

CHƯƠNG 03

PHÂN TÍCH MẠCH ĐIỆN XOAY CHIỀU (CHẾ ĐỘ XÁC LẬP)

3.1. TỔNG QUAN VỀ TÍN HIỆU ÁP (DÒNG) HÌNH SIN

3.1.1. BIỂU THỨC TỨC THỜI

Các tín hiệu điện áp, dòng điện, từ thông, ... có quan hệ hàm sin theo thời gian t được biểu diễn dưới dạng hàm điều hòa theo thời gian, điện áp tức thời dạng hàm sin theo t được biểu diễn như sau:

$$v(t) = V_m \cdot \sin(\omega t + \varphi) \quad (3.1)$$

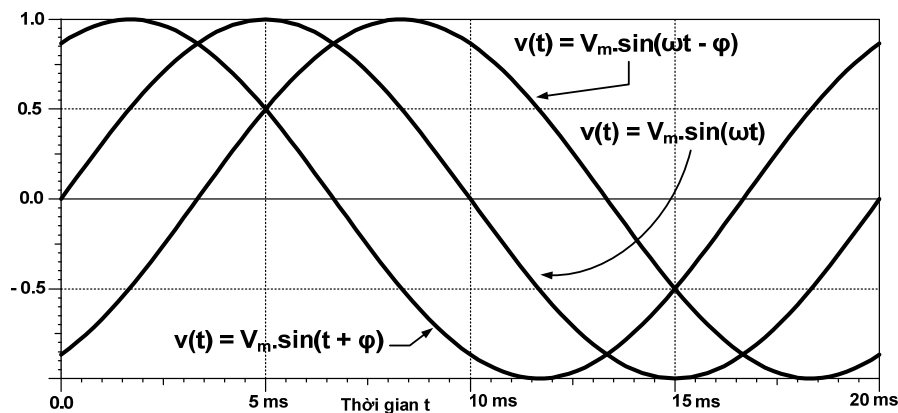
Trong đó: V_m : biên độ của điện áp; V_m : [V].

ω : tần số góc của điện áp; ω : [rad/s].

φ : góc pha ban đầu lúc $t = 0$; φ : [rad]. Góc pha ban đầu được qui ước có giá trị trong khoảng $-180^\circ < \varphi < 180^\circ$.

Khi biết trước đồ thị của tín hiệu sin $v(t) = V_m \cdot \sin(\omega t)$, ta có thể suy ra dạng của đường biểu diễn tín hiệu sin tổng quát $v(t) = V_m \cdot \sin(\omega t + \varphi)$ theo phương pháp sau:

- Khi $\varphi > 0$, đồ thị của tín hiệu $v(t) = V_m \cdot \sin(\omega t + \varphi)$ dời về phía trái đồ thị $v = V_m \cdot \sin(\omega t)$ một góc là φ .
- Khi $\varphi < 0$, đồ thị của tín hiệu $v(t) = V_m \cdot \sin(\omega t + \varphi)$ dời về phía phải đồ thị $v = V_m \cdot \sin(\omega t)$ một góc là φ .



HÌNH 3.1: Đồ thị của các tín hiệu hình sin.

Giá trị tức thời của áp hay dòng hình sin được biểu diễn theo các dạng sau:

$$v(t) = V_m \cdot \sin(\omega t + \varphi_v)$$

$$i(t) = I_m \cdot \sin(\omega t + \varphi_i)$$

Chu kỳ T và tần số f của dòng hay áp hình sin được xác định theo các quan hệ sau:

$$T = \frac{2\pi}{\omega} \quad (3.2)$$

$$f = \frac{1}{T} = \frac{\omega}{2\pi} \quad (3.3)$$

Đơn vị đo của các đại lượng: T : [s]; f : [s]; ω : $\left[\frac{\text{rad}}{\text{s}} \right]$

3.1.2. SO SÁNH GÓC PHA - ĐỘ LỆCH PHA

➤ Điều kiện so sánh góc lệch pha:

Khi so sánh góc lệch pha, hay xác định độ lệch pha; các tín hiệu dòng hay áp hình sin cần thỏa các điều kiện sau:

- ❖ Cùng tần số f (hay cùng tần số góc ω).
- ❖ Các tín hiệu được biểu diễn cùng dạng sin (hay cos).

➤ Phương pháp xác định:

Giả sử ta có hai tín hiệu hình sin:

$$v_1(t) = V_{m1} \sin(\omega t + \varphi_1)$$

$$v_2(t) = V_{m2} \sin(\omega t + \varphi_2)$$

Khi chọn tín hiệu v_1 làm chuẩn, độ lệch pha của v_1 và v_2 được xác định theo quan hệ:

$$\Delta\varphi = \varphi_1 - \varphi_2 \quad (3.4)$$

Kết quả tính toán được có thể rơi vào một trong ba trường hợp:

- ❖ $\Delta\varphi > 0 \Leftrightarrow v_1$ sớm pha hơn v_2 .
- ❖ $\Delta\varphi = 0 \Leftrightarrow v_1$ trùng pha với v_2 .
- ❖ $\Delta\varphi < 0 \Leftrightarrow v_1$ chậm pha hơn v_2 .

Ví dụ 3.1:

Cho dòng xoay chiều $i_1(t) = 10\sqrt{2} \cdot \sin(100\pi t + 60^\circ) \text{ A}$ và dòng điện xoay chiều $i_2(t) = 20\sqrt{2} \cdot \sin(100\pi t - 30^\circ) \text{ A}$. Hãy xác định độ lệch pha của $i_1(t)$ và $i_2(t)$.

Giải:

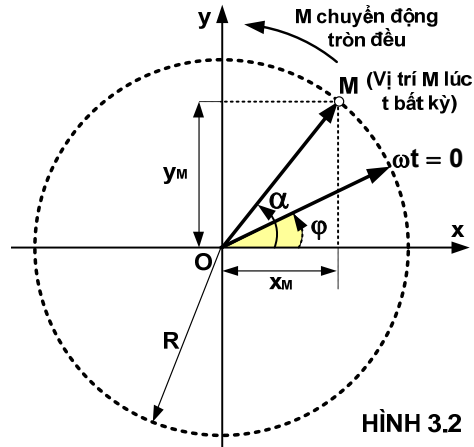
Chọn dòng i_1 làm chuẩn, góc pha ban đầu của i_1 là $\varphi_1 = 60^\circ$. Góc pha ban đầu của dòng i_2 là $\varphi_2 = -30^\circ$. Suy ra độ lệch pha: $\Delta\varphi = 60^\circ - (-30^\circ) = 90^\circ > 0$. Ta kết luận dòng i_1 sớm pha hơn dòng i_2 một góc là 90° .

3.1.3. BIỂU DIỄN TÍN HIỆU SIN BẰNG VECTOR PHASE FRESNEL

Xét điểm M chuyển động tròn đều với vận tốc góc là ω trong mặt phẳng xOy, có bán kính quỹ đạo là R. Tại thời điểm ban đầu lúc $t = 0$, $\overline{OM}$ hợp với trục hoành góc φ (pha ban đầu), xem hình 3.2.

Tại thời điểm t bất kỳ $\overline{OM}$ hợp với trục hoành góc α . Ta có, quan hệ sau: $\alpha = \omega t + \varphi$.

Bây giờ nếu chiếu vuông góc $\overline{OM}$ xuống hệ trục tọa độ xOy. Tọa độ của M hay hình chiếu của $\overline{OM}$ trên hệ trục tọa độ Descartes xác định theo các quan hệ sau:



HÌNH 3.2

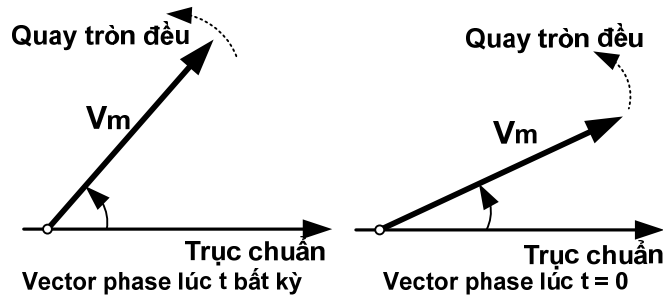
$$x_M = R \cdot \cos(\omega t + \varphi) \quad (3.5)$$

$$y_M = R \cdot \sin(\omega t + \varphi) \quad (3.6)$$

Tóm lại, các thành phần hình chiếu vuông góc của vector $\overline{OM}$ đang chuyển động tròn đều trong hệ trục tọa độ xOy có dạng là hàm điều hòa theo thời gian t.

Theo Fresnel ta có thể sử dụng vector phase quay tròn trong không gian với vận tốc góc quay là ω để biểu diễn áp xoay chiều hình sin: $v(t) = V_m \cdot \sin(\omega t + \varphi)$ hay $v(t) = V_m \cdot \cos(\omega t + \varphi)$.

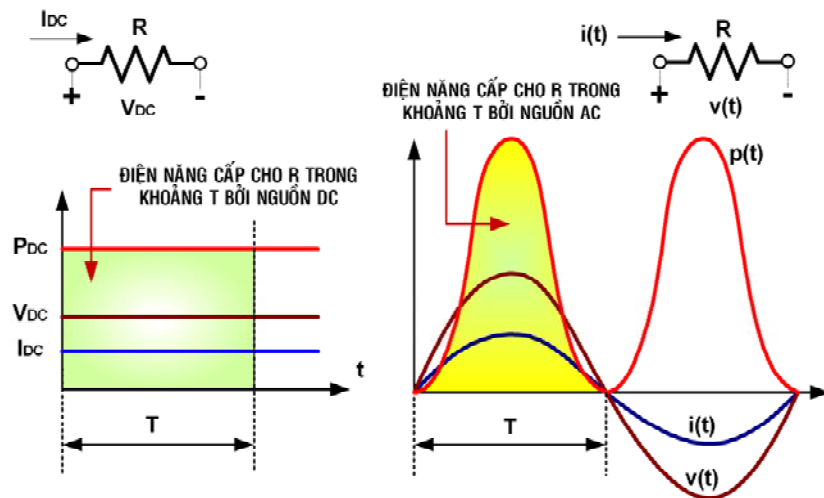
- Vector phase dùng biểu diễn cho áp hình sin $v(t) = V_m \cdot \sin(\omega t + \varphi)$ hay $v(t) = V_m \cdot \cos(\omega t + \varphi)$ có suất bằng biên độ V_m , quay tròn đều trong không gian với tốc độ quay góc bằng với tần số góc của áp hình sin, xem hình 3.3.



HÌNH 3.3: Vector phase quay

- Trong các bài toán kỹ thuật điện để thuận tiện cho việc khảo sát, chúng ta qui ước vector phase quay được vẽ tại thời điểm $t = 0$.
- Điều kiện biểu diễn các tín hiệu áp và dòng hình sin bằng vector phase trên cùng mặt phẳng cần thỏa các điều kiện sau:
 - ❖ Cùng tần số f (hay cùng tần số góc ω).
 - ❖ Các tín hiệu được biểu diễn cùng dạng sin (hay cos).

3.1.4. GIÁ TRỊ HIỆU DỤNG CỦA DÒNG ĐIỆN VÀ ĐIỆN ÁP



HÌNH 3.4: Các đồ thị áp, dòng, công suất theo thời gian khi cung cấp nguồn một chiều DC và nguồn xoay chiều hình sin (AC) cho phần tử R .

Giả sử cung cấp lần lượt các nguồn áp một chiều rồi đến nguồn áp xoay chiều hình sin lên cùng phần tử điện trở R.

Khi cấp nguồn áp một chiều (DC) lên 2 đầu điện trở R; đồ thị áp, dòng và công suất là các hàm hằng theo thời gian t, hình 3.4.

Khi cấp nguồn áp hình sin lên hai đầu điện trở R, các đồ thị áp, dòng và công suất là các hàm biến thiên theo qui luật sin đối với thời gian t.

Khi cấp nguồn áp DC, công suất P_{DC} là:

$$P_{DC} = V_{DC} \cdot I_{DC} = R \cdot I_{DC}^2 = \frac{V_{DC}^2}{R} \quad (3.7)$$

Khi cấp nguồn xoay chiều, với điện áp $v(t) = V_m \cdot \sin(\omega t)$, áp dụng định luật ta có quan hệ sau:

$$i(t) = \frac{v(t)}{R} = \left(\frac{V_m}{R} \right) \sin(\omega t) \quad (3.8)$$

Đặt $I_m = \left(\frac{V_m}{R} \right)$ là biên độ dòng hình sin qua điện trở.

Quan sát góc pha của $v(t)$ và $i(t)$ ta rút ra kết luận: dòng qua R và áp đặt ngang qua hai đầu R trùng pha thời gian. Công suất tức thời tiêu thụ trên điện trở xác định theo quan hệ:

$$p(t) = v(t) \cdot i(t) = V_m \cdot I_m [\sin(\omega t)]^2 \quad (3.9)$$

Trong hình 3.4, diện tích hình phẳng giới hạn bởi: đồ thị $p(t)$, trục hoành và các đường thẳng song song với trục tung trong phạm vi chu kỳ T của $p(t)$ đặc trưng điện năng cung cấp cho phần tử R bởi mạch xoay chiều trong khoảng thời gian T. Gọi A_{AC} là diện tích của hình phẳng này, áp dụng công thức Leibnitz ta có:

$$A_{AC} = \int_0^T p(t) \cdot dt \quad (3.10)$$

Tương tự, xét diện tích A_{DC} của hình phẳng giới hạn bởi: đồ thị P_{DC} , trục hoành và các đường thẳng song song với trục tung trong phạm vi T. Giá trị của A_{DC} đặc trưng điện năng cung cấp cho phần tử R bởi mạch một chiều trong khoảng thời gian T, ta có:

$$A_{DC} = P_{DC} \cdot T \quad (3.11)$$

Khi điện năng cấp cho điện trở R trong cùng thời gian T bởi các nguồn áp một chiều và xoay chiều hình sin có giá trị bằng nhau, ta nói:

✚ P_{DC} là công suất trung bình của $p(t)$.

✚ $V_{DC} = V_{rms}$ là áp hiệu dụng (RMS: Root mean square) của áp hình sin $v(t)$

✚ $I_{DC} = I_{rms}$ là dòng hiệu dụng của dòng hình sin $i(t)$.

Cân bằng các quan hệ (3.10) và (3.11) ta suy ra các kết quả sau:

$$P_{tb} = P_{DC} = \frac{1}{T} \int_0^T p(t).dt \quad (3.12)$$

$$V_{rms} = V_{DC} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T v^2(t).dt} \quad (3.13)$$

$$I_{rms} = I_{DC} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T i^2(t).dt} \quad (3.14)$$

Chú ý: Với các định nghĩa trên từ (3.12) đến (3.14) vẫn áp dụng được cho các trường hợp áp hay dòng biến thiên theo thời gian t và có chu kỳ T (không nhất thiết phải có dạng hàm sin).

Ví dụ 3.2:

Xác định giá trị hiệu dụng của điện áp sau: $v(t) = V_m \cdot \sin(\omega t + \varphi)$

Giải:

Để đơn giản phép tính, áp dụng phương pháp đổi biến số.

Đặt: $x = (\omega t + \varphi)$, suy ra $dx = \omega \cdot dt$.

$$\text{Suy ra: } v^2(t).dt = V_m^2 \cdot \sin^2(\omega t + \varphi).dt = \left(\frac{V_m^2}{\omega}\right) \cdot \sin^2 x \cdot dx$$

Hàm $v(t)$ có chu kỳ $T = \frac{2\pi}{\omega}$ khi đổi biến số ta có các kết quả sau:

✚ Lúc $t = 0$; $\omega t = 0$: suy ra giá trị tương ứng $x = \varphi$.

✚ Lúc $t = T$; $\omega t = \omega T$: suy ra giá trị tương ứng $x = 2\pi + \varphi$.

