

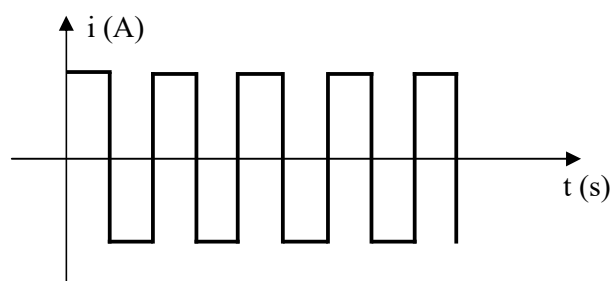
Chương 2

Mạch điện xoay chiều

2.1. Mạch điện xoay chiều hình sin một pha

2.1.1. Khái niệm dòng điện xoay chiều

Dòng điện có chiều và trị số biến thiên theo thời gian được gọi là dòng điện xoay chiều.



Hình 2.1: dòng điện xoay chiều có dạng sóng xung vuông

2.1.2. Dòng điện xoay chiều hình sin

Dòng điện xoay chiều biến đổi theo quy luật hình sin được gọi là dòng điện xoay chiều hình sin.

Phương trình tổng quát của dòng điện xoay chiều hình sin như sau:

$$i = I_m \sin(\omega t + \psi_i) \quad (2.1)$$

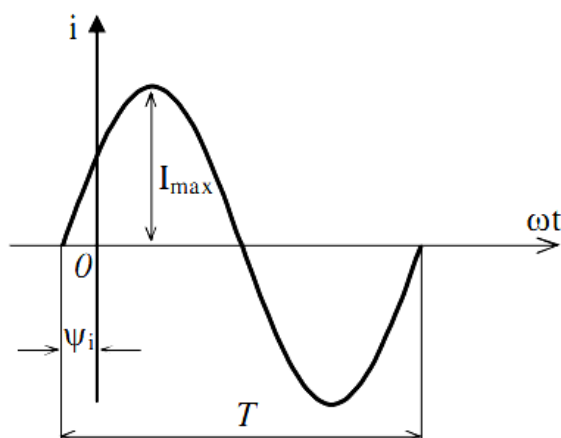
Trong đó:

i : là trị số tức thời của dòng điện.

I_m : là giá trị cực đại của dòng điện (hay là biên độ của dòng điện)

ω : là tần số góc

ψ_i : là góc pha ban đầu của dòng điện



Hình 2.2: Dạng sóng của dòng điện xoay chiều hình sin

Trong kỹ thuật và đời sống dòng điện xoay chiều hình sin được dùng rất rộng rãi vì nó có nhiều ưu điểm so với dòng điện một chiều. Dòng điện xoay chiều dễ dàng truyền tải đi xa, dễ

dùng thay đổi cấp điện áp nhờ máy biến áp. Máy phát điện và động cơ điện xoay chiều làm việc tin cậy, vận hành đơn giản, hiệu quả kinh tế cao. Ngoài ra trong trường hợp cần thiết, ta có thể dễ dàng biến đổi nguồn xoay chiều thành một chiều nhờ các thiết bị chỉnh lưu

2.1.3. Các đại lượng cơ bản của mạch điện xoay chiều hình sin

Chu kỳ: Là khoảng thời gian ngắn nhất để dòng điện lặp lại trị số và chiều biến thiên cũ. Chu kỳ có ký hiệu là T , đơn vị: giây (s).

Tần số: Là số chu kỳ mà dòng điện thực hiện được trong một đơn vị thời gian (trong 1 giây). Tần số có ký hiệu là f , đơn vị là hertz (Hz).

$$f = \frac{1}{T} \quad (2.2)$$

Tần số góc: Là tốc độ biến thiên của dòng điện hình sin. Tần số góc có ký hiệu là ω , đơn vị là rad/s.

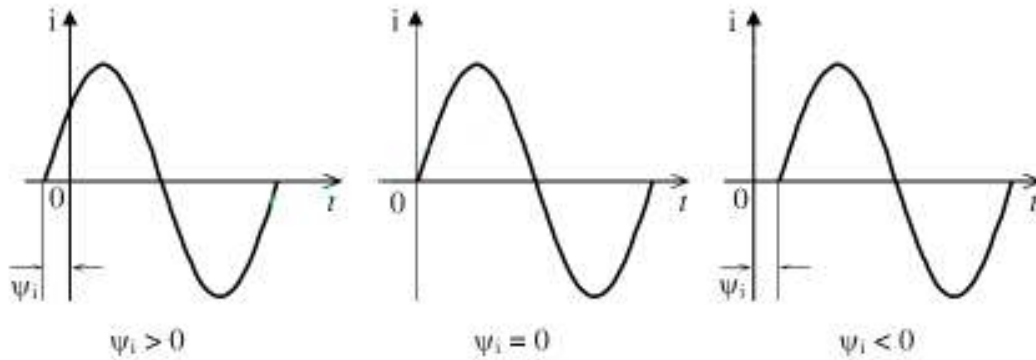
Quan hệ giữa tần số góc và tần số:

$$\omega = 2\pi f \quad (2.3)$$

Trị tức thời của dòng điện: trị số tức thời là trị số ứng với thời điểm t , ký hiệu là i . Trong biểu thức (2.1) trị số tức thời phụ thuộc vào biên độ I_0 và góc pha $(\omega t + \psi_i)$

Biên độ I_m : là trị số cực đại của dòng điện i .

Góc pha $(\omega t + \psi_i)$ nói lên trạng thái của dòng điện ngay tại thời điểm t . Ở thời điểm $t = 0$ thì góc pha của dòng điện là ψ_i . ψ_i gọi là góc pha ban đầu của dòng điện. Góc pha ban đầu ψ_i phụ thuộc vào thời điểm được chọn làm gốc thời gian.



Hình 2.3: Góc pha ban đầu của dòng điện khi chọn các mốc thời gian khác nhau

Góc lệch pha giữa điện áp và dòng điện:

Giả sử cho dòng điện $i = I_m \sin(\omega t + \psi_i)$ và $u = U_m \sin(\omega t + \psi_u)$

Trong đó: U_m, ψ_u là biên độ và góc pha của điện áp.

Để biểu diễn góc lệch pha giữa 2 đại lượng điện áp và dòng điện chúng phải có cùng tần số góc, cùng hàm sin hoặc hàm cos.

