

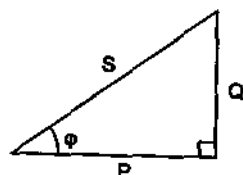
$$S = UI = \sqrt{P^2 + Q^2} \quad (3-22)$$

Biểu thức của P , Q có thể viết theo S như sau:

$$P = UI \cos \varphi = S \cos \varphi$$

$$Q = UI \sin \varphi = S \sin \varphi$$

Từ 2 công thức này thấy rõ, cực đại của công suất tác dụng P (khi $\cos \varphi = 1$), cực đại của công suất phản kháng Q (khi $\sin \varphi = 1$) là công suất biểu kiến S . Vậy S nói lên khả năng của thiết bị. Trên nhãn của máy phát điện, máy biến áp, người ta ghi công suất biểu kiến S định mức.



Hình 3.22

Quan hệ giữa P , Q , S được mô tả bằng một tam giác vuông (hình 3.22) trong đó S là cạnh huyền, P , Q là 2 cạnh góc vuông.

P , Q , S có cùng thứ nguyên, song để phân biệt ta cho các đơn vị khác nhau:

Đơn vị của P : W, kW, MW

Đơn vị của Q : VAR, kVAR, MVAR

Đơn vị của S : VA, kVA, MVA

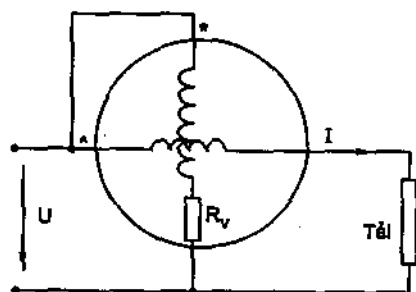
4. Đo công suất tác dụng P

Để đo công suất tác dụng P , người ta thường dùng oát kế kiểu điện động (hình 3.23).

Oát kế điện động gồm 2 cuộn dây, cuộn dòng điện (có tiết diện lớn) ở phần tĩnh, mắc nối tiếp với tải, cuộn điện áp (tiết diện nhỏ, nhiều vòng dây) ở phần động, mắc song song với điện áp tải, có dòng điện

$$i_v = \frac{u}{R_v}. \text{ Lực điện từ tác dụng vào}$$

phần động tỷ lệ với tích hai dòng điện i và i_v nghĩa là tỷ lệ với $p = ui$, do đó mô men quay trung bình của dụng cụ sẽ tỷ lệ với công suất tác dụng P .



Hình 3.23

Khi sử dụng oát kế cần chú ý nối đúng cực tính của cuộn dây (đầu đánh dấu *).

3.7. NÂNG CAO HỆ SỐ CÔNG SUẤT $\cos\varphi$

Trong biểu thức công suất tác dụng $P = UI\cos\varphi$, $\cos\varphi$ được coi là hệ số công suất.

Hệ số công suất phụ thuộc vào thông số của mạch điện. Trong nhánh R, L, C nối tiếp

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

hoặc
$$\cos\varphi = \frac{P}{\sqrt{P^2 + Q^2}}$$

Hệ số công suất là chỉ tiêu kỹ thuật quan trọng, có ý nghĩa rất lớn về kinh tế như sau:

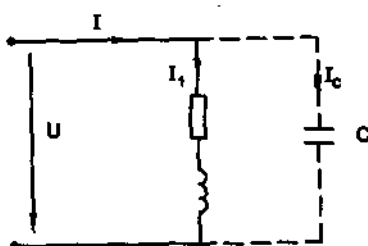
- Nâng cao hệ số công suất sẽ tận dụng tốt công suất nguồn (máy phát điện, máy biến áp,...) cung cấp cho tải. Ví dụ một máy phát điện có công suất định mức $S_{dm} = 10000\text{kVA}$, nếu hệ số công suất của tải $\cos\varphi = 0,5$, công suất tác dụng của máy phát cho tải $P = S_{dm}\cos\varphi = 10000 \cdot 0,5 = 5000\text{kW}$. Nếu $\cos\varphi = 0,9$ thì $P = 10000 \cdot 0,9 = 9000\text{kW}$. Rõ ràng là khi $\cos\varphi$ cao máy phát ra nhiều công suất hơn.