Áp dụng quan hệ (3.13), suy ra áp hiệu dụng được tính là:

$$V_{rms}^2 = \frac{1}{T} \int_0^T v^2(t).dt = \frac{\omega}{2\pi} \int_{\varphi}^{2\pi+\varphi} \frac{V_m^2}{\omega} \sin^2(x).dx$$

$$V_{rms}^2 = \frac{V_m^2}{2\pi} \int_{\varphi}^{2\pi+\varphi} \sin^2(x).dx = \frac{V_m^2}{2\pi} \int_{\varphi}^{2\pi+\varphi} \frac{1 - \cos(2x)}{2}.dx$$

$$\text{Hay: } V_{rms}^2 = \frac{V_m^2}{4\pi} \left[x - \left(\frac{1}{2} \right) \sin(2x) \right]_{\varphi}^{2\pi+\varphi} = \frac{V_m^2}{4\pi} \cdot (2\pi) = \frac{V_m^2}{2}$$

Tóm lại, ta tính được kết quả của áp hiệu dụng là:

$$\boxed{V_{rms} = \frac{V_m}{\sqrt{2}}} \quad (3.15)$$

3.1.5. TỔNG HỢP HAI TÍN HIỆU HÌNH SIN

➤ Điều kiện cần thỏa khi tổng hợp các tín hiệu sin:

Khi tổng hợp các tín hiệu dòng hay áp hình sin, các tín hiệu này cần thỏa điều kiện sau:

- ❖ Cùng tần số f (hay cùng tần số góc ω).
- ❖ Các tín hiệu được biểu diễn cùng dạng sin (hay cos).

➤ Phương pháp xác định tín hiệu tổng hợp:

Khi tổng hợp hai tín hiệu hình sin, ta có thể áp dụng một trong hai phương pháp sau:

- Giải đồ vector phase và định lý cosin.
- Giải đồ vector phase và phép chiếu vuông góc vector (hay phương pháp tính dùng hình học giải tích)

Xét hai dòng xoay chiều hình sin có biểu thức tức thời như sau:

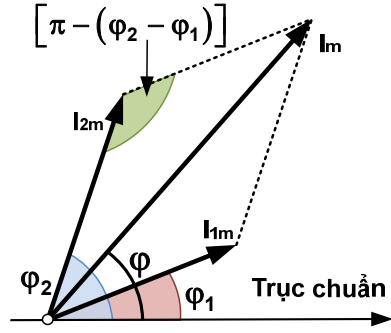
$$i_1(t) = I_{m1} \cdot \sin(\omega t + \varphi_1)$$

Và
$$i_2(t) = I_{m2} \cdot \sin(\omega t + \varphi_2)$$

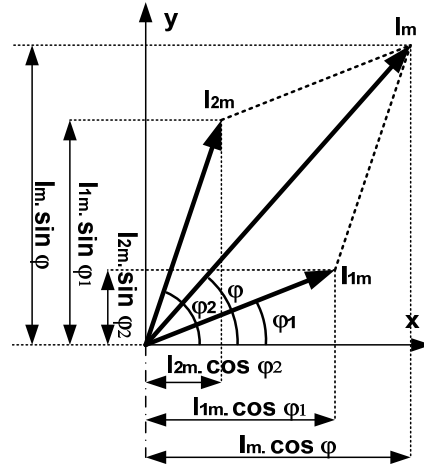
Muốn xác định dòng điện tổng hợp ta cần xác định hai thông số:

- ☐ Biên độ I_m của dòng tổng.
- ☐ Góc pha ban đầu φ của dòng tổng hợp.

Khi xác định biên độ I_m , áp dụng định lý cosin hay hệ thức lượng trong tam giác thường.



HÌNH 3.5: Tổng hợp dòng điện hình sin



HÌNH 3.6: Tổng hợp dòng điện hình sin

Phương pháp 1: áp dụng giản đồ vector và định lý cosin (hình 3.5)

$$I_m^2 = I_{1m}^2 + I_{2m}^2 - 2I_{1m} \cdot I_{2m} \cdot \cos[\pi - (\varphi_2 - \varphi_1)] \quad (3.16)$$

$$I_m = \sqrt{I_{1m}^2 + I_{2m}^2 + 2I_{1m} \cdot I_{2m} \cdot \cos(\varphi_2 - \varphi_1)}$$

Góc pha ban đầu tính theo quan hệ sau:

$$\tan \varphi = \frac{I_{2m} \cdot \sin \varphi_2 + I_{1m} \cdot \sin \varphi_1}{I_{2m} \cdot \cos \varphi_2 + I_{1m} \cdot \cos \varphi_1} \quad (3.17)$$

Phương pháp 2: áp dụng giản đồ vector và hình học (hình 3.6).

Theo hình học giải tích các vector $\vec{I}_{1m}$, $\vec{I}_{2m}$ được tính như sau:

$$\vec{I}_{1m} = (I_{1m} \cdot \cos \varphi_1) \cdot \vec{e}_1 + (I_{1m} \cdot \sin \varphi_1) \cdot \vec{e}_2$$

$$\vec{I}_{2m} = (I_{2m} \cdot \cos \varphi_2) \cdot \vec{e}_1 + (I_{2m} \cdot \sin \varphi_2) \cdot \vec{e}_2$$

Trong đó; $\vec{e}_1$, $\vec{e}_2$ là các vector đơn vị lần lượt trên trục x và trục y của mặt phẳng Descartes. Vector tổng hợp $\vec{I}_m$ có các thành phần tọa độ xác định như sau:

$$\vec{I}_m = (I_{1m} \cdot \cos \varphi_1 + I_{2m} \cdot \cos \varphi_2) \cdot \vec{e}_1 + (I_{1m} \cdot \sin \varphi_1 + I_{2m} \cdot \sin \varphi_2) \cdot \vec{e}_2$$

Suất của vector $\vec{I}_m$ được xác định theo quan hệ sau:

$$I_m = \sqrt{(I_{1m} \cdot \cos \varphi_1 + I_{2m} \cdot \cos \varphi_2)^2 + (I_{1m} \cdot \sin \varphi_1 + I_{2m} \cdot \sin \varphi_2)^2} \quad (3.18)$$

Giá trị góc pha ban đầu được tính toán theo quan hệ (3.17)

Ví dụ 3.3:

Xác định dòng tức thời trên nhánh chính của mạch điện cho trong ví dụ 3.1.

Giải:

Dòng tức thời trên các nhánh cho trong ví dụ như sau:

$$i_1 = 10\sqrt{2} \cdot \sin(100\pi t + 60^\circ) \text{ và } i_2 = 20\sqrt{2} \cdot \sin(100\pi t - 30^\circ).$$

Áp dụng phương pháp 2 ta có các kết quả tính toán như sau:

🔗 Biên độ dòng điện qua nhánh chính:

$$I_m = \sqrt{[10\sqrt{2} \cdot \cos(60^\circ) + 20\sqrt{2} \cdot \cos(-30^\circ)]^2 + [10\sqrt{2} \cdot \sin(60^\circ) + 20\sqrt{2} \cdot \sin(-30^\circ)]^2}$$

$$I_m = \sqrt{[7,071 + 24,491]^2 + [12,2456 - 14,14]^2} \approx 31,62A$$

🔗 Góc pha ban đầu được xác định theo quan hệ sau:

$$\tan \varphi = \frac{20\sqrt{2} \cdot \sin(-30^\circ) + 10\sqrt{2} \cdot \sin(60^\circ)}{20\sqrt{2} \cdot \cos(-30^\circ) + 10\sqrt{2} \cdot \cos(60^\circ)} = \frac{10\sqrt{2} \cdot (-1 + 0,866)}{10\sqrt{2} \cdot (2 \cdot 0,866 + 0,5)}$$

$$\tan \varphi = \frac{-0,134}{2,232} = -0,006 \Rightarrow \varphi = \arctg(-0,006) \approx -3^\circ 44'$$

Dòng tức thời trên nhánh chính là:

$$i(t) = 31,62 \cdot \sin(100\pi t - 3^\circ 44') \quad [A]$$

Khi áp dụng phương pháp 1, biên độ của dòng điện tổng xác định theo hệ thức sau:

$$I_m = \sqrt{(10\sqrt{2})^2 + (20\sqrt{2})^2 - 2 \cdot 10\sqrt{2} \cdot 20\sqrt{2} \cdot \cos(-30^\circ - 60^\circ)}$$

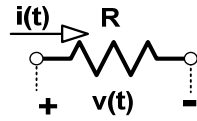
$$I_m = \sqrt{(10\sqrt{2})^2 + (20\sqrt{2})^2 - 0} = \sqrt{200 + 800} \approx 31,62A$$

Kết quả tìm được phù hợp với giá trị tính toán ở phần trên

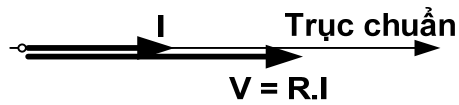
3.2. MẠCH ĐIỆN HÌNH SIN ĐƠN GIẢN

3.2.1. MẠCH ĐIỆN HÌNH SIN VỚI PHẦN TỬ THUẦN TRỞ

Đặt ngang qua hai đầu điện trở R áp hình sin $v(t) = V_m \sin(\omega t)$. Từ định luật Ohm suy ra dòng tức thời qua R là: $i(t) = I_m \sin(\omega t)$.



HÌNH 3.7a



HÌNH 3.7b: Giản đồ vector phase

Trong đó biên độ dòng điện thỏa quan hệ: $I_m = \left(\frac{V_m}{R} \right)$

Áp dụng kết quả trình bày trong mục 3.1.4, suy ra:

- Áp hiệu dụng đặt ngang qua hai đầu R là: V_{rms}
- Dòng hiệu dụng qua điện trở R là: I_{rms}

$$\text{Trong đó: } V_{rms} = \frac{V_m}{\sqrt{2}} ; I_{rms} = \frac{I_m}{\sqrt{2}}$$

Định luật Ohm viết dạng hiệu dụng trong mạch thuần trở là:

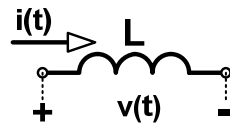
$$\boxed{V_{rms} = R \cdot I_{rms}} \quad (3.19)$$

🔗 Dòng tức thời $i(t)$ qua điện trở và áp tức thời $v(t)$ đặt ngang qua hai đầu điện trở trùng pha.

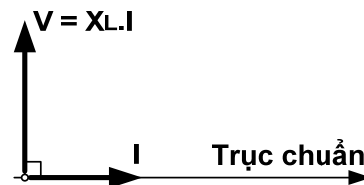
🔗 Giản đồ vector phase được trình bày trong hình 3.7b. Do tính chất biên độ lớn gấp $\sqrt{2}$ lần giá trị hiệu dụng, trong môn học Mạch điện qui ước độ lớn của các vector trong các giản đồ vector phase được vẽ theo giá trị hiệu dụng.

3.2.2. MẠCH ĐIỆN HÌNH SIN VỚI PHẦN TỬ THUẦN CẢM

Cấp dòng hình sin tức thời $i(t) = I_m \sin(\omega t)$ qua cuộn dây có hệ số tự cảm L (Hình 3.8a).



HÌNH 3.8a



HÌNH 3.8b: Giản đồ vector phase

Gọi $v(t)$ là áp tức thời đặt ngang qua hai đầu cuộn dây, ta có:

$$v(t) = L \cdot \frac{di(t)}{dt} = L \cdot \frac{d}{dt}(I_m \cdot \sin(\omega t))$$

Suy ra:

$$v(t) = (L\omega)I_m \cdot \cos(\omega t) = (L\omega)I_m \cdot \sin\left(\omega t + \frac{\pi}{2}\right) \quad (3.20)$$

Từ (3.20) đặt V_m là biên độ của áp $v(t)$, suy ra: $V_m = (L\omega) \cdot I_m$.

Chia 2 vế của đẳng thức này cho $\sqrt{2}$ ta có: $\frac{V_m}{\sqrt{2}} = (L\omega) \cdot \frac{I_m}{\sqrt{2}}$

Tóm lại:
$$V_{rms} = (L\omega) \cdot I_{rms} \quad (3.21)$$

Trong (3.21) gọi V_{rms} , I_{rms} lần lượt là áp hiệu dụng đặt ngang qua hai đầu 2 đầu cuộn cảm và dòng hiệu dụng qua cuộn cảm. Quan hệ này là định luật Ohm viết theo giá trị hiệu dụng của cuộn dây thuần cảm trong mạch xoay chiều.

Đặt X_L : điện kháng của cuộn dây và được xác định:

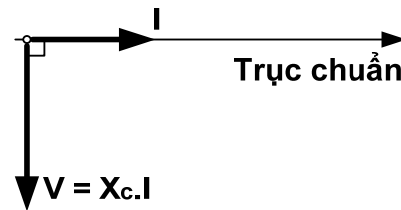
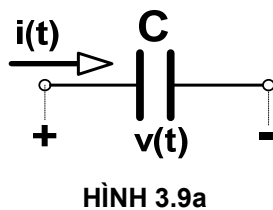
$$X_L = L\omega = 2\pi \cdot f \cdot L \quad (3.22)$$

Từ dòng và áp tức thời trên cuộn dây thuần cảm, ta tìm ra được góc lệch pha (xem hình 3.8b) và kết luận như sau:

Điện áp đặt ngang qua hai đầu cuộn cảm sớm pha hơn dòng điện qua cuộn cảm một góc là 90° (hay $\frac{\pi}{2}$).

3.2.3. MẠCH ĐIỆN HÌNH SIN VỚI PHẦN TỬ THUẦN DUNG

Cấp áp tức thời hình sin $v(t) = V_m \sin(\omega t)$ ngang qua hai đầu tụ điện có điện dung C .



Gọi $i(t)$ là dòng tức thời qua mạch chứa tụ C , ta có:

$$i(t) = C \cdot \frac{dv(t)}{dt} = C \cdot \frac{d}{dt}(V_m \cdot \sin(\omega t))$$

Suy ra:

$$i(t) = (C\omega) \cdot V_m \cos(\omega t) = (C\omega) \cdot V_m \sin\left(\omega t + \frac{\pi}{2}\right) \quad (3.23)$$

Từ (3.23), đặt I_m là biên độ của dòng tức thời $i(t)$, suy ra:

$$I_m = (C\omega) \cdot V_m \text{ hay } V_m = \left(\frac{1}{C\omega}\right) \cdot I_m$$

Chia 2 vế của đẳng thức này cho $\sqrt{2}$, ta có: $\frac{V_m}{\sqrt{2}} = \left(\frac{1}{C\omega}\right) \cdot \frac{I_m}{\sqrt{2}}$

Tóm lại:
$$V_{rms} = \left(\frac{1}{C\omega}\right) \cdot I_{rms} \quad (3.24)$$

Trong (3.24) gọi V_{rms} , I_{rms} lần lượt là áp hiệu dụng đặt ngang qua hai đầu 2 đầu tụ điện và dòng hiệu dụng qua mạch chứa tụ điện. Quan hệ này là định luật Ohm viết theo giá trị hiệu dụng của tụ điện thuần dung trong mạch xoay chiều.

Đặt X_C : dung kháng của tụ và được xác định:

$$X_C = \frac{1}{C\omega} = \frac{1}{2\pi \cdot f \cdot C} \quad (3.25)$$

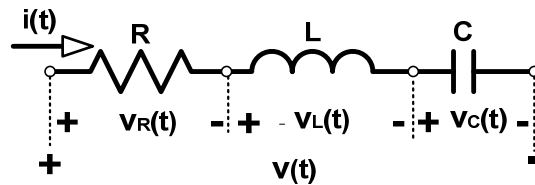
Từ dòng và áp tức thời trên tụ điện thuần dung, ta tìm ra được góc lệch pha (xem hình 3.9b) và kết luận như sau:

Điện áp đặt ngang qua hai đầu tụ điện chậm pha hơn dòng điện qua tụ điện một góc là 90° (hay $\frac{\pi}{2}$).

3.2.4. MẠCH ĐIỆN HÌNH SIN VỚI CÁC PHẦN TỬ R, L, C GHÉP NỐI TIẾP

Xét một đoạn mạch nối tiếp các phần tử R, L, C ở hình 3.10. Gọi:

- $v(t)$ áp tức thời đặt ngang qua hai đầu mạch.
- $i(t)$ dòng tức thời qua



HÌNH 3.10: Mạch R, L, C nối tiếp

mạch.