Góc lệch pha giữa điện áp và dòng điện ký hiệu là φ

$$\varphi = (\omega t + \psi_u) - (\omega t + \psi_i) = \psi_u - \psi_i \quad (2.4)$$

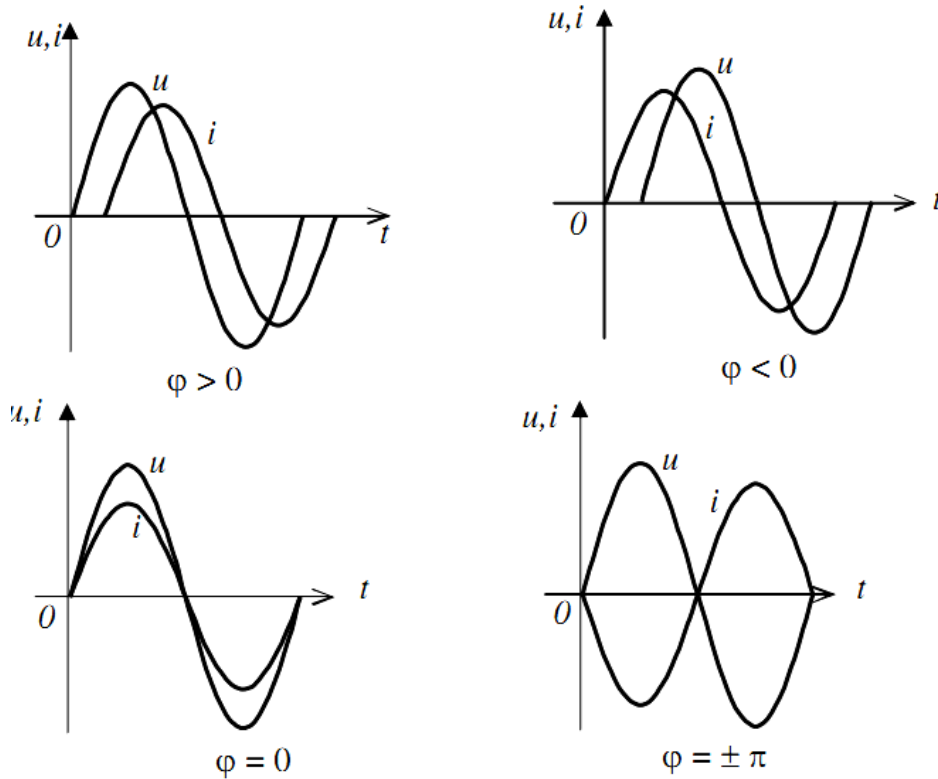
Góc φ phụ thuộc vào các thông số của mạch.

$\varphi > 0$: điện áp nhanh hơn dòng điện

$\varphi < 0$: điện áp chậm pha hơn dòng điện

$\varphi = 0$: điện áp trùng pha dòng điện

$\varphi = \pm\pi$: điện áp ngược pha với dòng điện



Hình 2.4: Góc lệch pha giữa điện áp và dòng điện

Ví dụ 2.1: Cho hai đại lượng điều hòa có cùng tần số góc

$$u = 100 \sin(2t + 60^\circ)$$

$$i = 20 \sin(2t + 30^\circ)$$

Góc lệch pha giữa điện áp và dòng điện: $\varphi = \psi_u - \psi_i = 60^\circ - 30^\circ = 30^\circ$

Vậy: u nhanh pha hơn i một góc 30°

Ví dụ 2.2: Cho hai đại lượng điều hòa có cùng tần số góc

$$u = 100 \sin(2t + 60^\circ)$$

$$i = 20 \cos 2t$$

Do u và i không cùng dạng sin và cos nên ta phải chuyển sang dạng cos hoặc sin

Ta đổi: $i = 20 \cos 2t = 20 \sin(2t + 90^\circ)$

Góc lệch pha giữa điện áp và dòng điện: $\varphi = \psi_u - \psi_i = 60^\circ - 90^\circ = -30^\circ$

Vậy: u chậm pha hơn i một góc 30°

Trị hiệu dụng của dòng điện:

Giá trị hiệu dụng của dòng điện được tính như sau:

$$I = \frac{I_m}{\sqrt{2}} = 0,707I_m \quad (2.5)$$

Tương tự cho điện áp, sức điện động xoay chiều hình sin:

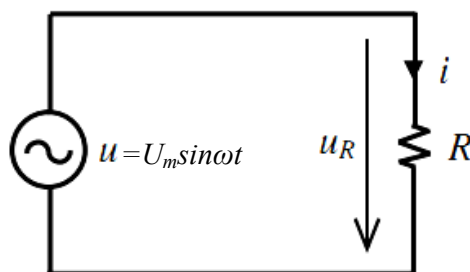
$$U = \frac{U_m}{\sqrt{2}} = 0,707U_m \quad (2.6)$$

Lưu ý: giá trị hiển thị trên các đồng hồ đo là giá trị hiệu dụng.

2.1.4. Quan hệ dòng điện –điện áp trên các phần tử R-L-C

2.1.4.1. Mạch điện xoay chiều thuần trở

Mạch điện xoay chiều thuần trở là mạch điện chỉ có thành phần điện trở như bóng đèn sợi đốt, lò điện trở,...



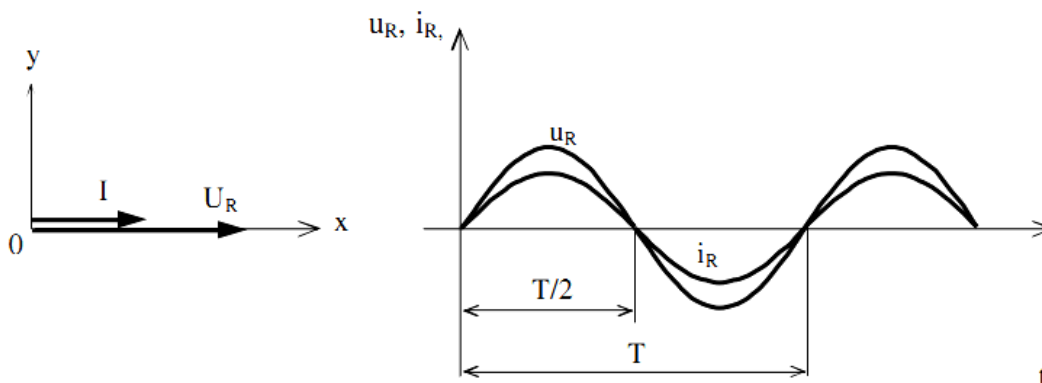
Hình 2.5: Mạch thuần trở

Phương trình dòng điện chạy qua điện trở có dạng:

$$i = I_m \sin(\omega t) \quad (2.7)$$

$$\text{Với } I_m = U_m/R \quad I_m = \frac{U_m}{R} \quad (2.8)$$

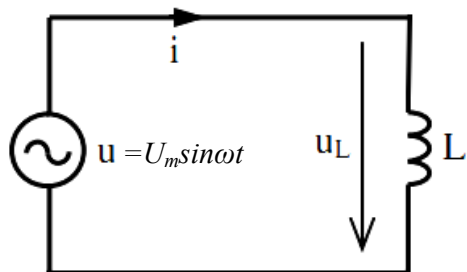
Trong mạch điện thuần trở dòng điện và điện áp cùng pha.