- Khi cần truyền tải một công suất P nhất định trên đường dây, thì dòng điện chạy trên đường dây là:

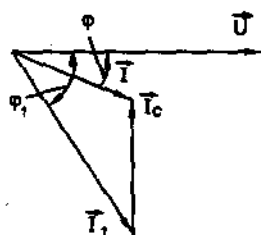
$$I = \frac{P}{U\cos\varphi}$$

Nếu $\cos\varphi$ cao thì dòng điện I sẽ giảm, dẫn đến giảm tổn hao điện năng, giảm điện áp rơi trên đường dây và có thể chọn dây dẫn tiết diện nhỏ hơn.

Các tải trong công nghiệp và sinh hoạt thường có tính điện cảm (cuộn dây động cơ điện, máy biến áp, chấn lưu...) nên $\cos\varphi$ thấp. Để nâng cao $\cos\varphi$ ta thường dùng tụ điện nối song song với tải (hình 3.24a).



a)



b)

Hình 3.24

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

Khi có bù (có nhánh tụ điện), dòng điện chạy trên đường dây I là:

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

Và hệ số công suất của mạch là $\cos\varphi$.

Từ đồ thị hình 3.24b ta thấy

$$I < I_1; \varphi < \varphi_1 \text{ và } \cos\varphi > \cos\varphi_1$$

Như vậy hệ số công suất $\cos\varphi$ đã được nâng cao.

Điện dung C cần thiết để nâng hệ số công suất từ $\cos\varphi_1$ lên $\cos\varphi$ được tính như sau:

Vì công suất tác dụng của tải không đổi nên công suất phản kháng của mạch là:

Khi chưa bù :

$$Q_1 = P \tan\varphi_1$$

Khi có bù bằng tụ điện (tụ điện cung cấp Q_C)

$$Q = Q_1 + Q_C = P \tan\varphi_1 + Q_C = P \tan\varphi$$

Từ đó rút ra công suất Q_C của tụ điện là:

$$Q_C = -P(\tan\varphi_1 - \tan\varphi) \quad (3-23)$$

Mặt khác công suất Q_C của tụ điện được tính là :

$$Q_C = -U_C I_C = -U \cdot U \cdot \omega C = -U^2 \omega C \quad (3-24)$$

So sánh (3-23) và (3 - 24) ta tính được điện dung C của bộ tụ điện là:

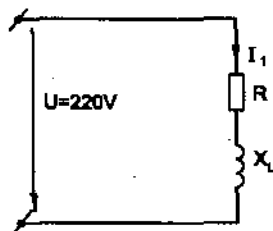
$$C = \frac{P}{\omega U^2} (\tan\varphi_1 - \tan\varphi) \quad (3-25)$$

Ví dụ 14: Một tải gồm $R = 6\Omega$, $X_L = 8\Omega$ mắc nối tiếp, đấu vào nguồn $U = 220V$ (hình 3.25).

a) Tính dòng điện I_1 , công suất P , Q , S và $\cos\varphi_1$ của tải.

b) Người ta nâng hệ số công suất của mạch điện đạt $\cos\varphi = 0,93$.

Tính điện dung C của bộ tụ điện đấu song song với tải.