- $v_R(t)$, $v_L(t)$, $v_C(t)$ lần lượt là các áp tức thời đặt ngang qua hai đầu từng phần tử R , L , C .
- Trước tiên vẽ giản đồ vector phase trình bày các quan hệ áp và dòng trên từng phần tử tải: R , L , C trên mạch.
- Trình tự xây dựng giản đồ vector phase được trình bày tóm tắt theo các bước như sau:

✚ Bước 1: Trong mạch nối tiếp chọn dòng qua mạch làm chuẩn và vẽ vector dòng điện.

✚ Bước 2: Lần lượt vẽ các vector điện áp (đặt ngang qua hai đầu từng phần tử); khi vẽ chú ý góc lệch pha giữa các điện áp với dòng qua mạch.

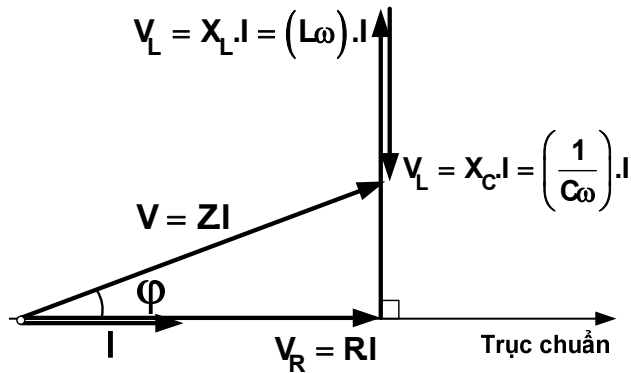
✚ Bước 3: Tìm vector điện áp tổng cấp vào hai đầu của mạch. Vector áp tổng chính là vector tổng hợp từ các vector áp đặt ngang qua hai đầu của từng phần tử trong mạch.

Chú ý: Do quan hệ giữa biên độ cực đại với giá trị hiệu dụng của các đại lượng điện áp và dòng điện hình sin là $\sqrt{2}$ lần. Trên giản đồ, khi vẽ các vector phase, có thể vẽ các vector phase có suất bằng giá trị hiệu dụng (thay vì biểu diễn suất của các vector theo biên độ cực đại).

Giản đồ vector của mạch R , L , C nối tiếp được trình bày trong hình 3.11.

Gọi φ là góc lệch pha thời gian giữa dòng qua mạch với áp cấp ngang qua hai đầu mạch.

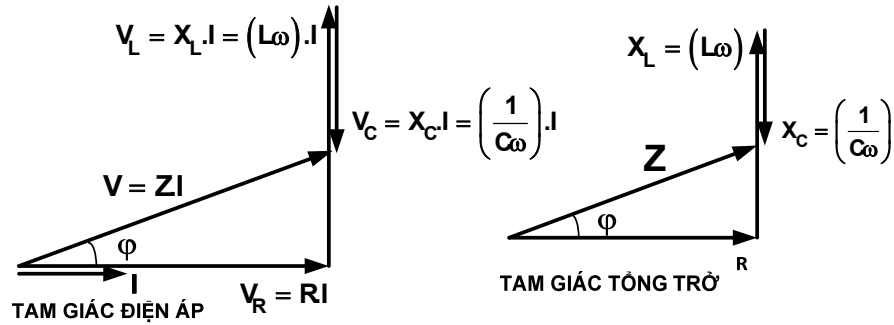
Đại lượng $\cos\varphi$ được gọi là hệ số công suất của toàn mạch.



HÌNH 3.11: Giản đồ vector phase, Tam giác điện áp.

Bây giờ ta xét thêm một giản đồ khác được suy ra từ giản đồ vector phase điện áp (hay tam giác điện áp). Thực hiện phép biến hình: chia mỗi cạnh của tam giác điện áp cho dòng hiệu dụng I , ta

được tam giác mới đồng dạng với tam giác điện áp. Tam giác tìm được gọi là tam giác tổng trở xem hình 3.12.



HÌNH 3.12: Tam giác điện áp và Tam giác tổng trở (trường hợp tải R,L,C nối tiếp có tính cảm).

Từ tam giác tổng trở xây dựng được theo hình 3.12, suy ra các quan hệ sau:

🔗 Tổng trở tương đương Z của toàn mạch:

$$Z = \frac{V_{rms}}{I_{rms}} = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2} = \sqrt{R^2 + \left(L\omega - \frac{1}{C\omega}\right)^2} \quad (2.26)$$

🔗 Quan hệ giữa hệ số công suất theo tổng trở của mạch là:

$$\cos\varphi = \frac{R}{Z} \quad (2.27)$$

Hay:

$$\tan\varphi = \frac{X_L - X_C}{R} = \frac{\left(L\omega - \frac{1}{C\omega}\right)}{R} \quad (2.28)$$

Trong quá trình tính toán giải mạch xoay chiều nối tiếp, ta chú ý các qui ước sau đây:

➤ Khi so sánh góc lệch pha φ giữa dòng $i(t)$ qua mạch và áp $v(t)$ cấp ngang qua 2 đầu mạch, ta có các trường hợp sau:

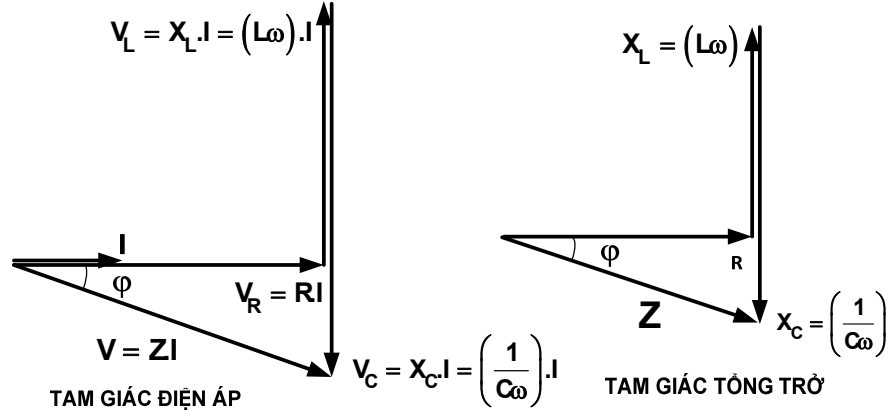
□ Khi $i(t)$ chậm pha hơn $v(t)$: Mạch có tính cảm, hay mạch có hệ số công suất $\cos\varphi$ trễ, lúc đó $X_L > X_C$.

□ Khi $i(t)$ trùng pha $v(t)$: Mạch có tính thuần trở, hệ số công suất của mạch $\cos\varphi = 1$, lúc đó $X_L = X_C$.

□ Khi $i(t)$ sớm pha hơn $v(t)$: Mạch có tính dung, hay mạch có hệ số công suất $\cos\varphi$ sớm, lúc đó $X_L < X_C$.

➤ Khi xác định giá trị $\tan\varphi$, ta cũng có các trường hợp sau:

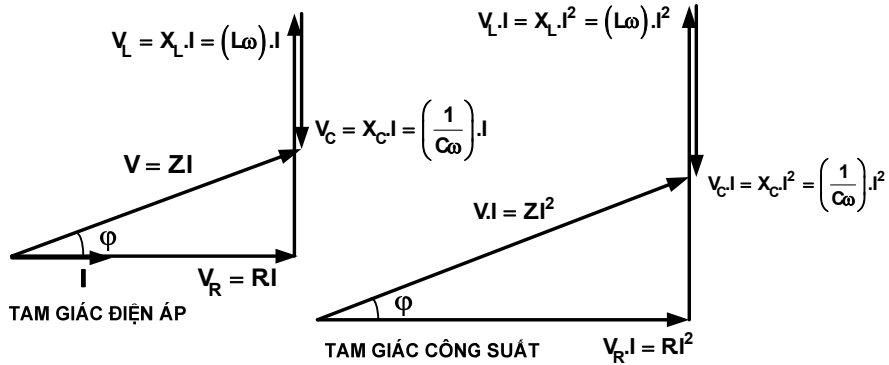
- Mạch có tính cảm $\Leftrightarrow X_L > X_C$, giá trị $\tan\varphi > 0$.
- Mạch có tính trở $\Leftrightarrow X_L = X_C$, giá trị $\tan\varphi = 0$.
- Mạch có tính dung $\Leftrightarrow X_L < X_C$, giá trị $\tan\varphi < 0$.



HÌNH 3.13: Tam giác điện áp và Tam giác tổng trở (trường hợp tải R,L,C nối tiếp có tính dung).

3.2.5. CÔNG SUẤT CỦA MẠCH ĐIỆN XOAY CHIỀU VỚI CÁC PHẦN TỬ R, L, C MẮC NỐI TIẾP

Thực hiện tương tự theo mục 3.2.4, nhân mỗi cạnh của tam giác điện áp với dòng hiệu dụng I để được tam giác mới đồng dạng với tam giác điện áp. Mỗi cạnh của tam giác mới có thứ nguyên là công suất (xem hình 3.14).



HÌNH 3.14: Tam giác điện áp và Tam giác công suất (trường hợp tải R,L,C nối tiếp có tính cảm)

Các thành phần công suất tìm định được từ tam giác công suất được định nghĩa như sau:

🔗 **Công suất tác dụng P:** đặc trưng cho nhiệt năng sinh ra trên phần tử R trong một đơn vị thời gian. Nói một cách khác công suất tác dụng P là công suất tiêu thụ trên phần tử R trong mạch xoay chiều. Công suất tác dụng P xác định theo quan hệ sau:

$$P = R \cdot I_{rms}^2 = V_{rms} \cdot I_{rms} \cdot \cos\varphi = \frac{1}{2} \cdot V_m \cdot I_m \cdot \cos\varphi \quad (3.29)$$

Với φ là góc lệch pha giữa điện áp và dòng điện: $\varphi = \varphi_V - \varphi_I$

Phần tử R tiêu thụ năng lượng từ nguồn nên công suất tác dụng của R luôn luôn dương.

🔗 **Công suất phản kháng Q:** công suất tiêu thụ trong các phần tử cuộn dây và tụ điện được gọi là công suất phản kháng. Các thành phần công suất phản kháng vẽ theo phương thẳng đứng, giả sử qui ước hướng dương của trục tung hướng từ dưới lên trên, ta có:

❖ Công suất phản kháng Q_L của cuộn dây L:

$$Q_L = V_L \cdot I = X_L I_{rms}^2 > 0 \quad (3.30)$$

❖ Công suất phản kháng Q_C của tụ điện C:

$$Q_C = -V_C \cdot I = -X_C I_{rms}^2 < 0 \quad (3.31)$$

❖ Công suất phản kháng toàn phần toàn mạch là:

$$Q = Q_L + Q_C = (X_L - X_C) \cdot I_{rms}^2 = V_{rms} \cdot I_{rms} \cdot \sin\varphi = \frac{1}{2} \cdot V_m \cdot I_m \cdot \sin\varphi \quad (3.32)$$

🔗 **Công suất biểu kiến S :** thành phần công suất đặc trưng bằng cạnh huyền tam giác công suất được gọi là công suất biểu kiến S. Công suất biểu kiến S đặc trưng cho năng lượng toàn phần từ nguồn cung cấp cho toàn mạch, xác định theo quan hệ sau:

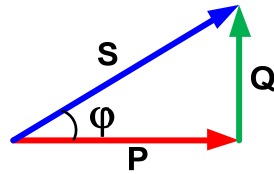
$$S = V_{rms} \cdot I_{rms} = Z \cdot I_{rms}^2 = \frac{1}{2} \cdot V_m \cdot I_m \quad (3.33)$$

🔗 Đơn vị đo của các thành phần công suất được xác định như sau: [P] = [W] (W: Watt); [Q] = [VAR] (VAR: Volt Ampere Reactive); [S] = [VA] (VA: Volt Ampere).

🔗 Tính chất của mạch điện có thể xác định thông qua các giá trị của các thành phần công suất được tóm tắt như sau:

- ❖ Mạch có tính cảm khi $|Q_L| > |Q_C|$, hay $Q = Q_L + Q_C > 0$
- ❖ Mạch có tính dung khi $|Q_L| < |Q_C|$, hay $Q = Q_L + Q_C < 0$
- ❖ Mạch có thuần trở khi $|Q_L| = |Q_C|$, hay $Q = Q_L + Q_C = 0$

✚ Các quan hệ giữa các thành phần công suất được tóm tắt như sau:



HÌNH 3.15

$$P = S \cdot \cos \varphi \quad (3.34)$$

$$Q = S \cdot \sin \varphi = P \cdot \tan \varphi \quad (3.35)$$

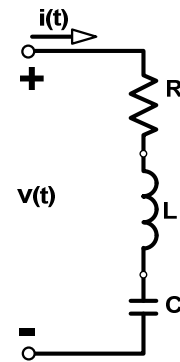
$$S = \sqrt{P^2 + Q^2} \quad (3.36)$$

3.3. NGUYÊN LÝ BẢO TOÀN CÔNG SUẤT

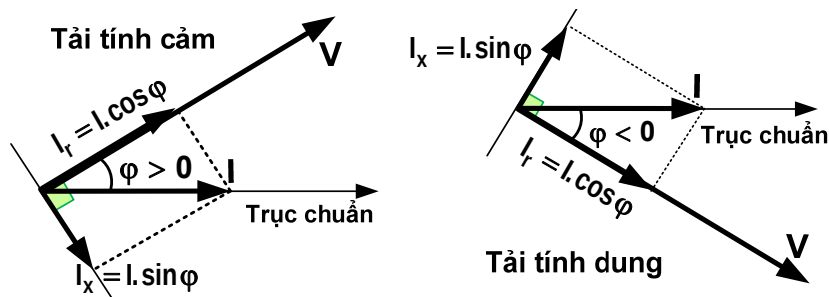
3.3.1. DÒNG TÁC DỤNG VÀ DÒNG PHẢN KHÁNG

Xét mạch một cửa tổng quát, bên trong mạch có thể bao gồm các phần tử thụ động R, L, C được đấu ghép lại với nhau. Trường hợp đơn giản nhất là đấu nối tiếp; xem hình 3.16.

Gọi $v(t)$ là áp cấp vào mạch và $i(t)$ là dòng từ nguồn cấp đến mạch. Tùy thuộc vào tính chất của tải, mạch một cửa có thể có tính cảm hay tính dung. Giản đồ vector phase mô tả quan hệ giữa các vector áp và dòng cấp đến mạch một cửa theo tính chất tải trình bày trong hình 3.17



HÌNH 3.16



HÌNH 3.17: Vector áp và dòng của mạch một cửa theo tính chất tải

Chiếu vuông góc vector dòng xuống phương V và phương thẳng góc với V ta có các thành phần hình chiếu lần lượt là I_r và I_x , xem hình 3.17.

$$I_r = I \cos \varphi \quad (3.37)$$

$$I_x = I \sin \varphi \quad (3.38)$$

Từ các quan hệ (3.29) và (3.32) suy ra:

$$P = V \cdot I \cos \varphi = V \cdot I_r \quad (3.39)$$

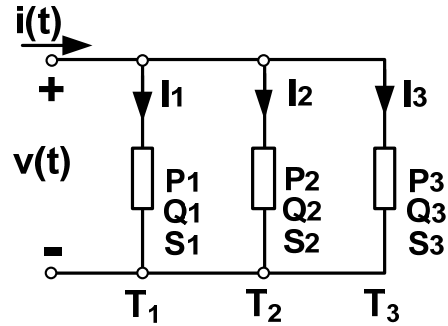
$$Q = V \cdot I \sin \varphi = V \cdot I_x \quad (3.40)$$

Tóm lại, dòng thành phần I_r trùng pha với áp V được gọi là thành phần dòng tác dụng, dòng thành phần I_x lệch pha 90° với áp V được gọi là thành phần dòng phản kháng. Thành phần dòng I_r tạo ra công suất tác dụng và dòng thành phần I_x tạo thành công suất phản kháng.