Hình 2.6: Đồ thị mạch xoay chiều thuần trở

2.1.4.2. Mạch xoay chiều thuần cảm

Mạch thuần cảm là mạch điện chỉ có điện cảm (cuộn dây có hệ số tự cảm lớn, điện trở không đáng kể).



Hình 2.7: Mạch điện xoay chiều thuần cảm

Phương trình chạy qua cuộn dây có dạng:

$$i = I_m \sin\left(\omega t - \frac{\pi}{2}\right) \quad (2.9)$$

Trong đó:

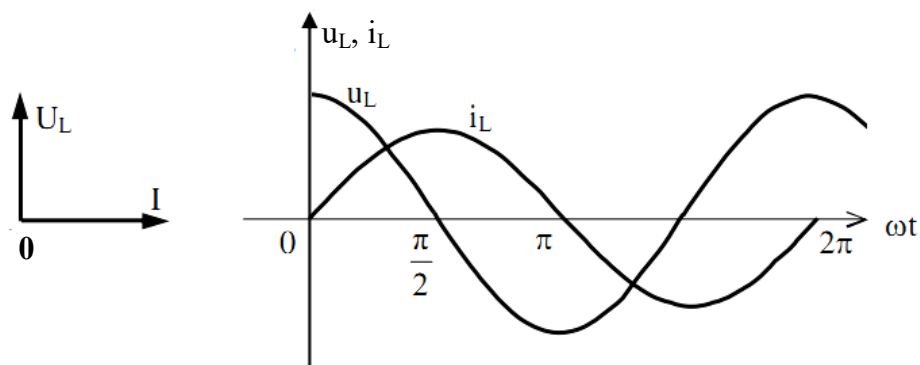
$$I_m = \frac{U_m}{X_L} \quad (2.10)$$

$$X_L = \omega.L \quad (2.11)$$

Trong đoạn mạch thuần cảm dòng điện chậm pha hơn điện áp một góc $\frac{\pi}{2}$

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

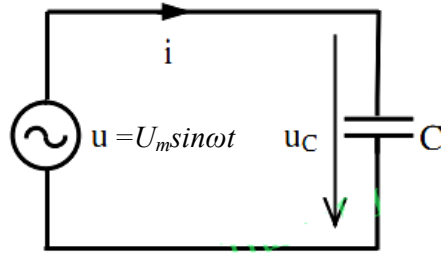
Trong mạch xoay chiều thuần cảm, điện áp nhanh pha hơn dòng điện 1 góc $\frac{\pi}{2}$



Hình 2.8: Đồ thị mạch xoay chiều thuần cảm

2.1.4.3. Mạch thuần dung

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



Hình 2.9: Mạch xoay chiều thuần dung

Phương trình chạy qua cuộn dây có dạng:

$$i = I_m \sin\left(\omega t + \frac{\pi}{2}\right) \quad (2.10)$$

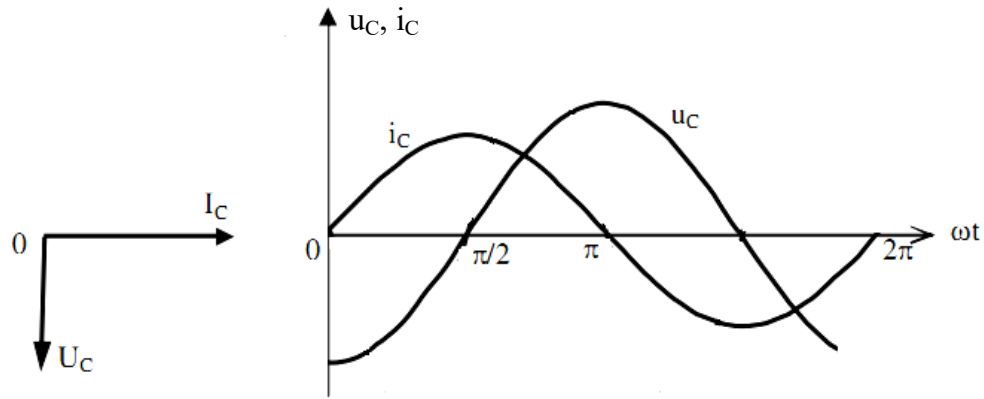
Trong đó:

$$I_m = \frac{U_m}{X_C} \quad (2.11)$$

$$X_C = \frac{1}{C\omega} \quad (2.12)$$

Trong đoạn mạch thuần dung dòng điện nhanh pha hơn điện áp một góc $\frac{\pi}{2}$

X_C là dung kháng của tụ điện, có đơn vị là (Ω)



Hình 2.10: Đồ thị mạch xoay chiều thuần dung

2.1.5. Công suất của mạch điện xoay chiều

2.1.5.1. Công suất tác dụng

Công suất tác dụng còn gọi là công suất trung bình hay công suất tiêu thụ, ký hiệu: P

Đơn vị tính là W

$$P = I^2 \cdot R = I \cdot \frac{U}{Z} \cdot Z \cdot \cos \varphi = UI \cos \varphi \quad (2.13)$$

Với U, I : điện áp, dòng điện hiệu dụng.

Cosφ: Hệ số công suất

Ghi chú: công suất tác dụng của tải thuần cảm và tải thuần dung bằng 0.

2.1.5.2. Công suất phản kháng

Công suất phản kháng là công suất trao đổi qua lại giữa nguồn điện (máy phát điện) với từ trường của các cuộn dây và điện trường của các tụ điện.

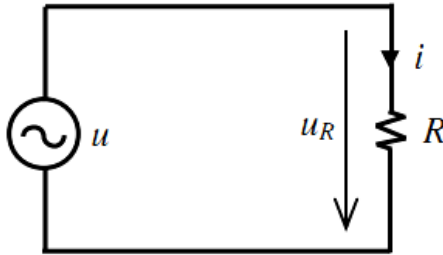
Ký hiệu : Q

$$Q = I^2 . X = I . \frac{U}{Z} . Z . \sin \varphi = UI \sin \varphi \quad (2.14)$$

Đơn vị tính công suất phản kháng là VAR

Ghi chú: công suất phản kháng của tải thuần trở bằng 0.

Ví dụ 2.3: Tính công suất tiêu thụ và công suất phản kháng trên điện trở R. Giả sử cho dòng điện $i = I_m \sin \omega t$ đi qua điện trở R, u: là điện áp đặt giữa 2 đầu R.



