_{C1} = \frac{2R_0}{L_1}$ (5.22)

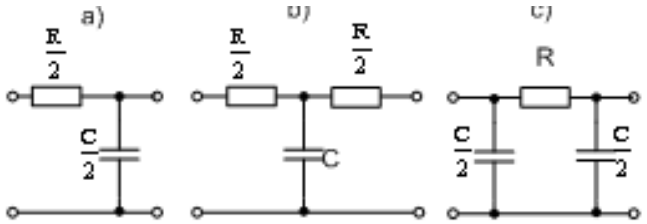
Tần số trung tâm $\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{L_1 C_1}} = \frac{1}{\sqrt{L_2 C_2}} = \sqrt{\omega_{C1}\omega_{C2}}$ (5.23)

Tổng trở đặc tính: $Z_{CT} = R_0\sqrt{1 - \frac{1}{F^2}}$; $Z_{C\pi} = \frac{R_0}{\sqrt{1 - \frac{1}{F_2}}}$ (5.24)

Mạch lọc RC.

Lọc RC thông thấp (hình 5.24)

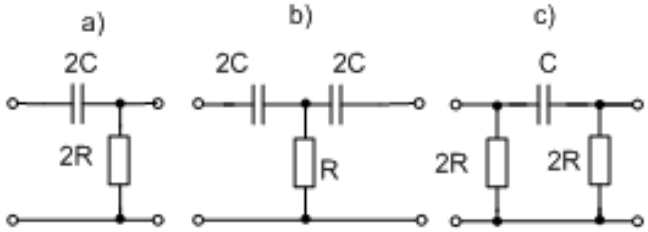
Tần số cắt: $\omega_C = \frac{4}{RC}$ (7.39)



Hình 5.24

Lọc RC thông cao (hình 5.25)

Tần số cắt: $\omega_C = \frac{1}{4RC}$ (7.42)



Hình 5.25

NỘI DUNG VÀ PHƯƠNG PHÁP ĐÁNH GIÁ CHƯƠNG 5:

1. Nội dung:

+ Về kiến thức:

- *Một số phần tử mạch phi tuyến*
- *Mạch điện phi tuyến đơn giản*
- *Mạch lọc thông dụng*

+ Về kỹ năng:

- *Giải bài tập cơ bản về mạch phi tuyến, mạch lọc điện thông dụng*

+ Thái độ: Tỉ mỉ, cẩn thận, chính xác.

2. Phương pháp:

- Kiến thức: Được đánh giá bằng hình thức kiểm tra viết, trắc nghiệm
- Kỹ năng: Đánh giá kỹ năng tính toán các bài tập
- Thái độ: Đánh giá phong cách học tập

BÀI TẬP

1. Mạch lọc thông thấp có tần số cắt là 15Khz, điện trở tải 500Ω. Hãy xác định:

a) Vẽ sơ đồ hình "Γ", hình "T" và hình "π" của mạch lọc, điền trên hình vẽ trị số các thông số vật lý của mạch.

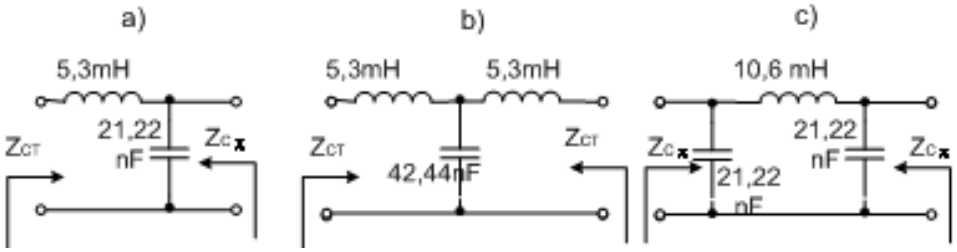
b) Tổng trở đặc tính ở tần số 5 Khz, 10 Khz.