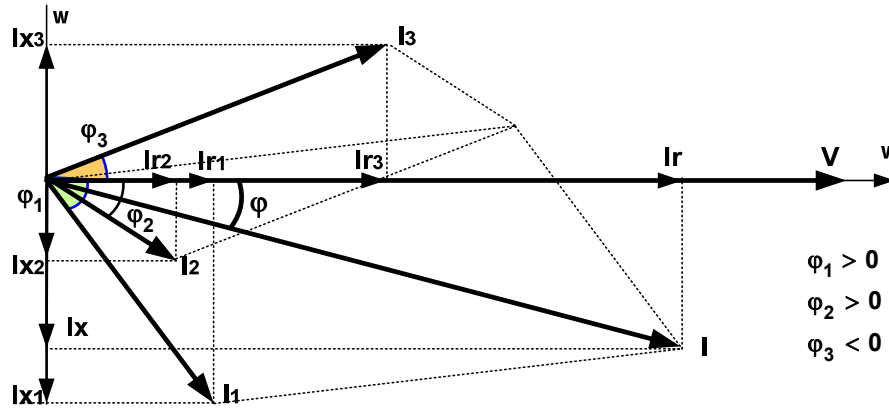
3.3.2. NGUYÊN LÝ BẢO TOÀN CÔNG SUẤT

Trường hợp tổng quát xét mạch một cửa bên trong gồm nhiều 3 nhánh tải song song, mỗi tải có tính chất khác nhau, xem hình 3.18.

Giả sử tải T_1 và T_2 có tính cảm, tải T_3 có tính dung, giản đồ vector dòng và áp trong trường hợp này được trình bày trong hình 3.19 khi chọn trục chứa vector áp làm trục chuẩn. Chiếu quan hệ vector: $\vec{I} = \vec{I}_1 + \vec{I}_2 + \vec{I}_3$ xuống các trục theo phương V và phương vuông góc với V . Đặt trục theo hướng vector V là trục v và trục thẳng góc với vector V là trục w , ta có:



HÌNH 3.18



HÌNH 3.19: Các thành phần hình chiếu của các dòng điện trên phương v và phương w .

$$\overline{hc_V I} = \overline{hc_V I_1} + \overline{hc_V I_2} + \overline{hc_V I_3}$$

$$\overline{hc_w I} = \overline{hc_w I_1} + \overline{hc_w I_2} + \overline{hc_w I_3}$$

Hay:

$$I_r = I_{r1} + I_{r2} + I_{r3} \quad (3.41)$$

$$I_x = I_{x1} + I_{x2} - I_{x3} \quad (3.42)$$

Nhân 2 vế của quan hệ (3.41) cho áp hiệu dụng V , suy ra:

$$V \cdot I_r = V \cdot I_{r1} + V \cdot I_{r2} + V \cdot I_{r3}$$

Suy ra:

$$V I \cos \varphi = V I_1 \cos \varphi_1 + V I_2 \cos \varphi_2 + V I_3 \cos \varphi_3$$

Tóm lại:

$$\boxed{P_T = P_1 + P_2 + P_3} \quad (3.43)$$

Tương tự, nhân 2 vế của quan hệ (3.42) cho áp hiệu dụng V , suy ra:

$$V I_x = V I_{x1} + V I_{x2} - V I_{x3}$$

$$\text{Hay: } V I \sin \varphi = V I_1 \sin \varphi_1 + V I_2 \sin \varphi_2 + V I_3 \sin \varphi_3$$

Chú ý: Trong quan hệ (3.43) các giá trị $V I_1 \cos \varphi_1 > 0$; $V I_2 \cos \varphi_2 > 0$ và $V I_3 \cos \varphi_3 < 0$, vì các góc lệch pha của mỗi nhánh

có giá trị được xác định khi chọn dòng qua nhánh làm chuẩn do đó:
 $\varphi_1 > 0$; $\varphi_2 > 0$; $\varphi_3 < 0$.

Tóm lại:
$$Q_T = Q_1 + Q_2 + Q_3 \quad (3.44)$$

Tổng quát: Với mạch bao gồm nhiều phần tử R_k , cuộn cảm L_k và tụ điện C_k ; các thành phần công suất đo trên ngõ vào mạch được xác định theo quan hệ sau:

$$P_T = V_{rms} \cdot I_{rms} \cdot \cos \varphi = \sum_{k=1}^n P_k = \sum_{k=1}^n R_k \cdot I_{rmsk}^2 \quad (3.45)$$

$$Q_T = V_{rms} \cdot I_{rms} \cdot \sin \varphi = \sum_{k=1}^n Q_k = \sum_{k=1}^n (X_{Lk} - X_{Ck}) \cdot I_{rmsk}^2 \quad (3.46)$$

Nếu gọi công suất biểu kiến từ nguồn cấp đến các tải trên ngõ vào, ta có quan hệ sau:

$$S_T = V_{rms} \cdot I_{rms} = \sqrt{P_T^2 + Q_T^2} \neq \sum_{k=1}^n S_k \quad (3.47)$$

Ví dụ 3.4:

Cho mạch điện gồm ba tải ghép song song thông số của mỗi tải ghi nhận như sau:

- 🔌 Tải 1: 250 VA, hệ số công suất $\cos \varphi = 0,5$ trễ.
- 🔌 Tải 2: 180W, $\cos \varphi = 0,8$ sớm.
- 🔌 Tải 3: 200VA, 100VAR, $\cos \varphi$ trễ.

Tính công suất biểu kiến tổng cấp đến tải và hệ số công suất tương đương của tải tổng hợp.

Giải:

Lập bảng tóm tắt các số liệu và áp dụng nguyên lý bảo toàn công suất, ta có:

Tải	P [W]	Q[VAR]	S[VA]	$\cos \varphi$
1	125	216,51	250	0,5 trễ
2	180	-125		0,8 sớm
3	200	100		trễ

Tổng	587,84	181,51
	P_T [W]	Q_T [VAR]

Công suất biểu kiến tổng S_T được xác định theo quan hệ (3.47):

$$S_T = \sqrt{(P_T)^2 + (Q_T)^2} = \sqrt{(587,84)^2 + (181,51)^2} = 615,225 \text{ VA}$$

Hệ số công suất của toàn hệ thống hay tải tổng hợp là:

$$\cos\varphi = \frac{P_T}{S_T} = \frac{587,84}{615,225} = 0,9555$$

3.4. MẠCH ĐIỆN HÌNH SIN GHÉP NHIỀU NHÁNH SONG SONG

Khi giải mạch xoay chiều hình sin có nhiều nhánh song song, hay ghép hỗn hợp vừa nối tiếp vừa song song. Trước tiên cần xây dựng giản đồ vector phase toàn mạch; sau đó dựa vào giản đồ tìm được xác định hay tính toán các thông số.

Phương pháp giải như trên là phương pháp giải mạch xoay chiều bằng phương pháp hình học

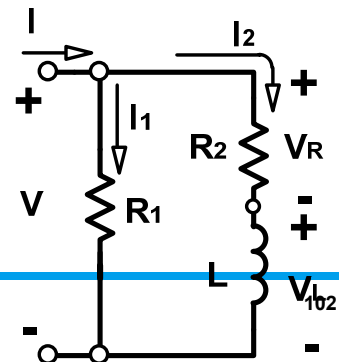
3.4.1. TRÌNH TỰ DỰNG GIẢN ĐỒ VECTOR PHASE CHO MẠCH CÓ NHIỀU NHÁNH GHÉP SONG SONG

Bước 1:

- Tách rời các nhánh song song (hay nhánh rẽ) thành từng mạch riêng.
- Xây dựng giản đồ vector phase cho mỗi nhánh.
- Khi xây dựng các giản đồ vector của từng nhánh rẽ, nên chọn dòng đi qua nhánh đó làm chuẩn.

Bước 2:

- Dựa vào các giản đồ tìm được trong bước 1, thực hiện phép chập các đồ thị vector trong cùng một hình.
- Khi chập các giản đồ vector của các nhánh rẽ lên nhau, vector đặc trưng cho áp đặt ngang hai đầu nhánh rẽ trong các sơ đồ phải trùng nhau.



HÌNH 3.20

Ví dụ 3.5:

Vẽ giản đồ vector phase của mạch điện trong hình 3.20.

Giải:

Bước 1:

Tách riêng mạch điện song song thành hai nhánh riêng:

- Nhánh 1 chỉ chứa duy nhất điện trở R_1 .
- Nhánh 2 gồm hai phần tử nối tiếp R_2, L .
- Vẽ giản đồ vector phase cho từng nhánh riêng lẻ (hình 3.16).

Bước 2:

Chập hai giản đồ suy ra giản đồ của toàn hệ. Trên giản đồ vector hình 3.16, chú ý các tính chất sau:

✚ φ_2 : là góc lệch pha giữa dòng I_2 với áp V ; $\cos\varphi_2$: hệ số công suất của nhánh 2.

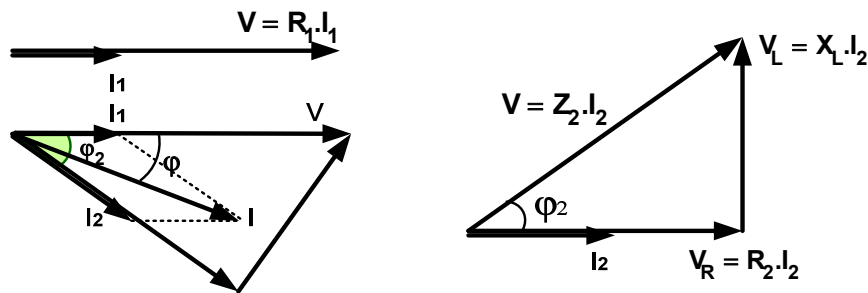
✚ φ : là góc lệch pha giữa dòng I qua nhánh chính với điện V ; $\cos\varphi$: hệ số công suất của toàn mạch hay của tải tổng hợp từ hai nhánh song song.

✚ Dòng hiệu dụng I được xác định theo các giá trị của dòng hiệu dụng I_1 và I_2 bằng phép cộng vector. Áp dụng kết quả trong 3.1.5 để tính ra giá trị của dòng hiệu dụng I .

✚ Công suất phản kháng trên nhánh 2 chính là công suất phản kháng của toàn mạch; vì nhánh 1 không chứa phần tử có công suất phản kháng.

✚ Công suất tác dụng của toàn mạch xác định bằng một trong hai phương pháp sau:

- Cộng các giá trị công suất tác dụng tìm được trên mỗi nhánh.
- Áp dụng quan hệ: $P = V_{rms} \cdot I_{rms} \cdot \cos\varphi$



HÌNH 3.21: Các bước thực hiện giản đồ vector phase cho mạch song song trong thí dụ 3.4.

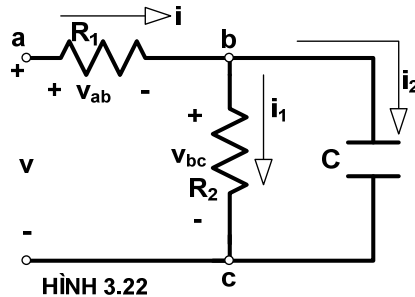
Ví dụ 3.6:

Vẽ giản đồ vector phase của mạch điện hình 3.22.

Giải:

Bước 1:

Tách mạch điện trong hình 3.22 thành 2 nhánh: Nhánh ab và nhánh bc là mạch song song gồm hai nhánh giữa 2 nút b và c.



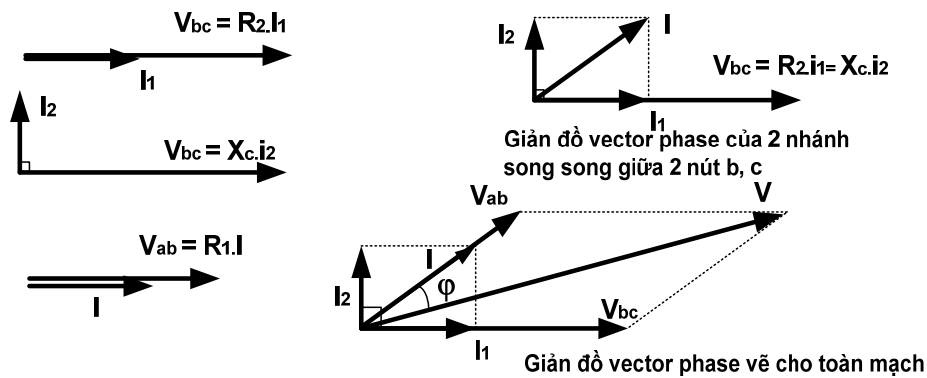
HÌNH 3.22

Vẽ giản đồ vector cho mạch song song giữa 2 nút b và c.

Vẽ giản đồ vector của nhánh ab.

Bước 2:

Chập các giản đồ vector lên cùng một hình vẽ.



HÌNH 3.23: Các bước thực hiện giản đồ vector phase cho mạch ghép hỗn hợp trong ví dụ 3.5.

3.4.2. GIẢI MẠCH XOAY CHIỀU GHÉP SONG SONG (DÙNG GIẢN ĐỒ VECTOR PHASE)

Trong quá trình giải mạch song song, nếu áp dụng phương pháp giải bằng hình học phối hợp với giản đồ vector phase, ta tiến hành theo trình tự như sau:

Bước 1:

- Vẽ giản đồ vector phase của toàn hệ thống đoạn mạch (áp dụng nội dung trình bày trong mục 3.2.1 nêu trên).
- Dựa theo giản đồ vector phase tìm được, chúng ta rút ra các quan hệ về dòng áp, công suất của hệ thống.

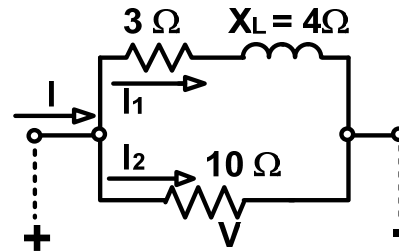
Bước 2:

- Tùy thuộc vào thông số cần tính theo yêu cầu của đề bài, ta tìm ra các kết quả.
- Trong quá trình tính toán, ta chú ý đến việc sử dụng các phương pháp tính sau đây:
 - Hệ thức lượng giác trong tam giác thường (định lý Cosin).
 - Phép chiếu vuông góc các hệ thức vector xuống các trục.
- Trong các bài toán có liên quan đến công suất tác dụng.
- Ta cần chú ý đến công thức:

$$P = V_{\text{rms}} \cdot I_{\text{rms}} \cdot \cos \varphi = R \cdot I_{\text{rms}}^2.$$

Ví dụ 3.7:

Cho mạch điện xoay chiều gồm hai nhánh tải đầu song song, hình 3.24. Tổng công suất tác dụng tiêu thụ trên các tải là 1100W. Xác định:



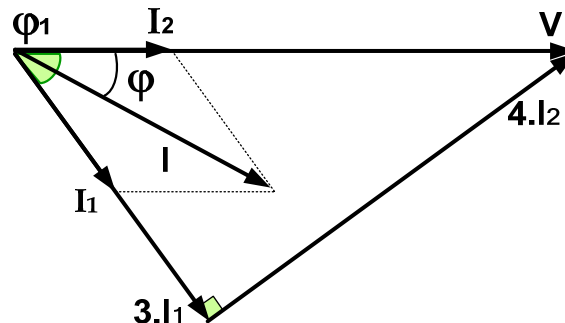
HÌNH 3.24

- Dòng hiệu dụng I_1 và I_2 qua mỗi nhánh song song.
- Áp hiệu dụng V cấp ngang qua hai đầu tải
- Dòng hiệu dụng I từ nguồn cấp đến tải; suy ra hệ số công suất $\cos \varphi$ của tải tổng hợp.

Giải:

- Đầu tiên xây dựng giản đồ vector phase của toàn mạch, hình 3.25. Dựa vào giản đồ vector phase tìm được:

Tổng trở của nhánh tải thứ 1:



HÌNH 3.25

$$Z_1 = \sqrt{3^2 + 4^2} = 5\Omega$$

Dòng hiệu dụng I_1 qua nhánh thứ 1 là: $I_1 = \frac{V}{5}$.