Ta có: $p = u.i = R.i^2 = RI_m^2 \cos^2 \omega t$

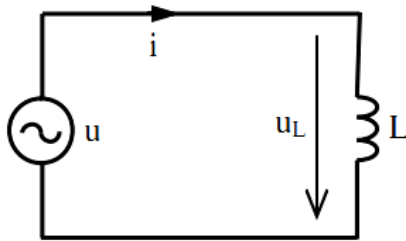
Công suất tác dụng:

$$P = \frac{RI_m^2}{2} = RI^2$$

Công suất phản kháng trên điện trở R: $Q = U.I . \sin \varphi = 0$ (vì $\varphi = 0$)

Ví dụ 2.4: Tính công suất tác dụng và công suất phản kháng trên cuộn dây

Giả sử cho dòng điện $i = I_m \sin \omega t$ đi qua cuộn dây L, u: là điện áp đặt giữa 2 đầu cuộn dây.



Công suất tác dụng trên cuộn dây: $P = U.I . \cos \varphi = 0$ (do $\varphi = \frac{\pi}{2}$)

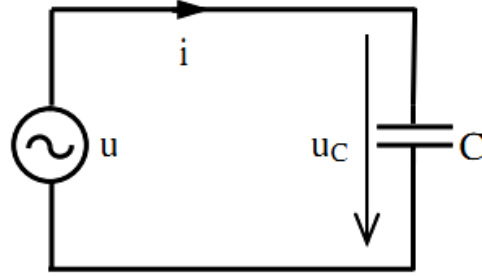
=> **Cuộn dây không tiêu thụ điện năng.**

Công suất phản kháng trên cuộn dây:

$$Q_L = U.I . \sin \varphi = U.I = I^2 X_L$$

Ví dụ 2.5: Tính công suất tác dụng và công suất phản kháng trên tụ điện

Giả sử cho dòng điện $i = I_m \sin \omega t$ đi qua tụ điện C, u: là điện áp đặt giữa 2 đầu tụ điện



Công suất tác dụng trên tụ điện: $P = U.I.\cos\varphi = 0$ (do $\varphi = -\frac{\pi}{2}$)

\Rightarrow **Tụ điện không tiêu thụ điện năng.**

Công suất phản kháng trên tụ điện

$$Q_C = U.I.\sin\varphi = -U.I = -I^2 X_C$$

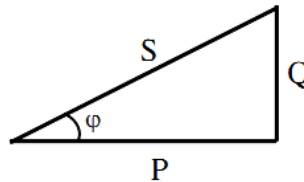
2.1.5.3. Công suất biểu kiến S

Công suất biểu kiến hay công suất toàn phần S là công suất lớn nhất mà thiết bị có thể cung cấp được.

$$S = UI \tag{2.15}$$

Đơn vị S: VA (vôn ampe)

Quan hệ giữa S, P, Q được mô tả bằng một tam giác vuông, trong đó S là cạnh huyền và P, Q là hai cạnh góc vuông gọi là tam giác công suất...



Hình 2.11: Tam giác công suất

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2} \tag{2.16}$$

Từ tam giác công suất ta có:

$$P = S.\cos\varphi \tag{2.17}$$

$$Q = S.\sin\varphi \tag{2.18}$$

$$\text{tg}\varphi = \frac{Q}{P} \tag{2.19}$$

2.1.6. Hệ số công suất - ý nghĩa của việc nâng cao hệ số công suất

2.1.6.1. Hệ số công suất:

Từ tam giác công suất ta có: $P = S.\cos\varphi = U.I.\cos\varphi$

$$\text{Từ tam giác tổng trở ta có: } \cos\varphi = \frac{R}{Z} = \frac{R}{\sqrt{R^2 + (Z_L - Z_C)^2}} \tag{2.20}$$

$\cos\varphi$ được gọi là hệ số công suất, nó phụ thuộc vào kết cấu mạch điện. Hệ số công suất có ý nghĩa rất lớn trong sản xuất, truyền tải và tiêu thụ điện.

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

Mỗi hộ tiêu dùng yêu cầu một công suất tác dụng là P xác định. Khi đó, dòng điện trong đường dây $I = \frac{P}{U \cos \varphi}$, nếu hệ số công suất càng bé thì dòng điện càng lớn và điều này dẫn đến tác hại: dòng điện lớn phải dùng dây dẫn lớn dẫn đến tăng vốn đầu tư, tổn thất năng lượng trên đường dây lớn ($\Delta A = RI^2t$)

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

Ví dụ 2.6: Với một máy phát điện có $S_{dm} = 10000$ KVA

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

$$P = S \cdot \cos \varphi = 10000 \times 0,7 = 7000 \text{ KW}$$

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

$$P = S \cdot \cos \varphi = 10000 \times 0,9 = 9000 \text{ KW}$$

2.1.6.2. Nâng cao hệ số công suất

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

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

Mặt khác nếu cần một công suất P nhất định trên đường dây một pha thì dòng điện trên đường dây là: $I = \frac{P}{U \cos \varphi}$. (2.21)

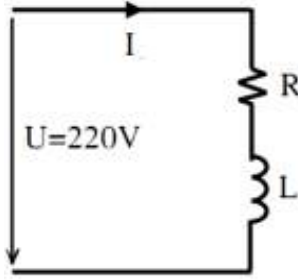
Nếu $\cos \varphi$ càng lớn thì I nhỏ dẫn đến tiết diện dây nhỏ hơn, tổn hao điện dây trên đường dây bé, điện áp rơi trên đường dây cũng giảm.

$$\Delta p = \frac{RP^2}{U^2 \cos^2 \varphi} \quad (2.22)$$

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

Ví dụ 2.7: Một tải gồm $R = 6\Omega$, $X_L = 8\Omega$ mắc nối tiếp, đấu với nguồn $U = 220V$ như hình vẽ.

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



Giải

a) Tổng trở tải:

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

Dòng điện:

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

Hệ số công suất trước khi mắc tụ điện

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

Công suất P của tải:

$$P = RI^2 = 6 \cdot 22^2 = 2904 \text{ W}$$

Công suất Q của tải:

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

b) Tính C

$$\cos \varphi_t = 0,6 \Rightarrow \operatorname{tg} \varphi_t = 1,333$$

$$\cos \varphi = 0,93 \Rightarrow \operatorname{tg} \varphi = 0,395$$

Bộ tụ cần có điện dung là:

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

2.2. Mạch điện xoay chiều hình sin ba pha

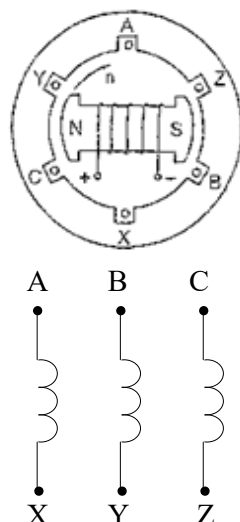
2.2.1. Định nghĩa

Nguồn điện ba pha là tập hợp gồm 3 nguồn một pha được ghép với nhau tạo thành một hệ thống năng lượng điện từ chung trong đó sức điện động mỗi pha có dạng hình sin, cùng tần số, lệch pha nhau 120° điện trong không gian hay $1/3$ chu kỳ.