Hình 3.25

Lời giải: Tổng trở tải

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

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

Dòng điện tải I_1

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

Công suất P của tải:

$$P = RI_1^2 = 6 \cdot 22^2 = 2904W$$

Có thể tính $P = UI_1 \cos \varphi_1 = 220 \cdot 22 \cdot 0,6 = 2904W$

Công suất Q của tải.

$$Q = X_L I_1^2 = 8 \cdot 22^2 = 3872VAr$$

Có thể tính:

$$Q = UI_1 \sin \varphi_1 = 220 \cdot 22 \cdot 0,8 = 3872VAr$$

Tính C

$$\cos \varphi_1 = 0,6 ; \operatorname{tg} \varphi_1 = 1,333$$

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

Bộ tụ cần có điện dung là

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

3.8. BIỂU DIỄN DÒNG ĐIỆN HÌNH SIN BẰNG SỐ PHỨC

1. Cách biểu diễn số phức

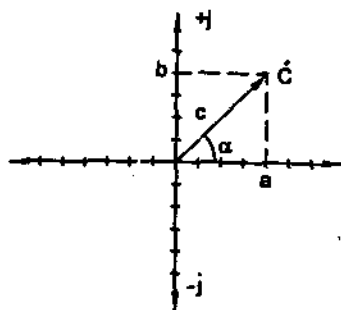
Trong mặt phẳng tọa độ phức, số phức được biểu diễn dưới 2 dạng sau (hình 3.26).

a) Dạng đại số

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

Trong đó a là phần thực; jb là phần ảo.

$j = \sqrt{-1}$ là đơn vị ảo (trong toán học đơn vị ảo ký hiệu là i , ở đây để khỏi nhầm lẫn với dòng điện i , ta ký hiệu là j).



Hình 3.26

b) Dạng mũ

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

Trong đó : C là mô đun (độ lớn)

α là argumen (góc)

c) Đổi từ dạng mũ sang dạng đại số

$$\dot{C} = Ce^{j\alpha} = C \angle \alpha = a + jb$$

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

d) Đổi từ dạng đại số sang dạng mũ

$$a + jb = Ce^{j\alpha}$$

trong đó:

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

Việc đổi này thực hiện dễ dàng trên máy tính.

2. Một số phép tính đối với số phức

a) Cộng, trừ

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

$$(4 + j2) + (3 + j1) = (4 + 3) + j(2 + 1) = 7 + j3$$

$$(4 + j2) - (3 + j1) = (4 - 3) + j(2 - 1) = 1 + j1$$

b) Nhân, chia

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

$$6e^{j20^\circ} \cdot 2e^{j10^\circ} = 6 \cdot 2 e^{j(20^\circ + 10^\circ)} = 12e^{j30^\circ}$$

$$\frac{6e^{j20^\circ}}{2e^{j10^\circ}} = \frac{6}{2} e^{j(20^\circ - 10^\circ)} = 3e^{j10^\circ}$$

Nhân cũng có thể thực hiện dưới dạng đại số như bình thường

$$\begin{aligned} (a + jb)(c + jd) &= ac + jbc + jad + j^2bd \\ &= (ac - bd) + j(bc + ad) \end{aligned}$$

$$\text{vì } j^2 = -1$$

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

$$\frac{a + jb}{c + jd} = \frac{(a + jb)(c - jd)}{(c + jd)(c - jd)} = \frac{(ac + bd) + j(bc - ad)}{c^2 + d^2}$$

3. Biểu diễn các đại lượng điện hình sin bằng số phức

Cách biểu diễn các đại lượng điện hình sin bằng số phức như sau:

môđun (độ lớn) của số phức là trị số hiệu dụng ;

argumen (góc) của số phức là pha ban đầu.