Dòng hiệu dụng qua nhánh tải thứ 2 là: $I_2 = \frac{V}{10}$.

Lập tỉ số các dòng hiệu dụng I_1 và I_2 , suy ra: $I_1 = 2.I_2$.

Công suất tác dụng tiêu thụ trên toàn bộ tải là 1100 W, xác định theo quan hệ sau:

$$P = P_1 + P_2 = VI \cos \varphi = 3.I_1^2 + 10.I_2^2 = 1100 \text{ W}$$

Lập tỉ số giữa các công suất $P_1 = 3.I_1^2$ và $P_2 = 10.I_2^2$.

$$\text{Suy ra: } \frac{P_1}{P_2} = \frac{3I_1^2}{10I_2^2} = \left(\frac{3}{10}\right) \cdot \left(\frac{I_1}{I_2}\right)^2 = \frac{3}{10} (2)^2 = \frac{12}{10} = \frac{6}{5}$$

$$\text{Hay: } \frac{P_1}{6} = \frac{P_2}{5} = \frac{P_1 + P_2}{6 + 5} = \frac{P}{11} = \frac{1100}{11} = 100$$

Tóm lại, ta có kết quả: $P_1 = 600 \text{ W}$ và $P_2 = 500 \text{ W}$

Dòng hiệu dụng qua nhánh 1 là: $I_1 = \sqrt{\frac{P_1}{3}} = \sqrt{\frac{600}{3}} = 10\sqrt{2} \text{ A}$

Dòng hiệu dụng qua nhánh 2 là: $I_2 = \frac{I_1}{2} = \frac{10\sqrt{2}}{2} = 5\sqrt{2} \text{ A}$

b. Áp hiệu dụng V cấp đến hai đầu mạch tải là:

$$V = 10.I_2 = 10.5\sqrt{2} = 50\sqrt{2} \text{ [V]}$$

c. Dòng hiệu dụng I từ nguồn cấp đến Tải : Áp dụng định lý cosin

Từ giản đồ vector trong hình 3.25, ta vẽ riêng giản đồ vector dòng điện theo hình 3.26.

$$I^2 = I_1^2 + I_2^2 - 2I_1.I_2 \cdot \cos(180^\circ - \varphi_1) = I_1^2 + I_2^2 + 2I_1.I_2 \cdot \cos(\varphi_1)$$

$$I^2 = (10\sqrt{2})^2 + (5\sqrt{2})^2 + 2(10\sqrt{2}).(5\sqrt{2}).\cos\varphi_1$$

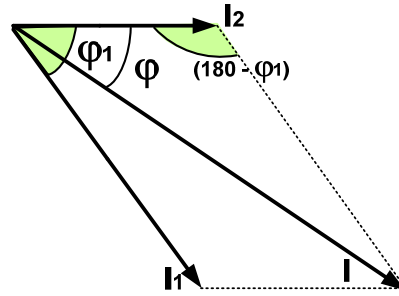
Hệ số công suất của nhánh 1 là $\cos\varphi_1$ được xác định theo quan hệ sau :

$$\cos\varphi_1 = \frac{R_1}{Z_1} = \frac{3}{5} = 0,6$$

Suy ra:

$$I^2 = 200 + 50 + 200 \cdot 0,6 = 370$$

$$I = \sqrt{370} = 19,235A$$



HÌNH 3.26

Hệ số công suất toàn mạch được xác định theo một trong các phương pháp sau:

Phương pháp 1: Chiếu vuông góc hệ thức vector xuống trục 1 trục.

Từ giản đồ vector trong hình 3.26, ta có quan hệ vector:

$\vec{I} = \vec{I}_1 + \vec{I}_2$. Chiếu hệ thức vector này xuống trục x đang mang

vector dòng I_2 , ta có: $hc_x \vec{I} = hc_x \vec{I}_1 + hc_x \vec{I}_2$. Suy ra:

$$I \cdot \cos\varphi = I_1 \cdot \cos\varphi_1 + I_2$$

$$\cos\varphi = \frac{I_1 \cdot \cos\varphi_1 + I_2}{I} = \frac{(10\sqrt{2}) \cdot (\frac{3}{5}) + 5\sqrt{2}}{\sqrt{370}} = \frac{11\sqrt{2}}{\sqrt{370}} = 0,8087$$

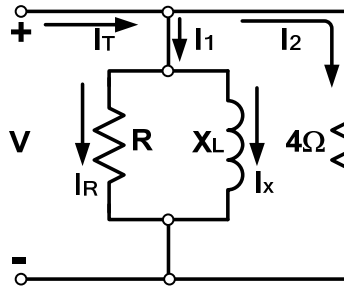
Phương pháp 2: Áp dụng công thức tính công suất tác dụng.

Theo lý thuyết ta có quan hệ sau: $P = V_{rms} \cdot I_{rms} \cdot \cos\varphi$.

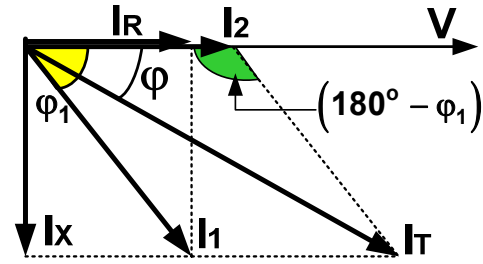
$$\text{Suy ra: } \cos\varphi = \frac{P}{V_{rms} \cdot I_{rms}} = \frac{1100}{(50\sqrt{2}) \cdot (\sqrt{370})} = 0,8087$$

Ví dụ 3.8:

Cho mạch điện xoay chiều hình 3.27, dòng hiệu dụng qua các nhánh có các giá trị lần lượt là: $I_T = 20A$; $I_1 = 18A$; $I_2 = 15A$. Xác định R và X_L .



HÌNH 3.27



HÌNH 3.28

Giải:

Đầu tiên xây dựng giản đồ vector phase cho toàn mạch, ta có các nhận xét như sau:

- Mạch có 2 nhánh song song.
- Hai nhánh song song chứa R và X_L có dòng tổng là I_1 .
- Dòng I_1 và I_2 tạo thành dòng qua nhánh chính I_T .

Giản đồ vector phase của toàn mạch trình bày trong hình 3.28.

Gọi φ_1 là góc lệch pha thời gian giữa dòng I_1 với áp V cấp vào hai đầu mạch.

Gọi φ là góc lệch pha thời gian giữa dòng I_T với áp V cấp vào hai đầu mạch.

Gọi I_R là dòng qua nhánh R và I_X là dòng qua nhánh X_L , và ta có quan hệ sau: $I_1 = \sqrt{I_X^2 + I_R^2}$

Áp dụng định lý cosin ta có:

$$I_T^2 = I_1^2 + I_2^2 - 2 \cdot I_1 \cdot I_2 \cdot \cos(180^\circ - \varphi_1) = I_1^2 + I_2^2 + 2 \cdot I_1 \cdot I_2 \cdot \cos \varphi_1$$

$$\cos \varphi_1 = \frac{I_T^2 - I_1^2 - I_2^2}{2 \cdot I_1 \cdot I_2}$$

$$\text{Suy ra: } \cos \varphi_1 = \frac{30^2 - 18^2 - 15^2}{2 \cdot 18 \cdot 15} = 0.65$$

$$\sin \varphi_1 = \sqrt{1 - \cos^2 \varphi_1} = \sqrt{1 - (0.65)^2} = 0.75993$$

Dòng hiệu dụng I_R và I_X được xác định theo các quan hệ sau:

$$I_R = I_1 \cdot \cos \varphi_1 = 18 \cdot 0.65 = 11.7 \text{ A}$$

$$I_X = I_1 \cdot \sin \varphi_1 = 18 \cdot 0.75993 = 13.68 \text{ A}$$

Áp hiệu dụng V cấp đến hai đầu mạch là: $V = 4 \cdot I_2 = 4 \cdot 15 = 60V$

Giá trị của điện trở R : $R = \frac{V}{I_R} = \frac{60}{11,7} = 5,13 \Omega$

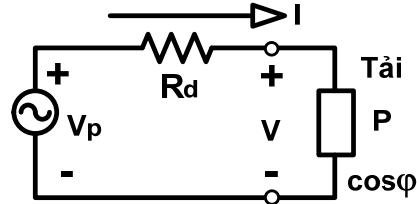
Giá trị của điện kháng X_L : $X_L = \frac{V}{I_x} = \frac{60}{13,68} = 4,385 \Omega$

3.5. ĐIỀU CHỈNH HỆ SỐ CÔNG SUẤT CỦA PHỤ TẢI

3.5.1. TỒN THẤT ĐIỆN NĂNG TRONG QUÁ TRÌNH CHUYỂN TẢI

Xét một mạch truyền tải trong hình 3.29 với:

- R_d là điện trở của toàn bộ đường dây truyền tải.
- P là công suất tác dụng cấp đến tải.
- V là áp đặt trên hai đầu tải.
- $\cos\varphi$ là hệ số công suất tải.
- I_{rms} là dòng hiệu dụng qua tải được xác định theo quan hệ:



HÌNH 3.29

$$I_{rms} = \frac{P}{V_{rms} \cdot \cos\varphi}$$

Tổn thất điện năng trên đường dây là:

$$P_d = R_d \cdot I_{rms}^2$$

Hay:

$$P_d = \frac{R_d \cdot P^2}{V_{rms}^2 \cdot \cos^2\varphi} \quad (3.48)$$

Công suất tác dụng từ nguồn cấp đến tải có tính đến tổn thất điện năng trên đường dây truyền tải là:

$$P_p = P + P_d$$

Hiệu suất truyền tải được xác định như sau:

$$\eta = \frac{P}{P_p} = \frac{P}{P + P_d} \quad (3.49)$$

Thay (3.48) vào (3.49) suy ra quan hệ sau:

$$\eta = \frac{1}{1 + \frac{R_d \cdot P}{V_{rms}^2 \cdot \cos^2 \varphi}} \quad (3.50)$$

Từ các quan hệ trên rút ra kết luận sau:

- Với công suất tác dụng P , điện áp V và giá trị điện trở của đường dây R_d cho trước; khi hệ số công suất tải giảm đi 2 lần tổn hao trên đường dây tăng 4 lần.
- Khi hệ số công suất giảm thấp, hiệu suất truyền tải giảm thấp.

Tóm lại, khi hệ số công suất tải giảm thấp tổn thất điện năng trên đường dây truyền tải gia tăng và hiệu suất truyền tải giảm thấp. Do đó cần thực hiện các biện pháp cải thiện và nâng cao hệ số công suất tải.

3.5.2. PHƯƠNG PHÁP ĐIỀU CHỈNH HỆ SỐ CÔNG SUẤT DÙNG TỤ ĐIỆN

Đối với các tải vận hành trong lưới điện hạ thế; để nâng cao hệ số công suất ta ghép song song tụ điện C với tải.

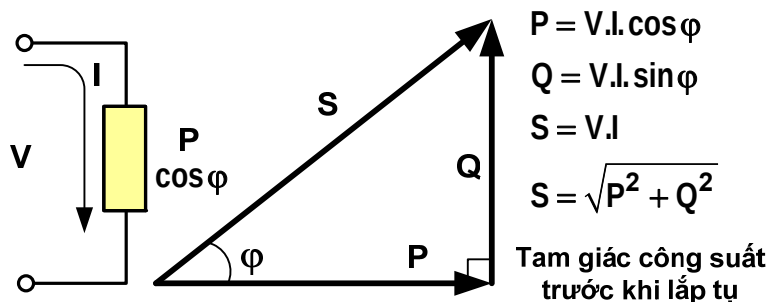
- Với biện pháp này; hệ số công suất tải cũng như công suất tác dụng tiêu thụ trên tải vẫn duy trì giá trị hiện có nhưng hệ số công suất của tải tổng hợp (tải và tụ C) sẽ thay đổi.

- Khi thực hiện biện pháp trên, công suất tác dụng của tải tổng hợp không thay đổi, nhưng công suất phản kháng sẽ thay đổi.

Tóm lại, sau khi lắp tụ C , công suất biểu kiến cấp cho tải tổng hợp sẽ thấp hơn công suất biểu kiến cấp đến tải trước khi lắp tụ C .

- Khi xác định tụ điện dùng điều chỉnh hệ số công suất, ta cần tìm các thông số sau đây:

- ✚ Điện dung C .
- ✚ Công suất phản kháng Q_C .
- ✚ Áp hiệu dụng V đặt ngang qua hai đầu tụ.



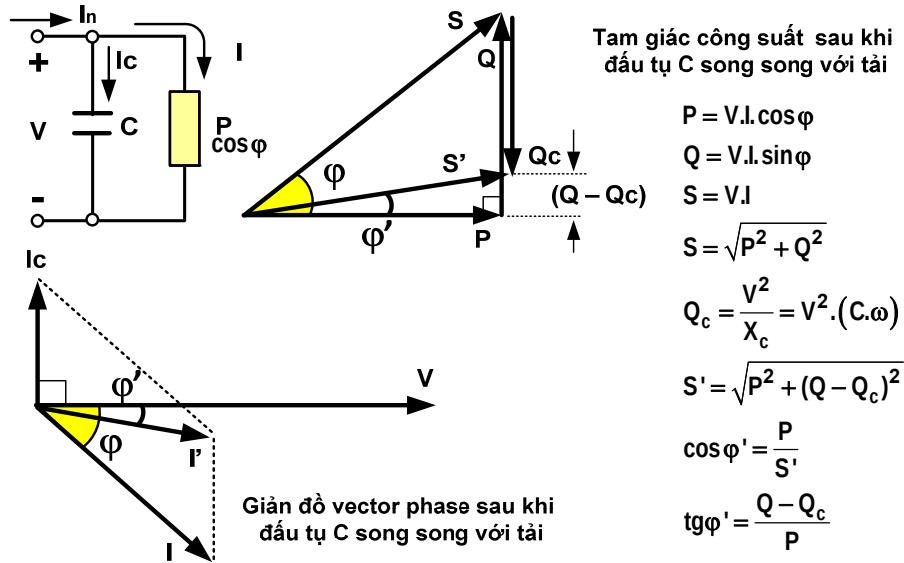
HÌNH 3.30: Tam giác công suất của tải (trước khi ghép song song tụ C)

Trong hình 3.30 trình bày tam giác công suất của tải (trước khi ghép song song tụ điện C để nâng cao hệ số công suất). Giả sử tải có tính cảm (dòng I qua tải chậm pha hơn áp V đặt ngang qua hai đầu tải). Sau khi lắp tụ điện C song song với tải, trong nhánh chứa tụ C có dòng I_C sớm pha hơn áp V góc 90° ; dòng từ nguồn cấp vào cho các tải là I_n .

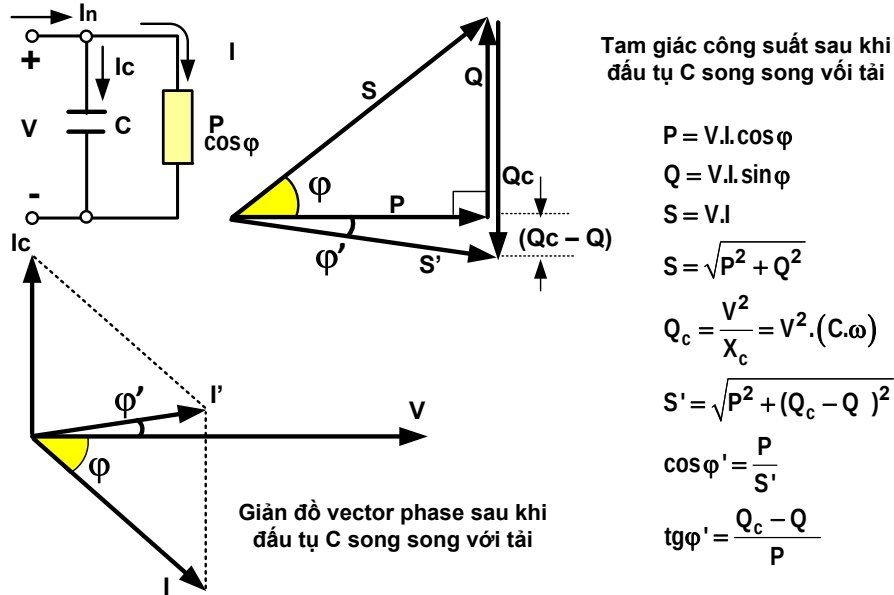
Ta gặp một trong hai trường hợp sau:

🔲 Dòng tổng I_n chậm pha hơn áp V ; tải tổng hợp (tụ C + Tải) có tính cảm nhưng hệ số công suất của tải tổng hợp gia tăng, xem hình 3.31.