Mạch điện ba pha gồm nguồn điện 3 pha, đường dây truyền tải và tải 3 pha.

2.2.2. Cách tạo ra nguồn điện ba pha

Để tạo ra dòng điện xoay chiều 3 pha người ta dùng máy phát điện đồng bộ 3 pha. Cấu tạo gồm: Phần tĩnh (stator) gồm có 3 cuộn dây AX, BY, CZ đặt lệch nhau 120° điện, gọi là dây quấn pha A, B, C; phần quay (rotor) là một nam châm điện có cực N – S hay nam châm vĩnh cửu. Khi cho động cơ sơ cấp như máy nổ, tua bin... quay kéo máy phát, từ trường của rotor (phần cảm) lần lượt quét qua các cuộn dây stator (phần ứng) và cảm ứng thành các sức điện động sin cùng tần số, cùng biên độ, lệch pha nhau 120° điện.



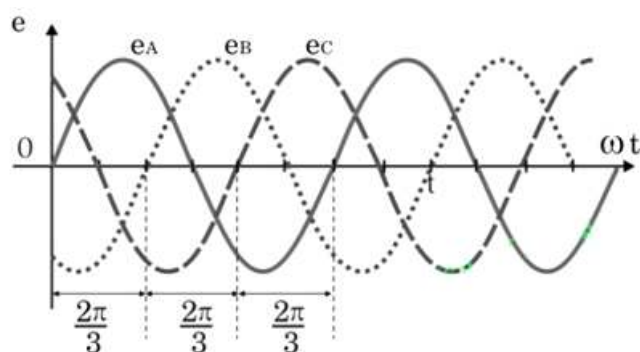
Hình 2.12: Cấu tạo máy phát đồng bộ ba pha đơn giản

Qui ước:

A,B,C là 3 đầu đầu của cuộn dây.

X,Y, Z là 3 đầu cuối của cuộn dây

2.2.3. Đồ thị hình sin-đồ thị véc tơ



Hình 2.13: dạng sóng sức điện động ba pha

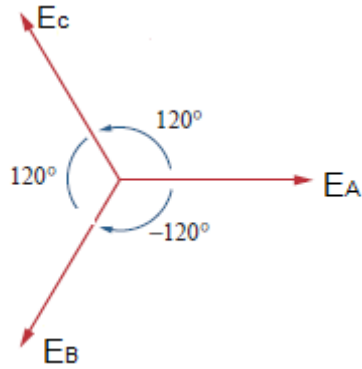
Biểu thức tức thời của 3 sức điện động: (Thứ tự thuận, theo chiều kim đồng hồ)

$$\text{Pha A: } e_A = E\sqrt{2} \sin \omega t \quad (2.23)$$

$$\text{Pha B: } e_B = E\sqrt{2} \sin(\omega t - 120^\circ) \quad (2.24)$$

$$\text{Pha C: } e_C = E\sqrt{2} \sin(\omega t - 240^\circ) = E\sqrt{2} \sin(\omega t + 120^\circ) \quad (2.25)$$

Đồ thị vector:

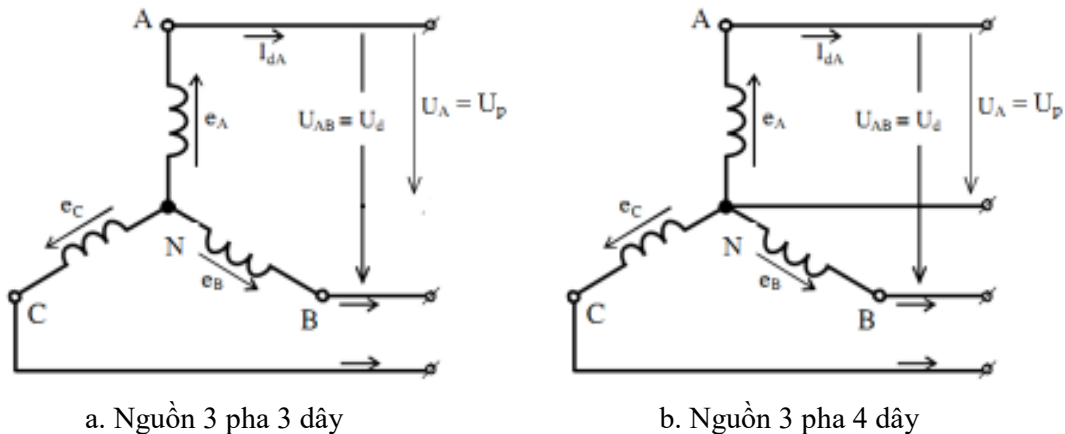


Hình 2.14: Đồ thị véc tơ sức điện động ba pha

2.2.4. Mối quan hệ giữa điện áp dây và pha của nguồn điện 3 pha

Nguồn ba pha nối hình sao:

- Cách mắc hình sao là ta đấu ba điểm cuối X, Y, Z thành một điểm chung gọi là điểm trung tính (điểm N).
- Dây dẫn nối với các điểm đầu A, B, C gọi là dây pha.
- Dây dẫn nối với điểm N gọi là dây trung tính.
- Nếu mạch chỉ có ba dây pha A, B, C gọi là mạch ba pha ba dây. Còn nếu có cả dây trung tính thì gọi là mạch ba pha bốn dây.
- Dòng điện đi trong dây trung tính ký hiệu là: I_N .



Hình 2.15: Nguồn 3 pha nối sao (Y)

U_d : là điện áp dây

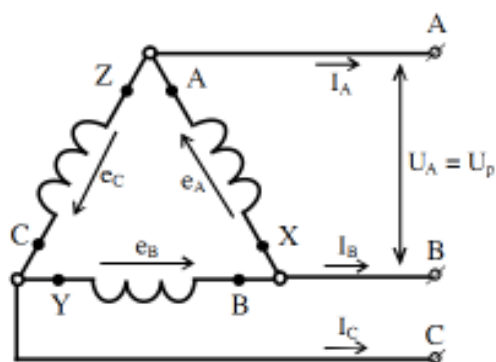
U_p : là điện áp pha

Quan hệ giữa các điện áp dây và pha của nguồn điện ba pha đấu hình Y:

$$U_d = \sqrt{3}U_p \tag{2.26}$$

Nguồn điện ba pha nối hình tam giác:

Nguồn ba pha mắc hình tam giác được đấu như sau: B - X, C - Y, A - Z hoặc A - Y, B - Z, C - X tạo một mạch vòng hình tam giác và ba đỉnh tam giác nối với ba dây dẫn gọi là ba dây pha.