Dòng điện phức : $\dot{I} = I \angle \varphi_i = I e^{j\varphi_i}$

Điện áp phức: $\dot{U} = U \angle \varphi_u = U e^{j\varphi_u}$

Tổng trở phức của nhánh R, X_L , X_C nối tiếp

$$Z = z e^{j\varphi} = z \cos \varphi + j z \sin \varphi = R + j (X_L - X_C)$$

Trong đó : $z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$

$$\varphi = \arctg \frac{X_L - X_C}{R}$$

4. Viết các định luật dưới dạng số phức

a) Định luật Ôm

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

b) Định luật Kiêcschôp I cho một nút

$$\sum_{\text{nút}} \dot{I} = 0$$

c) Định luật Kiêcschôp 2 cho mạch vòng kín

$$\sum_{\text{mạch vòng}} Z \dot{I} = \sum_{\text{mạch vòng}} \dot{E}$$

Các quy ước về dấu tương tự như đã làm ở mạch điện một chiều, điều chú ý ở đây là các đại lượng phải viết dưới dạng số phức.

Ví dụ 15: Tính dòng điện i_3 trên hình 3.27. Cho biết :

$$i_1 = 5\sqrt{2} \sin(\omega t + 40^\circ) \text{ A}$$

$$i_2 = 10\sqrt{2} \sin(\omega t - 30^\circ) \text{ A}$$

Lời giải : Biểu diễn các dòng điện bằng số phức

$$\dot{I}_1 = 5e^{j40^\circ} = 5 \cos 40^\circ + j5 \sin 40^\circ = 3,83 + j3,21$$

$$\dot{I}_2 = 10e^{-j30^\circ} = 10 \cos(-30^\circ) + j \sin(-30^\circ) = 8,66 - j5$$

Áp dụng định luật Kierchhoff 1 tại nút:

$$\dot{I}_3 = \dot{I}_1 + \dot{I}_2 = 3,83 + j3,21 + 8,66 - j5 = 12,49 - j1,79 = 12,61e^{-j8,15^\circ}$$

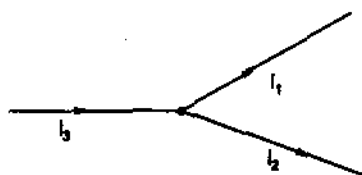
Vậy trị số hiệu dụng và pha đầu của dòng điện i_3 là

$$I_3 = 12,61 \text{ A}$$

$$\Psi_3 = -8,15^\circ$$

Trị số tức thời

$$i_3 = 12,61 \cdot \sqrt{2} \sin(\omega t - 8,15^\circ).$$



Hình 3.27

Ví dụ 16: Một mạch điện gồm $R =$

10Ω ; $X_L = 16\Omega$; $X_C = 11\Omega$ nối tiếp. Điện áp nguồn $u = 200\sqrt{2} \sin(\omega t + 50^\circ)$. Tính dòng điện trong mạch.

Lời giải: Tổng trở phức của mạch

$$\begin{aligned} Z &= R + j(X_L - X_C) = 10 + j(16 - 11) \\ &= 10 + j5 = 11,18 \angle 26,56^\circ \end{aligned}$$

Điện áp phức của nguồn

$$\dot{U} = 200 \angle 50^\circ$$

Áp dụng định luật Ôm

$$\dot{I} = \frac{\dot{U}}{Z} = \frac{200 \angle 50^\circ}{11,18 \angle 26,56^\circ} = 17,88 \angle 23,44^\circ$$

Trị số hiệu dụng và góc pha đầu của dòng điện là:

$$I = 17,88 \text{ A}$$

$$\Psi_i = 23,44^\circ$$

Trị số tức thời của dòng điện là:

$$i = 17,88 \sqrt{2} \sin(\omega t + 23,44^\circ)$$

3.9. PHƯƠNG PHÁP GIẢI MẠCH ĐIỆN XOAY CHIỀU HÌNH SIN

Để giải mạch điện xoay chiều ta thường dùng các phương pháp sau.