🔲 Dòng tổng I_n sớm pha hơn áp V ; tải tổng hợp (tụ C + Tải) có tính dung nhưng hệ số công suất của tải tổng hợp gia tăng, xem hình 3.32.



HÌNH 3.31: Sơ đồ mạch và tam giác công suất sau khi đầu tụ C song song với tải (Trường hợp tải tổng hợp có tính cảm).



HÌNH 3.32: Sơ đồ mạch và tam giác công suất sau khi đầu tụ C song song với tải (Trường hợp tải tổng hợp có tính dung).

Chú ý: Phương pháp đấu song song tụ C với tải để điều chỉnh hệ số công suất trong kỹ thuật gọi là phương pháp dùng tụ bù điều chỉnh hệ số công suất.

Ví dụ 3.9:

Cho tải 1 pha tiêu thụ công suất tác dụng $P = 15\text{KW}$; hệ số công suất $\cos\varphi = 0,6$ trễ. Biết nguồn cấp đến tải có áp hiệu dụng $V_{\text{rms}} = 220\text{V}$; tần số $f = 50\text{Hz}$.

1. Tính dung lượng của tụ C đấu song song với tải để nâng hệ số công suất đến giá trị $\cos\varphi' = 0,9$ (chú ý đến các trường hợp $\cos\varphi'$ trễ và sớm).
2. Suy ra các giá trị điện dung C cho mỗi trường hợp.

Giải:

1. Trường hợp sau khi bù tải tổng có tính cảm ($\cos\varphi'$ trễ hình 3.31)

Quan hệ giữa các thành phần công suất tác dụng P và phản kháng Q trước khi dùng tụ bù:

$$Q = P.\text{tg}\varphi \quad (3.51)$$

Quan hệ giữa các thành phần công suất sau khi dùng tụ bù:

$$Q - Q_c = P.\text{tg}\varphi' \quad (3.52)$$

Từ (3.51) và (3.52) suy ra:

$$P.\text{tg}\varphi - Q_c = P.\text{tg}\varphi'$$

Hay:

$$Q_c = P.(\text{tg}\varphi - \text{tg}\varphi') \quad (3.53)$$

Áp dụng bằng số với $\cos\varphi = 0,6$ và $\cos\varphi' = 0,9$:

$$\text{tg}\varphi = \frac{\sin\varphi}{\cos\varphi} = \frac{\sqrt{1 - \cos^2\varphi}}{\cos\varphi} = \frac{\sqrt{1 - 0,6^2}}{0,6} = \frac{4}{3} = 1,3333$$

$$\text{tg}\varphi' = \frac{\sin\varphi'}{\cos\varphi'} = \frac{\sqrt{1 - \cos^2\varphi'}}{\cos\varphi'} = \frac{\sqrt{1 - 0,9^2}}{0,9} = 0,48432$$

Suy ra:

$$Q_c = P \cdot (\operatorname{tg} \varphi - \operatorname{tg} \varphi') = 15000 \cdot (1,3333 - 0,4843) = 12735,15 \text{ VAR}$$

Dung lượng tụ bù trong trường hợp này là: $Q_c \cong 12,74 \text{ kVAR}$.

Vì:
$$Q_c = \frac{V_{\text{rms}}^2}{X_c} = V_{\text{rms}}^2 \cdot (C \cdot \omega)$$

Suy ra:
$$C = \frac{Q_c}{V_{\text{rms}}^2 \cdot \omega} = \frac{Q_c}{2\pi \cdot f \cdot V_{\text{rms}}^2} \quad (3.54)$$

Trong đó đơn vị đo: $[C] = [F]$; $[f] = [\text{Hz}]$; $[Q_c] = [\text{VAR}]$; $[V] = [V]$.

$$C = \frac{Q_c}{2\pi \cdot f \cdot V_{\text{rms}}^2} = \frac{12735,15}{2\pi \cdot 50 \cdot 220^2} = 0,00083755 \text{ F} = 837,55 \mu\text{F}$$

2. Trường hợp sau khi bù tải tổng có tính dung ($\cos \varphi'$ sớm hình 3.32)

Quan hệ giữa các thành phần công suất tác dụng P và phản kháng Q trước khi dùng tụ bù:

$$Q = P \cdot \operatorname{tg} \varphi \quad (3.55)$$

Quan hệ giữa các thành phần công suất sau khi dùng tụ bù:

$$Q_c - Q = P \cdot \operatorname{tg} \varphi' \quad (3.56)$$

Từ (3.54) và (3.55) suy ra:

$$Q_c - P \cdot \operatorname{tg} \varphi = P \cdot \operatorname{tg} \varphi'$$

Hay:
$$Q_c = P \cdot (\operatorname{tg} \varphi + \operatorname{tg} \varphi') \quad (3.57)$$

Áp dụng bằng số với $\cos \varphi = 0,6$ và $\cos \varphi' = 0,9$:

$$Q_c = P \cdot (\operatorname{tg} \varphi + \operatorname{tg} \varphi') = 15000 \cdot (1,3333 + 0,4843) = 27264,75 \text{ VAR}$$

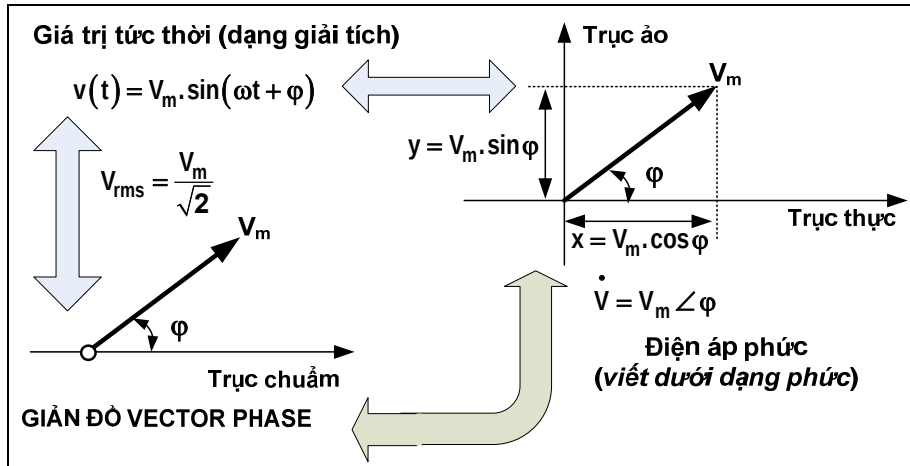
Dung lượng tụ bù trong trường hợp này là: $Q_c \cong 27,265 \text{ kVAR}$.

Tính tương tự như trên, ta có kết quả như sau:

$$C = \frac{Q_c}{2\pi \cdot f \cdot V_{\text{rms}}^2} = \frac{27264,75}{2\pi \cdot 50 \cdot 220^2} = 0,001793 \text{ F} \cong 1793 \mu\text{F}$$

3.6. BIỂU DIỄN MẠCH ĐIỆN XOAY CHIỀU BẰNG SỐ PHỨC

Với tín hiệu áp xoay chiều hình sin có biểu thức tức thời $v(t) = V_m \cdot \sin(\omega t + \varphi)$ được biểu diễn bằng vector phase quay; khi đặt vector phase này vào mặt phẳng phức sao cho gốc của vector trùng với gốc của hệ trục tọa độ trong mặt phẳng phức; ta thực hiện được sự chuyển đổi phương pháp biểu diễn tín hiệu áp xoay chiều dưới dạng phức. Với phương pháp biểu diễn trình bày trong hình 3.33; ta nói mạch điện đang được khảo sát trong miền tần số.



HÌNH 3.33: Các phương pháp biểu diễn điện áp xoay chiều theo giải tích; hình học vector và số phức.

Do quan hệ giữa biên độ của tín hiệu xoay chiều hình sin lớn hơn giá trị hiệu dụng $\sqrt{2}$ lần, ta có thể thay thế giá trị biên độ cực đại bằng các giá trị hiệu dụng khi biểu diễn các tín hiệu xoay chiều bằng vector phase hay số phức.

Với điện áp $v(t) = V_m \sin(\omega t + \varphi)$ ta có thể viết các dạng điện áp phức như sau (trong môn học Mạch điện: áp phức và dòng phức được biểu diễn theo giá trị biên độ):

🔧 Dạng mũ: $\dot{V} = V_m \cdot e^{j(\omega t + \varphi)}$

🔧 Dạng đại số: $\dot{V} = x + jy$

với $x = V_m \cdot \cos \varphi$; $y = V_m \cdot \sin \varphi$; $V_m = \sqrt{x^2 + y^2}$, $\varphi = \text{tg}^{-1}\left(\frac{y}{x}\right)$.

🔧 Dạng cực: $\dot{V} = V_m \angle \varphi$

3.6.1. TỔNG TRỞ PHỨC

Giả sử điện áp xoay chiều hình sin: $v(t) = V_m \sin(\omega t + \varphi_v)$ được biểu diễn theo dạng phức khi chuyển đổi vector phase về tại lúc $\omega t = 0$, ta có:

$$\dot{V} = V_m \cdot e^{j\varphi_v} \quad (3.58)$$

Khi khảo sát mạch điện phức trong miền thời gian, tương ứng với việc chuyển đổi vector phase về tại lúc $\omega t \neq 0$ sang dạng phức theo dạng mũ như sau:

$$\dot{V} = V_m \cdot e^{j(\omega t + \varphi_v)} \quad (3.59)$$

Tương tự, dòng $i(t) = I_m \sin(\omega t + \varphi_i)$ được biểu diễn sang dạng phức như sau:

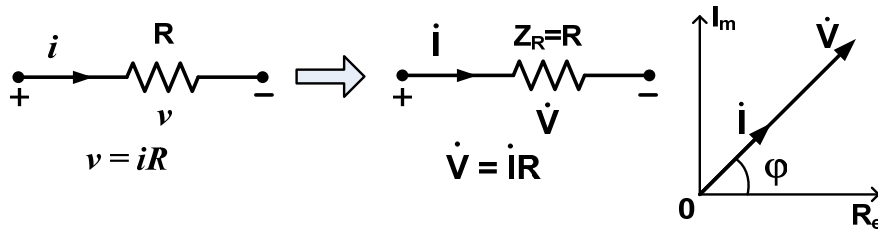
$$\dot{I} = I_m \cdot e^{j(\omega t + \varphi_i)} \quad (3.60)$$

Các quan hệ (3.59) và (3.60) chúng ta cũng có thể viết số phức theo dạng cực:

$$v(t) = V_m \sin(\omega t + \varphi_v) \Rightarrow \dot{V} = V_m \angle \varphi_v \quad (3.61)$$

$$i(t) = I_m \sin(\omega t + \varphi_i) \Rightarrow \dot{I} = I_m \angle \varphi_i \quad (3.62)$$

🔗 Tổng trở phức của phần tử thuần trở



HÌNH 3.34: Quan hệ giữa điện áp và dòng điện trên R

Giả sử cho dòng điện dòng $i(t) = I_m \sin(\omega t + \varphi)$ chạy qua phần tử R, thì điện áp đặt trên hai đầu phần tử R là: $v(t) = R \cdot I_m \sin(\omega t + \varphi)$, dòng phức và áp phức qua phần tử R được biểu diễn hình 3.34.

Dòng điện phức: $\dot{I} = I_m \angle \varphi \quad (3.63)$

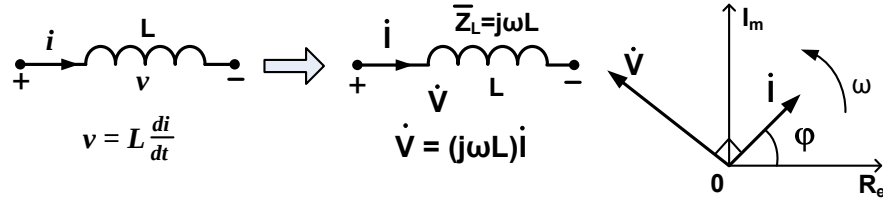
Điện áp phức: $\dot{V} = R \cdot \dot{I}_m \angle \varphi = R \cdot \dot{I}$ (3.64)

Định luật Ohm viết theo dạng phức như sau:

$$\dot{V} = Z_R \cdot \dot{I} = R \cdot \dot{I} \quad (3.65)$$

Đặt giá trị Z_R là tổng trở phức của phần tử thuần trở từ quan hệ (3.65) có kết quả sau: $Z_R = R$

🚧 Tổng trở phức của phần tử thuần cảm



HÌNH 3.35: Quan hệ giữa điện áp và dòng điện trên L

Xét cuộn dây có hệ số tự cảm là L ở hình 3.35; gọi $\dot{I} = I_m \cdot e^{j(\omega t + \varphi)}$ là dòng điện phức qua phần tử.

Áp phức đặt ngang qua hai đầu cuộn dây thỏa quan hệ:

$$v_L(t) = L \cdot \frac{di(t)}{dt}.$$

Suy ra áp phức qua phần tử L:

$$\dot{V}_L = L \cdot \frac{d}{dt} \left(I_m \cdot e^{j(\omega t + \varphi)} \right) = j \cdot (\omega L) \cdot \left[I_m \cdot e^{j(\omega t + \varphi)} \right] \quad (3.66)$$

Gọi Z_L là tổng trở phức của phần tử thuần cảm, định luật Ohm viết theo dạng phức là:

$$\dot{V}_L = \bar{Z}_L \cdot \dot{I} \quad (3.67)$$

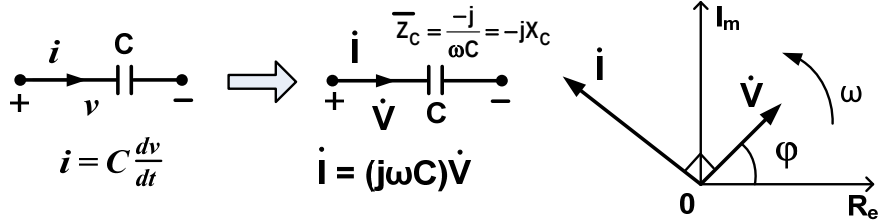
So sánh (3.66) và (3.67) suy ra tổng trở phức của phần tử cuộn dây L là:

$$\bar{Z}_L = j(L\omega) = jX_L \quad (3.68)$$

Nhận xét:

- Tổng trở phức của phần tử thuần cảm là số toàn ảo.
- $\bar{Z}_L$ được gọi là cảm kháng phức của cuộn dây thuần cảm.

🌈 Tổng trở phức của phần tử thuần dung



HÌNH 3.36: Quan hệ giữa điện áp và dòng điện trên C

Xét tụ có điện dung là C ; gọi $\dot{V}_C = V_m \cdot e^{j(\omega t + \phi)}$ là áp phức đặt ngang qua hai đầu phần tử.