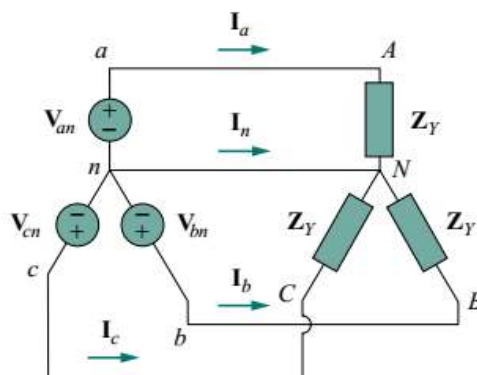
Hình 2.16: Nguồn 3 pha mắc tam giác

Quan hệ giữa các điện áp dây và pha của nguồn điện ba pha đấu tam giác:

$$U_d = U_p \quad (2.27)$$

2.2.5. Các cách đấu dây trong hệ thống 3 pha

- Nguồn đấu hình sao – Tải đấu hình sao (Y - Y)



Hình 2.17: Hệ thống ba pha Y - Y

- Đối với nguồn điện:

$$U_d = \sqrt{3}U_p \quad (2.28)$$

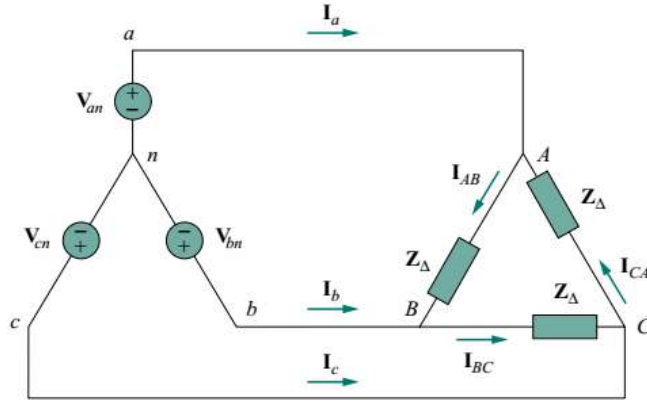
$$I_d = I_p \quad (2.29)$$

- Đối với tải:

$$U_d = \sqrt{3}U_p \quad (2.30)$$

$$I_d = I_p \quad (2.31)$$

• Nguồn đấu hình sao – tải đấu hình tam giác (Y - Δ)



Hình 2.18: Hệ thống ba pha Y - Δ

- Đối với nguồn điện:

$$U_d = \sqrt{3}U_p \quad (2.32)$$

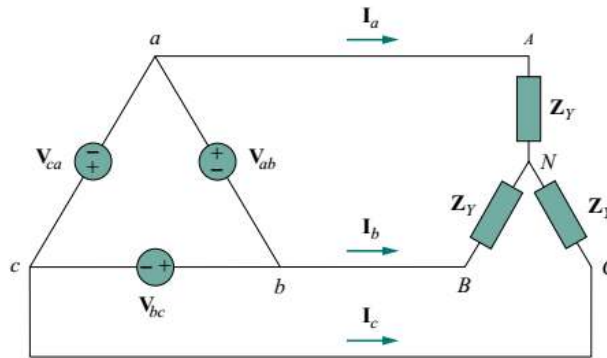
$$I_d = I_p \quad (2.33)$$

- Đối với tải:

$$U_d = U_p \quad (2.34)$$

$$I_d = \sqrt{3}I_p \quad (2.35)$$

• Nguồn đấu hình tam giác – Tải đấu hình sao (Δ - Y)



Hình 2.19: Hệ thống ba pha Δ - Y

- Đối với nguồn điện:

$$U_d = U_p \quad (2.36)$$

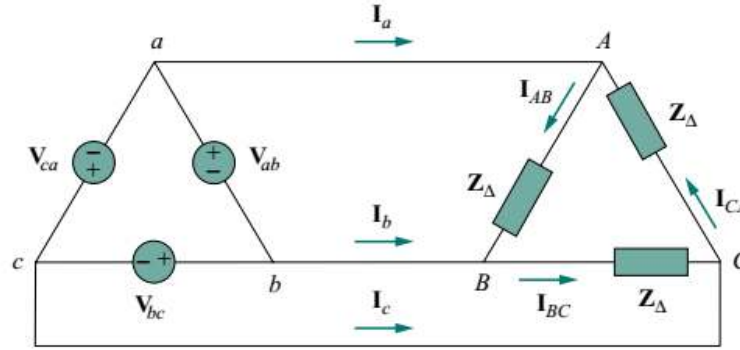
$$I_d = \sqrt{3}I_p \quad (2.37)$$

- Đối với tải:

$$U_d = \sqrt{3}U_p \quad (2.38)$$

$$I_d = I_p \quad (2.39)$$

• Nguồn đấu hình tam giác – Tải đấu hình sao ($\Delta - \Delta$)



Hình 2.20: Hệ thống ba pha $\Delta - \Delta$

- Đối với nguồn điện:

$$U_d = U_p \quad (2.40)$$

$$I_d = \sqrt{3}I_p \quad (2.41)$$

- Đối với tải:

$$U_d = U_p \quad (2.42)$$

$$I_d = \sqrt{3}I_p \quad (2.57)$$

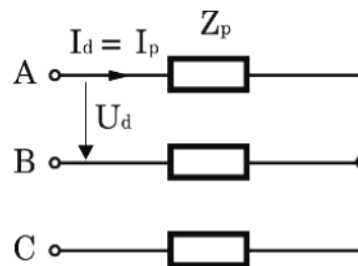
2.2.6. Phương pháp giải mạch ba pha

Mạch ba pha đối xứng

Mạch điện 3 pha đối xứng có dòng điện các pha có trị số bằng nhau về độ lớn nhưng lệch pha nhau 120° . Khi giải mạch điện 3 pha đối xứng ta tách từng pha riêng rẽ để tính. Một số trường hợp thường gặp.