1. Phương pháp đồ thị vector

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

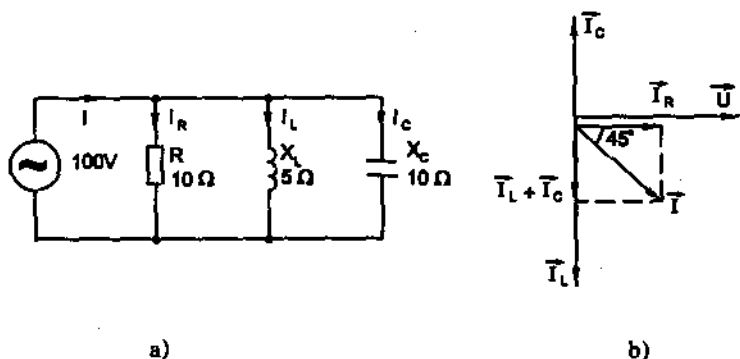
2. Phương pháp số phức

Biểu diễn dòng điện, điện áp, sức điện động, tổng trở bằng số phức, viết các định luật dưới dạng số phức. Đối với mạch điện phức tạp, sử dụng các phương pháp đã học ở chương mạch điện một chiều để giải như phương pháp biến đổi tương đương, phương pháp dòng điện nhánh, phương pháp dòng điện mạch vòng, phương pháp điện áp các nút, phương pháp xếp chồng... Cần chú ý rằng, khi sử dụng các phương pháp này phải biểu diễn các đại lượng bằng số phức.

Đối với các mạch điện đơn giản, nhiều khi ta trực tiếp sử dụng định luật Ôm và phương pháp công suất để giải mạch điện.

Ví dụ 17: Cho mạch điện hình 3.28a. Hãy tính dòng điện các nhánh, công suất P , Q , S và $\cos\phi$ của mạch điện.

Lời giải: Để hệ thống lại kiến thức ta giải mạch điện bằng các phương pháp khác nhau.



Hình 3.28

a) Phương pháp đồ thị vector

Dòng điện trong các nhánh

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

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

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

Vẽ đồ thị vector của mạch điện trên hình 3.28b. Chọn pha đầu của điện áp $\Psi_u = 0$, vector \vec{U} trùng với trục ox vẽ vector dòng điện \vec{I}_R trùng pha với vector điện áp \vec{U} , vector dòng điện \vec{I}_L chậm sau vector điện áp \vec{U} một góc 90° , vector dòng điện \vec{I}_C vượt trước vector điện áp \vec{U} một góc 90° .

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

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

Trực tiếp cộng vector trên đồ thị ta có \vec{I} ở mạch chính.

$$\text{Trị số hiệu dụng } I = \sqrt{10^2 + 10^2} = 14,14 \text{ A}.$$

Công suất tác dụng P của mạch

$$P = RI_R^2 = 10 \cdot 10^2 = 1000 \text{ W}.$$

Công suất phản kháng Q của mạch

$$Q = Q_L + Q_C = X_L I_L^2 - X_C I_C^2 = 5 \cdot 20^2 - 10 \cdot 10^2 = 1000 \text{ Var}.$$

Công suất biểu kiến của mạch:

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2} = \sqrt{1000^2 + 1000^2} = 1414 \text{ VA}.$$

Hệ số công suất $\cos\varphi$ của mạch:

$$\cos\varphi = \frac{P}{S} = \frac{1000}{1414} = 0,707.$$

Ta cũng có thể tính P , Q , S như sau:

$$P = UI \cos\varphi = 100 \cdot 14,14 \cos 45^\circ = 1000 \text{ W}$$

$$Q = UI \sin\varphi = 100 \cdot 14,14 \sin 45^\circ = 1000 \text{ Var}$$

$$S = UI = 100 \cdot 14,14 = 1414 \text{ VA}$$

b) Phương pháp công suất

Để tính dòng điện I trong nhánh chính ta có thể không sử dụng đồ thị vector mà sử dụng phương pháp công suất như sau:

Từ dòng điện, tính công suất P , Q , S của mạch như đã làm ở mục a, sau đó tính dòng điện I ở mạch chính theo biểu thức:

$$I = \frac{S}{U} = \frac{1414}{100} = 14,14 \text{ A}$$