Dòng điện nạp điện tích trên các bản cực của tụ thỏa quan hệ:

$$i(t) = \frac{dQ}{dt} = C \cdot \frac{dv_C(t)}{dt}$$

Suy ra dòng điện phức qua tụ:

$$\dot{I}_C = C \cdot \frac{d}{dt} \left(V_m \cdot e^{j(\omega t + \phi)} \right) = j(\omega C) \cdot \left[V_m \cdot e^{j(\omega t + \phi)} \right] \quad (3.69)$$

Gọi Z_C là tổng trở phức của phần tử thuần dung, định luật Ohm viết theo dạng phức là:

$$\dot{V}_C = \bar{Z}_C \cdot \dot{I} \quad (3.70)$$

So sánh (3.69) và (3.70) suy ra:

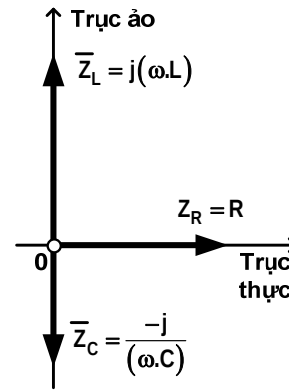
$$\bar{Z}_C = \frac{1}{j(\omega C)} = \frac{-j}{\omega C} \quad (3.71)$$

Nhận xét:

✚ Tổng trở phức của phần tử thuần dung là số toàn ảo.

✚ $\bar{Z}_C$ được gọi là dung kháng phức của tụ điện thuần dung

Từ các chứng minh trên có thể biểu diễn giá trị tổng trở phức của từng phần tử mạch trên mặt phẳng phức như trong hình 3.37. Áp dụng các giá trị tổng trở phức sẽ đưa bài toán giải mạch xoay chiều dùng phương pháp hình học (giản đồ vector phase) sang bài toán giải mạch dùng phương pháp đại số.



HÌNH 3.37

Ví dụ 3.10:

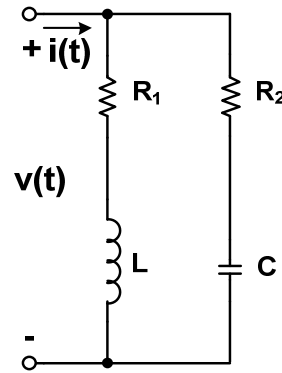
Cho mạch điện xoay chiều như hình 3.38. Biết: $R_1 = 8\Omega$, $R_2 = 6\Omega$, $L = \frac{60}{\pi}$ mH,

$C = \frac{1}{800\pi}$ F và nguồn áp cấp đến mạch là:

$$v(t) = 220 \cdot \sqrt{2} \cdot \sin(100\pi t) [V].$$

Xác định:

- Tổng trở phức tương đương của toàn hệ thống đoạn mạch ghép song song.
- Xác định giá trị hiệu dụng dòng điện cấp vào hệ thống.
- Hệ số công suất của toàn hệ thống.



HÌNH 3.38

Giải:

Bước 1: Chuyển mạch điện và các thông số mạch sang dạng phức như hình 3.39.

– Điện áp nguồn viết lại dạng phức:

$$\dot{V} = 220\sqrt{2} \angle 0^\circ (V).$$

– Tổng trở phức của nhánh 1:

$$\bar{Z}_1 = R_1 + j(L\omega)$$

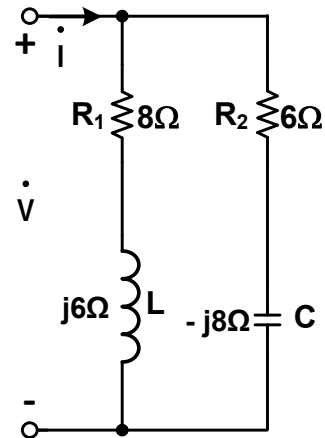
$$\bar{Z}_1 = 8 + j\left(\frac{60}{\pi} \cdot 10^{-3} \cdot 100\pi\right) = (8 + 6j)\Omega$$

– Tổng trở phức của nhánh 2:

$$\bar{Z}_2 = R_2 - \frac{j}{C\omega}$$

$$\bar{Z}_2 = 6 - \frac{j}{\left(\frac{1}{800\pi}\right) \cdot 100\pi} = (6 - 8j)\Omega$$

Mạch điện tương đương biểu diễn dạng phức trình bày như hình 3.39.



HÌNH 3.39

Bước 2: Tính toán các thông số

a. Tổng trở phức của toàn mạch

Gọi Z là tổng trở phức của hai nhánh ghép song song.

$$\text{Ta có: } \frac{1}{Z} = \frac{1}{Z_1} + \frac{1}{Z_2}. \quad \text{Suy ra: } \bar{Z} = \frac{\bar{Z}_1 \cdot \bar{Z}_2}{\bar{Z}_1 + \bar{Z}_2}$$

Thay thế các giá trị Z_1 và Z_2 vào quan hệ trên suy ra tổng trở phức tương đương:

$$\bar{Z} = \frac{(8 + 6j) \cdot (6 - 8j)}{(8 + 6j) + (6 - 8j)} = (7 - j)\Omega$$

Phân tích kết quả tính được cho tổng trở tương đương như sau:

► Phần thực $\text{Re}(\bar{Z}) = R(\Omega)$; đặc trưng cho điện trở tương đương của toàn mạch.

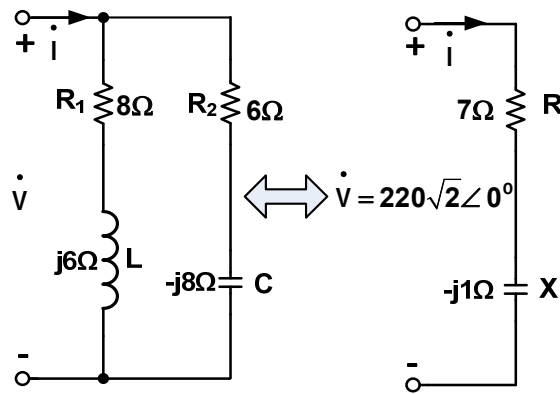
► Phần ảo $\text{Im}(\bar{Z}) = X(\Omega)$; đặc trưng cho điện kháng tương đương của toàn mạch, điện kháng X có thể dương nếu là cuộn cảm, còn điện kháng X âm nếu là tụ điện.

$$\boxed{\bar{Z} = (R - jX) = Z \angle \theta; \quad Z = \sqrt{R^2 + X^2}; \quad \theta = \text{tg}^{-1}\left(\frac{X}{R}\right)} \quad (3.72)$$

► Mạch song song cho trong ví dụ tương đương với tải có tính dung.

➡ Trong trường hợp này dòng từ nguồn cấp đến mạch sớm pha hơn áp đặt vào hai đầu mạch.

➡ Hệ số công suất của toàn hệ có thể được xác định theo giá trị nhận được của tổng trở tương đương Z ; hoặc dựa vào Argument của dòng phức $\dot{I}$ (trong trường hợp này chọn áp đặt vào hai đầu mạch có $\text{Arg } \dot{V} = 0$).



HÌNH 3.40

b. Giá trị hiệu dụng dòng điện cấp vào hệ thống.

Áp dụng định luật Ohm, ta có:

$$\dot{I} = \frac{\dot{V}}{Z} = \frac{220\sqrt{2}\angle 0^\circ}{(7-j)} \text{ A} = 44\angle 8,13^\circ \text{ A}$$

$$\text{Dòng hiệu dụng chạy trong mạch là: } I_{\text{rms}} = 22\sqrt{2} \text{ A}$$

c. Hệ số công suất của toàn mạch:

Căn cứ vào áp phức $\dot{V}$ và dòng phức $\dot{I}$, ta suy ra hệ số công suất của toàn mạch: $\cos \varphi = \cos(8^\circ 17') = 0,9898$.

Vì dòng sớm pha hơn áp nguồn nên là $\cos \varphi = 0,9898$ sớm.

Chú ý: Các câu b và c của bài toán trên có thể được giải bằng phương pháp khác như sau:

➡ Dòng điện $\dot{I}_1$ là: $\dot{I}_1 = \frac{\dot{U}}{Z_1} = \frac{220\sqrt{2}\angle 0^\circ}{8+6j} = 22\sqrt{2}\angle -36,87^\circ \text{ A}$

➡ Dòng điện $\dot{I}_2$ là: $\dot{I}_2 = \frac{\dot{U}}{Z_2} = \frac{220\sqrt{2}\angle 0^\circ}{6-j8} = 22\sqrt{2}\angle 53,13^\circ \text{ A}$

✚ Dòng điện qua nhánh chính:

$$\dot{I} = \dot{I}_1 + \dot{I}_2 = 4,4 \cdot \sqrt{2}(7 + j) A = 44 \angle 8,13^\circ A$$

➡ Hệ số công suất toàn mạch được xác định theo phương pháp năng lượng; dựa vào công suất tác dụng tổng tiêu thụ trên mạch so với công suất biểu kiến tổng cung cấp từ nguồn. Ta có:

✚ Công suất tác dụng tiêu thụ trên nhánh 1: $P_1 = R_1 \cdot I_1^2 = R_{1rms} \cdot \frac{I_{1m}^2}{2}$

Như vậy: $P_1 = 8 \cdot (22)^2 = 3872 \text{ W}$

✚ Công suất tác dụng tiêu thụ trên nhánh 2: $P_2 = R_2 \cdot I_{2rms}^2 = R_2 \cdot \frac{I_{2m}^2}{2}$

Suy ra: $P_2 = 6 \cdot (22)^2 = 2904 \text{ W}$

✚ Công suất tác dụng tổng tiêu thụ trên toàn mạch được xác định dựa vào nguyên lý bảo toàn công suất:

Tóm lại: $P = P_1 + P_2 = 3872 + 2904 = 6776 \text{ W}$

✚ Công suất biểu kiến tổng cung cấp cho toàn hệ thống:

$$S = V_{rms} \cdot I_{rms} = 220 \cdot (22 \cdot \sqrt{2}) = 6844,7936 \text{ VA}$$

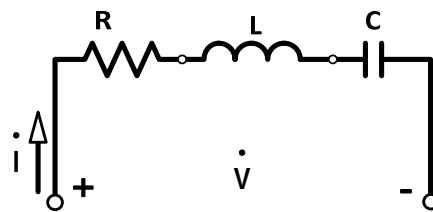
Hoặc: $S = \frac{1}{2} \cdot V_m \cdot I_m = \frac{1}{2} \cdot 220 \cdot \sqrt{2} \cdot 44 = 6844,7936 \text{ VA}$

✚ Hệ số công suất toàn mạch xác định theo quan hệ:

$$\cos \varphi = \frac{P}{S} = \frac{6776}{6844,7936} = 0,9899$$

3.6.2. CÔNG SUẤT PHỨC

Xét mạch điện như hình 3.41; gọi $\dot{V} = V_m \angle \varphi_V$: áp phức cấp vào hai đầu mạch và $\dot{I} = I_m \angle \varphi_I$ là dòng phức từ nguồn cấp đến mạch.



HÌNH 3.41

Gọi $\dot{I}^* = I_m \angle -\varphi_I$ là dòng phức liên hợp của dòng phức $\dot{I}$.

Công suất biểu kiến phức trong mạch được định nghĩa như sau:

$$\begin{aligned}\dot{S} &= \frac{1}{2} \cdot \dot{V} \cdot \dot{I}^* = \frac{1}{2} \cdot V_m \angle \varphi_v \cdot I_m \angle -\varphi_i = \frac{1}{2} \cdot V_m \cdot I_m \angle \varphi_v - \varphi_i \\ \dot{S} &= \frac{1}{2} \cdot V_m \cdot I_m \angle \varphi = V_{rms} \cdot I_{rms} \angle \varphi = S \angle \varphi\end{aligned}\quad (3.74)$$

Với φ góc lệch pha giữa áp và dòng là: $\varphi = \varphi_v - \varphi_i$

Tóm lại: $\dot{S} = P + jQ = S \angle \varphi$ (3.75)

Suy ra: $\text{Re}(\dot{S}) = \text{Re}(\dot{V} \cdot \dot{I}^*) = P = V_{rms} \cdot I_{rms} \cdot \cos \varphi$ (3.76)

$$\text{Im}(\dot{S}) = \text{Im}(\dot{V} \cdot \dot{I}^*) = Q = V_{rms} \cdot I_{rms} \cdot \sin \varphi \quad (3.77)$$

Ví dụ 3.11:

Với bài toán trong ví dụ 3.10, tìm công suất phức cung cấp cho từng nhánh song song.

Giải:

➡ Công suất phức cung cấp cho nhánh thứ nhất:

➡ Áp phức cấp vào 2 đầu nhánh thứ nhất: $\dot{V} = 220\sqrt{2} \angle 0^\circ \text{ V}$.

➡ Dòng phức qua nhánh thứ nhất: $\dot{I}_1 = 22\sqrt{2} \angle -36.87^\circ \text{ A}$.

➡ Dòng phức liên hợp qua nhánh thứ nhất: $\dot{I}_1^* = 22\sqrt{2} \angle 36.87^\circ \text{ A}$

➡ Công suất phức cung cấp cho nhánh thứ nhất:

$$\dot{S}_1 = \frac{220 \cdot \sqrt{2} \cdot (22\sqrt{2} \angle 36.87^\circ)}{2} = 3872 + j2904 \quad \text{VA}$$

➡ Công suất phức cung cấp cho nhánh thứ hai:

➡ Áp phức cấp vào 2 đầu nhánh thứ hai: $\dot{V} = 220\sqrt{2} \angle 0^\circ$.

➡ Dòng phức qua nhánh thứ hai: $\dot{I}_2 = 22 \cdot \sqrt{2} \angle 53.13^\circ \text{ A}$.

✚ Dòng phức liên hợp qua nhánh hai: $\dot{I}_2^* = 22.\sqrt{2}\angle -53,13^\circ \text{ A}$.

✚ Công suất phức cung cấp cho nhánh thứ hai:

$$\dot{S}_2 = \frac{220.\sqrt{2}(22.\sqrt{2}\angle -53,13^\circ)}{2} = 2904 - j3872 \text{ VA}$$

➡ Công suất phức cung cấp cho toàn mạch:

$$\dot{S} = \dot{S}_1 + \dot{S}_2 = (3872 + j2904) + (2904 - j3872)$$

$$\dot{S} = (6776 - j968)\text{VA} = 6844,7936\angle -8,13^\circ \text{ VA}$$

Suy ra góc $\varphi = -8,13^\circ$

➡ Từ công suất phức tổng xác định theo trên ta rút ra kết luận như sau:

✚ Thành phần thực của công suất phức tổng đặc trưng cho công suất tác dụng tiêu thụ trên toàn hệ thống (hay toàn bộ các điện trở trong mạch).

$$\text{Re}(\dot{S}) = P_T = 6776 \text{ W}$$

✚ Thành phần ảo của công suất phức tổng đặc trưng cho công suất phản kháng tiêu thụ trên toàn hệ thống (đây là thành phần năng lượng từ nguồn cấp vào cho các phần tử L hay C). Khi thành phần ảo của công suất phức có giá trị âm; ta nói: tải có tính dung; hay dòng từ nguồn sớm pha hơn áp cấp vào hai đầu đoạn mạch.

$$\text{Im}(\dot{S}) = Q_T = -968 \text{ VAR}$$

✚ Suất của công suất biểu kiến phức chính là giá trị công suất biểu kiến cung cấp từ nguồn cho toàn hệ thống:

$$S = \sqrt{P_T^2 + Q_T^2} = \sqrt{6776^2 + (-968)^2} = 6844,7936 \text{ VA}$$

3.7. PHÂN TÍCH MẠCH ĐIỆN XOAY CHIỀU (CHẾ ĐỘ XÁC LẬP)

Với các mạch điện xoay chiều hình sin sau khi đã chuyển sang dạng phức, muốn giải mạch điện xoay chiều trong trạng thái này, chúng ta có thể sử dụng các phương pháp giải mạch đã trình bày trong chương 2 cho trường hợp mạch một chiều. Bây giờ bài toán giải mạch không thực hiện trong không gian thực mà thực hiện trong không gian phức.