Tải nối hình Y đối xứng:

Khi không xét đến tổng trở đường dây



Hình 2.21: Mạch mắc hình Y đối xứng

$$\text{Điện áp đặt lên mỗi pha: } U_p = \frac{U_d}{\sqrt{3}} \quad (2.43)$$

$$\text{Tổng trở pha của tải: } Z_p = \sqrt{R_p^2 + X_p^2} \quad (2.44)$$

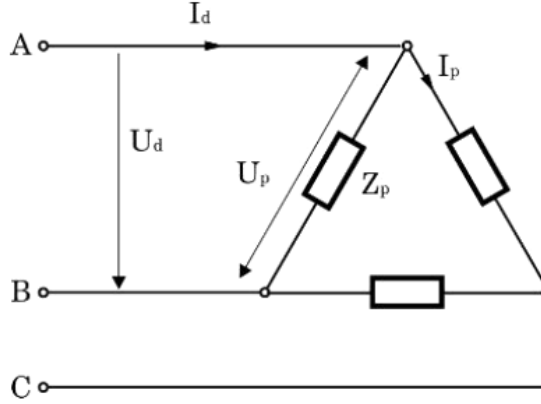
$$\text{Dòng điện pha của tải: } I_p = \frac{U_p}{Z_p} = \frac{U_d}{\sqrt{3}\sqrt{R_p^2 + X_p^2}} \quad (2.45)$$

$$\text{Góc lệch pha } \varphi \text{ của điện áp } U_p \text{ và } I_p: \varphi = \arctg \frac{X_p}{R_p} \quad (2.46)$$

$$\text{Vì tải nối Y nên: } I_d = I_p \quad (2.47)$$

Tải nối tam giác đối xứng

Khi không xét đến tổng trở đường dây pha



Hình 2.22: Mạch mắc hình tam giác đối xứng

$$\text{Điện áp đặt lên mỗi pha: } U_p = U_d \quad (2.48)$$

$$\text{Tổng trở pha của tải: } Z_p = \sqrt{R_p^2 + X_p^2} \quad (2.49)$$

$$\text{Dòng điện pha của tải: } I_p = \frac{U_p}{Z_p} = \frac{U_d}{\sqrt{R_p^2 + X_p^2}} \quad (2.50)$$

$$\text{Góc lệch pha } \varphi \text{ của điện áp } U_p \text{ và } I_p: \varphi = \arctg \frac{X_p}{R_p} \quad (2.51)$$

$$\text{Vì tải nối } \Delta \text{ nên: } I_d = \sqrt{3}I_p \quad (2.52)$$

2.2.7. Công suất mạch ba pha

Công suất tác dụng ba pha

$$P_{3pha} = P_A + P_B + P_C = U_A I_A \cos \varphi_A + U_B I_B \cos \varphi_B + U_C I_C \cos \varphi_C \text{ (W)} \quad (2.53)$$

Trong đó:

U_A, U_B, U_C : là điện áp pha A, B, C

I_A, I_B, I_C : là dòng điện pha A, B, C

$\varphi_A, \varphi_B, \varphi_C$: là góc lệch pha giữa điện áp và dòng điện pha A, B, C

Nếu mạch ba pha đối xứng: $U_A = U_B = U_C = U_p$; $I_A = I_B = I_C = I_p$; $\cos \varphi_A = \cos \varphi_B = \cos \varphi_C = \cos \varphi$

$$P_{3pha} = 3.P_{1pha} = 3U_p I_p \cos \varphi = \sqrt{3}U_d I_d \cos \varphi = 3R_p I_p^2 \text{ (W)} \quad (2.54)$$

Công suất phản kháng ba pha

$$Q_{3pha} = Q_A + Q_B + Q_C = U_A I_A \sin \varphi_A + U_B I_B \sin \varphi_B + U_C I_C \sin \varphi_C \text{ (VAr)} \quad (2.55)$$

Nếu mạch ba pha đối xứng: $U_A = U_B = U_C = U_p$; $I_A = I_B = I_C = I_p$; $\sin \varphi_A = \sin \varphi_B = \sin \varphi_C = \sin \varphi$

$$Q_{3pha} = 3U_p I_p \sin \varphi = \sqrt{3}U_d I_d \sin \varphi = 3X_p I_p^2 \text{ (VAr)} \quad (2.56)$$

Công suất biểu kiến ba pha

$$S_{3pha} = \sqrt{P_{3pha}^2 + Q_{3pha}^2} \quad (2.57)$$

Nếu mạch ba pha đối xứng:

$$S_{3pha} = 3U_p I_p = \sqrt{3}U_d I_d \quad (2.58)$$

Bài tập chương 2

2.1. Một nguồn điện xoay chiều một pha có điện áp hiệu dụng là 220V cấp nguồn cho 10 bóng đèn huỳnh quang giống nhau. Trên đèn có ghi các thông số như sau: $U_{dm} = 220V$, $P_{dm} = 36W$, $\cos\varphi = 0,65$.

- Hãy vẽ sơ đồ nối các đèn trên vào nguồn điện?
- Tính tổng công suất tiêu thụ, công suất phản kháng và công suất biểu kiến khi các đèn trên làm việc đồng thời?
- Tính dòng định mức của mỗi đèn?
- Tính giá trị hiệu dụng của dòng điện tổng chạy trên dây dẫn cấp nguồn cho toàn bộ hệ thống đèn trên?
- Tính tổng điện năng tiêu thụ trong 1 tháng (30 ngày)? Biết rằng trung bình mỗi đèn hoạt động 6h/ ngày.

Đáp số:

- Sinh viên tự vẽ
- $P = 360W$; $Q = 420,89Var$; $S = 553,85VA$
- 0,25A
- 2,52A
- 64,8kWh

2.2. Một nguồn điện xoay chiều một pha có điện áp hiệu dụng là 220V cấp nguồn cho 50 bóng đèn dây tóc giống nhau chiếu sáng cho một vườn trồng hoa. Trên đèn có ghi các thông số như sau: $U_{dm} = 220V$, $P_{dm} = 75W$

- Hãy vẽ sơ đồ nối các đèn trên vào nguồn điện?
- Tính tổng công suất tiêu thụ, công suất phản kháng và công suất biểu kiến khi các đèn trên làm việc đồng thời?
- Tính dòng định mức của mỗi đèn?
- Tính giá trị hiệu dụng của dòng điện tổng chạy trên dây dẫn cấp nguồn cho toàn bộ hệ thống đèn trên?
- Tính tổng điện năng tiêu thụ trong 1 tháng (30 ngày)? Biết rằng trung bình mỗi đèn hoạt động 4h/ ngày.

Đáp số:

- Sinh viên tự vẽ
- $P = 3750W$; $Q = 0Var$; $S = 3750VA$
- 0,34A
- 17,05A
- 450kWh

2.3. Một nguồn điện xoay chiều một pha cấp nguồn cho 1 nhóm thiết bị gồm 10 quạt trần có thông số mỗi quạt như sau: $U_{dm} = 220V$, $P = 65W$, $\cos\varphi = 0,6$.

- Vẽ hình minh họa cho hệ thống trên?
- Tính dòng điện định mức cho mỗi quạt trên?
- Tính dòng điện hiệu dụng chạy trên dây dẫn tổng cấp nguồn cho hệ thống trên?
- Tính tổng công suất tiêu thụ, công suất phản kháng và công suất biểu kiến của hệ thống trên?
- Tính tổng điện năng tiêu thụ trong 1 tháng (30 ngày)? Biết rằng trung bình mỗi quạt hoạt động 7h/ ngày.