Hướng dẫn

Vì $f_C = \frac{1}{\pi\sqrt{L_1 C_2}}$, $R_t = R_0 = \sqrt{\frac{L_1}{C_2}}$ nªn

$$C_2 = \frac{1}{\pi f_C R_0} = \frac{1}{\pi.15.10^3.500} \approx 42{,}44.10^{-9}\,F = 42{,}44\ nF$$

$$L_1 = R_0^2 C_2 \approx 0{,}0106\ H = 10{,}6\ mH$$



Hình 5.26

a) Sơ đồ mạch lọc trình bày trên *Hình 5.26*

b) Tổng trở đặc tính: ở tần số 5 Khz, 10 Khz

Z_{CT} :

ở tần số 5Khz: $Z_{CT}\big|_{5Khz} = R_0\sqrt{1-\left(\frac{f}{f_C}\right)^2} = 500\sqrt{1-\left(\frac{5}{15}\right)^2} = 471{,}4\ \Omega$

ở tần số 10Khz: $Z_{CT}\big|_{10Khz} = R_0\sqrt{1-\left(\frac{f}{f_C}\right)^2} = 500\sqrt{1-\left(\frac{10}{15}\right)^2} = 372{,}7\ \Omega$

$Z_{C\pi}$: ở tần số 5Khz: $Z_{CT}\big|_{5Khz} = \frac{R_0}{\sqrt{1-\left(\frac{f}{f_C}\right)^2}} = \frac{500}{\sqrt{1-\left(\frac{5}{15}\right)^2}} = 530{,}33\ \Omega$

ở tần số 10Khz: $Z_{CT}\big|_{10Khz} = \frac{R_0}{\sqrt{1-\left(\frac{f}{f_C}\right)^2}} = \frac{500}{\sqrt{1-\left(\frac{10}{15}\right)^2}} = 670{,}8\ \Omega$

2..Mạch lọc thông thấp có tần số cắt là 500 Hz, điện trở tải 600Ω. Hãy xác định:

a) Vẽ sơ đồ hình "T" và hình "π" của mạch lọc, điền trên hình vẽ trị số các thông số vật lý của mạch.

b) Tổng trở đặc tính ở tần số 120 Hz và 320 Hz.

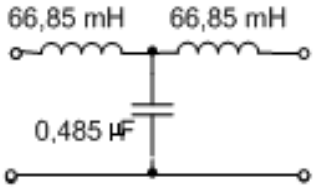
Hướng dẫn: giải như bài 1

3.Cho mạch lọc hình *Hình 5.27*.Hãy xác định:

a) Tần số cắt của mạch lọc.

b) Điện trở danh định R_0 của mạch lọc.

c) Tổng trở đặc tính ở tần số 500 Hz



Hình 5.27

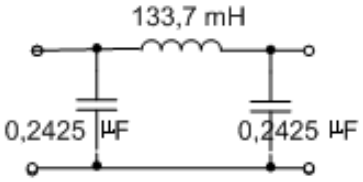
Hướng dẫn

a) L_1=66,8.2=133,7 mH. C_2=0,485 µF.

$$f_C = \frac{1}{\pi\sqrt{L_1 C_2}} = 1250 \text{ Hz}$$

b) $$R_0 = \sqrt{\frac{L_1}{C_2}} \approx 525 \quad \Omega$$

c) $$Z_{CT}\big|_{500Hz} = 525\sqrt{1-\left(\frac{500}{1250}\right)^2} \approx 481\ \Omega.$$



Hình 5.28

4.Cho mạch lọc hình *Hình 5.29*.Hãy xác định:

a) Tần số cắt của mạch lọc.