- f) Tính tiền điện phải trả trong 1 tháng (30 ngày)? Biết rằng giá điện năng trung bình là 1850đ/ kWh.

Đáp số:

- a) Sinh viên tự vẽ
b) 0,49A
c) 4,92A
d) $P=650W$; $Q = 866,67Var$; $S=1083,34VA$
e) 136,5kWh
f) 252525 đồng

2.4. Một nguồn điện xoay chiều một pha cấp nguồn cho 1 máy lạnh có thông số sau: $P_{dm} = 2 \text{ HP}$, $U_{dm} = 220V$, $\cos\varphi = 0,8$. (1HP ~750W)

- a) Tính dòng điện hiệu dụng chạy trên dây dẫn cấp nguồn cho máy lạnh trên?
b) Tính tổng điện năng tiêu thụ trong 1 tháng (30 ngày)? Biết rằng trung bình máy lạnh hoạt động hoạt động 8h/ ngày.
c) Tính tiền điện phải trả trong 1 tháng (30 ngày)? Biết rằng giá điện năng trung bình là 1850đ/ kWh.

Đáp số:

- a) 8,52A
b) 360kWh
c) 666000 đồng

2.5. Một ổ cắm cấp nguồn cho một lò nướng dạng điện trở và 1 ấm nấu nước siêu tốc. Lò nướng có thông số: $P_{dm} = 2000W$, $U_{dm} = 220V$. Ấm nấu nước siêu tốc có thông số: $P_{dm} = 1000W$, $U_{dm}=220V$.

- a) Tính công suất tác dụng, công suất phản kháng và công suất biểu kiến của hệ thống trên?
b) Tính dòng điện hiệu dụng chạy trên dây dẫn cấp nguồn cho ổ cắm trên khi cả hai thiết bị cùng làm việc?

Đáp số:

- a) $P=3000W$; $Q=0Var$; $S=3000VA$
b) 13,64A

2.6. Một ổ cắm cấp nguồn cho một bàn ủi và một quạt bàn. Bàn ủi có thông số: $P_{dm} = 1000W$, $U_{dm}=220V$. Quạt bàn có thông số: $P_{dm} = 45W$, $U_{dm}=220V$, $\cos\varphi = 0,8$.

- a) Tính tổng công suất tác dụng, công suất phản kháng và công suất biểu kiến của hệ thống trên?
b) Tính dòng điện hiệu dụng chạy trên dây dẫn cấp nguồn cho ổ cắm trên khi cả hai thiết bị cùng làm việc?

Đáp số:

- a) $P=1045W$; $Q=33,75VA$; $S=1045,54VA$
b) 4,75A

2.7. Một nguồn điện xoay chiều một pha cấp nguồn cho 1 phòng sinh hoạt có các phụ tải được chia thành các nhóm như sau: nhóm 1 gồm 10 đèn huỳnh quang với thông số mỗi đèn:

$U_{dm}=220V$, $P_{dm} = 36W$, $\cos\varphi = 0,65$; nhóm 2 gồm 10 quạt trần có thông số mỗi quạt như sau: $U_{dm}=220V$, $P_{dm} = 65W$, $\cos\varphi = 0,6$.

- a) Vẽ hình minh họa cho hệ thống trên?
b) Tính tổng công suất tác dụng, công suất phản kháng và công suất biểu kiến của hệ thống trên?
c) Tính dòng điện hiệu dụng chạy trên dây dẫn tổng cấp nguồn cho hệ thống trên?
d) Tính tổng điện năng tiêu thụ trong 1 tháng (30 ngày)? Biết rằng trung bình mỗi đèn và quạt hoạt động 8h/ ngày.

- e) Tính tiền điện phải trả trong 1 tháng (30 ngày)? Biết rằng giá điện năng trung bình là 1850đ/ kWh.

Đáp số:

- a) Sinh viên tự vẽ
b) $P = 1010W$; $Q=1287,55$; $S=1636,42VA$
c) $P = 3750W$
d) $242,4kWh$

2.8. Một nguồn điện xoay chiều một pha có điện áp hiệu dụng là 220V cấp nguồn một bơm nước dân dụng các thông số như sau: $U_{dm} = 220V$, $P_{dm} = 2HP$, $\cos\varphi = 0,85$. (1HP ~750W)

- a) Tính dòng điện chạy trên dây dẫn cấp nguồn cho bơm nước trên?
b) Tính điện năng bơm nước tiêu thụ trong 2 giờ?

Đáp số:

- a) $8,02A$
b) $3kWh$

2.9. Một nguồn xoay chiều 3 pha đối xứng 220/ 380 cấp nguồn cho một lò sấy dạng điện trở có thông số như sau: $P = 5000W$, $U_{dm}=380V$

- a) Hãy tính dòng điện hiệu dụng chạy trên dây dẫn cấp nguồn cho lò sấy trên?
b) Tính điện năng mà lò sấy tiêu thụ khi hoạt động trong 10 giờ?

Đáp số:

- a) $7,6A$
b) $50kWh$

2.10. Một nguồn xoay chiều 3 pha đối xứng 220/ 380 cấp nguồn cho bơm nước 3 pha có thông số như sau: $P = 10HP$, $U_{dm}=380V$, $\cos\varphi = 0,8$. (1HP ~750W). Hãy tính dòng điện định mức của động cơ?

Đáp số: $14,24A$

2.11. Một nguồn xoay chiều 3 pha đối xứng 220/ 380 cấp nguồn cho một hệ thống đèn thấp sáng cho thanh long gồm 300 bóng đèn dây tóc. Thông số ghi trên nhãn đèn như sau: $U_{dm} = 220V$, $P = 75W$.

- a) Hãy vẽ sơ đồ nối các đèn trên vào hệ thống nguồn? Lưu ý: phân bố các đèn đều trên 3 pha.
b) Tính dòng điện chạy trên các dây dẫn của các pha và dòng điện chạy trong dây trung tính?
c) Tính tổng công suất tiêu thụ của hệ thống trên?
d) Tính tổng số tiền điện phải trả trong 1 tháng (30 ngày) biết rằng đơn giá trung bình là 2500đ/ kWh. Biết rằng hệ thống trên làm việc 5h/ ngày.
e) Nếu trong quá trình vận hành nếu dây pha C bị đứt thì điều gì xảy ra? Giải thích?

Đáp số:

- a) Sinh viên tự vẽ
b) $34,09A$
c) $P = 22500W$
d) $3375kWh$
e) Các đèn nối với pha C không sáng, các đèn nối với pha A và pha B sáng bình thường.
Sinh viên tự giải thích