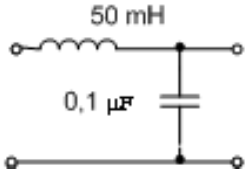
b) Điện trở danh định R_0 của mạch lọc.

c) Tổng trở đặc tính ở tần số 500 Hz

Hướng dẫn

a) Fc=2250 Hz

b) Ro=707 Ω



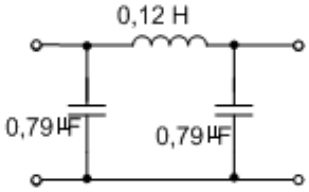
Hình 5.29

5.Cho mạch lọc hình *Hình 5.30*.Hãy xác định:

a) Tần số cắt của mạch lọc.

b) Điện trở danh định R_0 của mạch lọc.

c) Tổng trở đặc tính ở tần số 250 Hz



Hình 5.30

Hướng dẫn

a) $f_C = 731\ Hz$;b) $R_0 \approx 276\ \ \Omega$

6. Mạch lọc thông cao có tần số cắt là 800 Hz,điện trở tải 250Ω.Hãy xác định:

a) Vẽ sơ đồ hình "T" và hình "π" của mạch lọc, điền trên hình vẽ trị số các thông số vật lý của mạch.

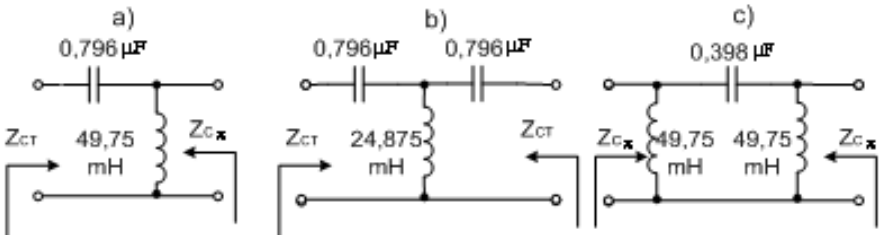
b Tổng trở đặc tính ở tần số 1200 Hz.

Hướng dẫn

a) $R_0 = \sqrt{\frac{L_2}{C_1}}$; $\omega_C = \frac{1}{2\sqrt{L_2 C_1}}$;

$f_C = \frac{1}{4\pi\sqrt{L_2 C_1}}$; $C_1 = \frac{1}{4\pi R_0 f_c} = \frac{1}{4\pi.250.800} \approx$

$3{,}98.10^{-7}\,F = 0{,}398\ \mu F; L_2 = R_0^2 C_1 = 250^2.398.10^{-9} \approx 0{,}024875 H = 24{,}875\,mH$



Hình 5.31

b) $Z_{CT}\Big|_{1200Hz} = 250\sqrt{1-\left(\frac{800}{1200}\right)^2} \approx 186\Omega; Z_{C\pi}\Big|_{1200Hz} = \frac{250}{\sqrt{1-\left(\frac{800}{1200}\right)^2}} \approx 335\Omega;$

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1] Điện kỹ thuật . *Nguyễn Viết Hải - Nhà xuất bản lao động Xã Hội – Hà Nội – Năm 2004.*

[2] Cơ sở kỹ thuật điện. *Hoàng Hữu Thận. Nhà xuất bản kỹ thuật Hà Nội – Năm 1980.*

[3] Giáo trình kỹ thuật điện. *Vụ trung học chuyên nghiệp và dạy nghề - Nhà xuất bản Giáo Dục –Năm 2005.*

[4] Mạch điện 1 . *Phạm Thị Cư (chủ biên) - Nhà Xuất bản Giáo dục - 1996.*

[5] Cơ sở lý thuyết mạch điện . *Nguyễn Bình Thành - Đại học Bách khoa Hà Nội - 1980.*

[6] Kỹ thuật điện đại cương . *Hoàng Hữu Thận - Nhà Xuất bản Đại học và Trung học chyên nghiệp - Hà Nội - 1976.*

[7] Bài tập Kỹ thuật điện đại cương . *Hoàng Hữu Thận - Nhà Xuất bản Đại học và Trung học chyên nghiệp - Hà Nội - 1980.*