3.7.1. TRÌNH TỰ GIẢI MẠCH XOAY CHIỀU DÙNG SỐ PHỨC

Theo các chương đã khảo sát: định luật Ohm; hai định luật Kirchhoff là ba định luật cơ bản dùng triển khai các phương pháp giải mạch. Các định luật này vẫn đúng cho các mạch phức. Khi tiến hành giải mạch chúng ta nên thực hiện tuần tự các bước như sau:

Bước 1: Chuyển áp và dòng thực (kể cả nguồn độc lập và phụ thuộc) sang dạng phức theo một trong các quy tắc sau:

⚡ Hiệu dụng (sin): $v(t) = V \cdot \sqrt{2} \cdot \sin(\omega t + \phi) \Leftrightarrow \dot{V} = V \angle \phi$

⚡ Cực đại (sin): $v(t) = V_m \cdot \sin(\omega t + \phi) \Leftrightarrow \dot{V} = V_m \angle \phi$

⚡ Hiệu dụng (cos): $v(t) = V \cdot \sqrt{2} \cdot \cos(\omega t + \phi) \Leftrightarrow \dot{V} = V \angle \phi$

⚡ Cực đại (cos): $v(t) = V_m \cdot \cos(\omega t + \phi) \Leftrightarrow \dot{V} = V_m \angle \phi$

Chú ý: Trong cùng một bài toán, trước khi chuyển các đại lượng dòng áp xoay chiều sang dạng phức; chúng ta phải qui đổi tất cả các đại lượng này viết theo cùng một dạng sin hay cos.

Bước 2: Chuyển đổi các phần tử mạch R, L, C sang dạng tổng trở phức hoặc tổng dẫn phức theo qui luật sau:

⚡ Điện trở R $\Leftrightarrow \overline{Z}_R = R$ hay $\overline{Y}_R = \frac{1}{R}$

⚡ Cuộn cảm L $\Leftrightarrow \overline{Z}_L = j \cdot L \omega = j \cdot X_L$ hay $\overline{Y}_L = -j \frac{1}{L \omega}$

⚡ Tụ điện C $\Leftrightarrow \overline{Z}_C = -j \cdot \frac{1}{C \omega} = -j X_C$ hay $\overline{Y}_C = j C \omega$

Sau đó vẽ lại mạng điện theo dạng phức.

Bước 3: Áp dụng một trong các phương pháp giải mạch trình bày trong chương 2 để xác định các đại lượng dòng, áp phức.

Bước 4: Chuyển đổi các ẩn số phức tìm được sang dạng thực; trong bước 1 đã dùng qui tắc nào thì trong bước này chúng ta áp dụng qui tắc đó.

Ví dụ 3.12:

Cho mạch điện xoay chiều hình sin gồm 2 phần tử ghép nối tiếp; tổng trở mỗi phần tử là: $\bar{Z}_1 = 3 + j4 [\Omega]$ và $\bar{Z}_2 = 1 - j8 [\Omega]$. Biết áp phức cấp đến mạch là: $\dot{V} = 240 \angle 0^\circ [V]$.

Tìm áp hiệu dụng đặt ngang qua 2 đầu của từng phần tử tải.

Giải:

Áp dụng cầu phân áp, ta có: $\dot{V}_1 = \frac{\bar{Z}_1 \cdot \dot{V}}{(\bar{Z}_1 + \bar{Z}_2)}$ và $\dot{V}_2 = \frac{\bar{Z}_2 \cdot \dot{V}}{(\bar{Z}_1 + \bar{Z}_2)}$

Suy ra:

$$\dot{V}_1 = \frac{(3 + j4) \cdot 240 \angle 0^\circ}{(3 + j4 + 1 - j8)} = -30 + j210 = 212,132 \angle 98,13^\circ V$$

Tương tự:

$$\dot{V}_2 = \frac{(1 - j8) \cdot 240 \angle 0^\circ}{(3 + j4 + 1 - j8)} = 270 - j210 = 342,05 \angle -37,87^\circ V$$

Áp hiệu dụng đặt ngang qua hai đầu của từng phần tử là: $V_{1rms} = 149,999 V$ và $V_{2rms} = 241,87 V$.

Ví dụ 3.13:

Cho mạch xoay chiều hình sin gồm 2 phần tử đấu nối tiếp nhau: $\bar{Z}_1 = 4 - j3\Omega$ và $\bar{Z}_2 = 2 + j11\Omega$. Biết áp xoay chiều cấp đến mạch là: $v = 200 \cdot \sin(100\pi t) [V]$. Xác định áp phức đặt ngang qua 2 đầu từng phần tử tải và công suất phức tiêu thụ trên mỗi phần tử tải.

Giải:

Áp phức đặt ngang qua 2 đầu từng phần tử tải:

Từ biểu thức áp tức thời cấp đến mạch; ta suy ra áp phức:

$\dot{V} = 200 \angle 0^\circ [V]$. Tính tương tự theo ví dụ 3.12, suy ra các áp phức sau đây:

$$\dot{V}_1 = \frac{(4 - j3) \cdot 200 \angle 0^\circ}{(4 - j3 + 2 + j11)} = j100 = 100 \angle 90^\circ V$$

$$\dot{V}_2 = \frac{(2 + j11) \cdot 200 \angle 0^\circ}{(4 - j3 + 2 + j11)} = 200 + j100 = 223,61 \angle 26,57^\circ \text{ V}$$

Công suất phức tiêu thụ trên mỗi phần tử tải:

Dòng phức qua tải là:

$$\dot{I} = \frac{200 \angle 0^\circ}{(4 - j3 + 2 + j11)} = 12 - j16 = 20 \angle -53,13^\circ \text{ A}$$

Dòng phức liên hợp của dòng qua tải là: $\dot{I}^* = 12 + j16 = 20 \angle 53,13^\circ \text{ A}$

Công suất phức cung cấp cho phần tử tải 1 là:

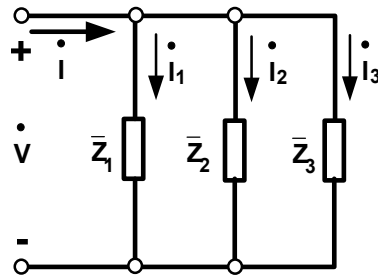
$$\dot{S}_1 = \frac{1}{2} \cdot 100 \angle 90^\circ \cdot 20 \angle 53,13^\circ = 1000 \angle 143,13^\circ \text{ VA}$$

Công suất phức cung cấp cho phần tử tải 2 là:

$$\dot{S}_2 = \frac{1}{2} \cdot 223,61 \angle 26,57^\circ \cdot 20 \angle 53,13^\circ = 2236 \angle 79,7^\circ \text{ VA}$$

Ví dụ 3.14:

Cho mạch xoay chiều hình sin gồm 3 phần tử ghép song song nhau: $\bar{Z}_1 = 1 + j(\Omega)$; $\bar{Z}_2 = 2 + j(\Omega)$ và $\bar{Z}_3 = 1 - j(\Omega)$. Biết dòng tức thời từ nguồn cấp đến các tải là: $i(t) = 10 \cdot \sin(100\pi t) \text{ [A]}$. Xác định:



Hình 3.42

a. Dòng hiệu dụng qua mỗi nhánh rẽ.

b. Công suất phức tiêu thụ trên mỗi tải. Suy ra công suất tác dụng và biểu kiến tiêu thụ trên toàn bộ tải.

c. Hệ số công suất của toàn bộ tải.

Giải:

a. Dòng hiệu dụng qua mỗi tải (ghép song song)

Từ dòng tức thời, ta suy ra dòng phức là: $\dot{I} = 10 \angle 0^\circ \text{ [A]}$

$$\text{Áp dụng cầu phân dòng ta có: } \dot{I}_1 = \frac{\left(\frac{\dot{I}}{\bar{Z}_1} \right)}{\left(\frac{1}{\bar{Z}_1} + \frac{1}{\bar{Z}_2} + \frac{1}{\bar{Z}_3} \right)}$$

Trong đó; giá trị $\left(\frac{1}{\bar{Z}_1} + \frac{1}{\bar{Z}_2} + \frac{1}{\bar{Z}_3} \right)$ được gọi là giá trị nghịch đảo của tổng trở tương đương của hệ thống ghép song song.

$$\text{Ta có: } \frac{1}{Z} = \left(\frac{1}{\bar{Z}_1} + \frac{1}{\bar{Z}_2} + \frac{1}{\bar{Z}_3} \right) = (1,4 - j0,2)\Omega^{-1}$$

$$\text{Ngoài ra: } \left(\frac{\dot{I}}{\bar{Z}_1} \right) = \frac{10}{1+j} = (5 - j5)\Omega^{-1}, \quad \left(\frac{\dot{I}}{\bar{Z}_2} \right) = \frac{10}{2+j} = (4 - j2)\Omega^{-1},$$

$$\text{Và } \left(\frac{\dot{I}}{\bar{Z}_3} \right) = \frac{10}{1-j} = (5 + j5)\Omega^{-1}$$

Suy ra:

$$\dot{I}_1 = \frac{5 - j5}{1,4 - j0,2} = 5\angle -36,87^\circ \text{ A} \Rightarrow I_{1\text{rms}} = \frac{5\sqrt{2}}{2} \text{ A}$$

$$\dot{I}_2 = \frac{4 - j2}{1,4 - j0,2} = \sqrt{10}\angle -18,43^\circ \text{ A} \Rightarrow I_{2\text{rms}} = \sqrt{5} \text{ A}$$

$$\dot{I}_3 = \frac{5 + j5}{1,4 - j0,2} = 5\angle 53,13^\circ \text{ A} \Rightarrow I_{3\text{rms}} = \frac{5\sqrt{2}}{2} \text{ A}$$

b. Công suất phức tiêu thụ trên mỗi tải

Viết lại các giá trị dòng phức liên hợp với các dòng phức qua mỗi nhánh rẽ:

$$\dot{I}_1^* = 5\angle 36,87^\circ [\text{A}]; \quad \dot{I}_2^* = \sqrt{10}\angle 18,43^\circ [\text{A}]; \quad \dot{I}_3^* = 5\angle -53,13^\circ [\text{A}]$$

Áp phức cấp vào tải song song được xác định theo quan hệ sau:

$$\dot{V} = \bar{Z}_1 \cdot \dot{I}_1 = (1 + j) \cdot 5 \angle -36,87^\circ = 5\sqrt{2} \angle 8,13^\circ \text{ [V]}$$

Công suất phức của từng nhánh được xác định theo các quan hệ sau:

$$\dot{S}_1 = \frac{1}{2} \cdot \dot{V} \cdot \dot{I}_1^* = \frac{1}{2} \cdot 5\sqrt{2} \angle 8,13^\circ \cdot 5 \angle 36,87^\circ = 12,5 + j12,5 \text{ (VA)}$$

$$\dot{S}_2 = \frac{1}{2} \cdot \dot{V} \cdot \dot{I}_2^* = \frac{1}{2} \cdot 5\sqrt{2} \angle 8,13^\circ \cdot \sqrt{10} \angle 18,43^\circ = 10 + j5 \text{ (VA)}$$

$$\dot{S}_3 = \frac{1}{2} \cdot \dot{V} \cdot \dot{I}_3^* = \frac{1}{2} \cdot 5\sqrt{2} \angle 8,13^\circ \cdot 5 \angle -53,13^\circ = 12,5 - j12,5 \text{ (VA)}$$

Công suất phức tiêu thụ trên toàn bộ tải:

$$\dot{S} = \dot{S}_1 + \dot{S}_2 + \dot{S}_3 = 35 + j5 = 25\sqrt{2} \angle 8,13^\circ \text{ (VA)}$$

Suy ra :

Thành phần công suất tác dụng tiêu thụ trên tải là:

$$P = \text{Re}(\dot{S}) = 35 \text{ W}$$

Thành phần công suất phản kháng tiêu thụ trên tải là:

$$Q = \text{Im}(\dot{S}) = 5 \text{ VAR}$$

Công suất biểu kiến tiêu thụ trên tải là: $S = 25\sqrt{2} \text{ VA}$

Hệ số công suất của toàn bộ tải là: $\cos\varphi = 0,9899$

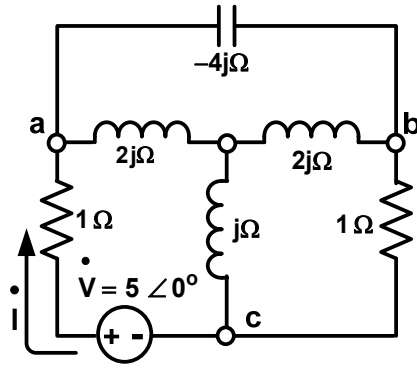
Ví dụ 3.15:

Cho mạch xoay chiều như hình 3.43, hãy thay thế tải đang đấu dạng Y giữa 3 nút a,b,c sang dạng Δ . Từ đó suy ra dòng phức $\dot{I}$ từ nguồn cấp đến tải.

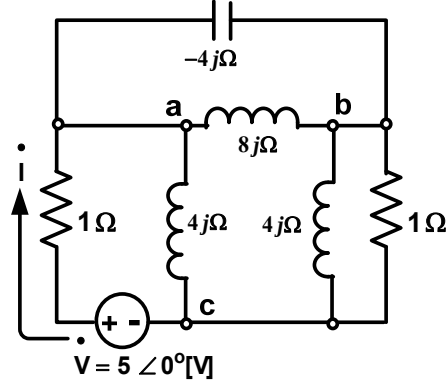
Chú ý: phương pháp giải mạch theo thí dụ này còn được gọi là phương pháp giải mạch bằng cách dùng tổng trở tương đương.

Giải:

Theo giả thiết ta có: $\bar{Z}_a = 2j \Omega$; $\bar{Z}_b = 2j \Omega$; $\bar{Z}_c = j \Omega$.



HÌNH 3.43



HÌNH 3.44

Áp dụng các quan hệ dùng xác định các tổng trở tương đương đầu theo dạng Δ giữa 3 nút a, b, c.

Suy ra:
$$\bar{Z}_{ab} = j2 + j2 + \frac{j2 \cdot j2}{j} = j8\Omega$$

$$\bar{Z}_{bc} = j2 + j + \frac{j2 \cdot j}{j2} = j4\Omega$$

$$\bar{Z}_{ac} = j + j2 + \frac{j \cdot j2}{j2} = j4\Omega$$

Mạch tương đương của mạch điện cho trong đầu đề theo hình 3.43 được thu gọn theo hình 3.44, sau khi đã thay thế các tổng trở phức đầu hình Y sang dạng Δ giữa 3 nút: a, b, c. Tổng trở tương đương giữa từng cặp nút: (a,b) và (b,c) như sau:

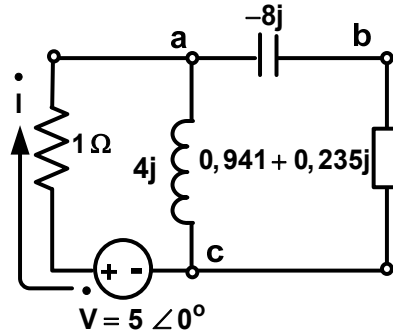
► Tổng trở tương đương giữa cặp nút (a,b):

$$\bar{Z}_{td,ab} = \frac{j8 \cdot (-j4)}{j8 + (-j4)} = -j8\Omega$$

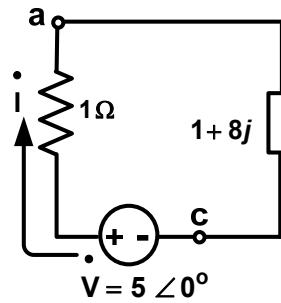
► Tổng trở tương đương giữa cặp nút (b,c):

$$\bar{Z}_{td,bc} = \frac{j4 \cdot (1)}{j4 + 1} = (0,941 + j0,235)\Omega$$

Mạch điện tương đương sau khi thay thế tổng trở tương đương $\bar{Z}_{td,ab}$ và $\bar{Z}_{td,bc}$ vào mạch điện được trình bày trong hình 3.45. Tổng trở phức tương đương giữa hai nút a, c xác định theo quan hệ sau:



HÌNH 3.45



HÌNH 3.46

$$\bar{Z}_{td} = \frac{(0,941 + j0,235 - j8) \cdot (j4)}{0,941 + j0,235 - j8 + j4} = (1 + j8)\Omega$$

Dòng điện phức cung cấp từ nguồn được xác định theo quan hệ như sau:

$$\dot{i} = \frac{5}{1 + j8 + 1} = 0,147 - j0,588 \text{ (A)} = 0,606 \angle -75,96^\circ \text{ A}$$

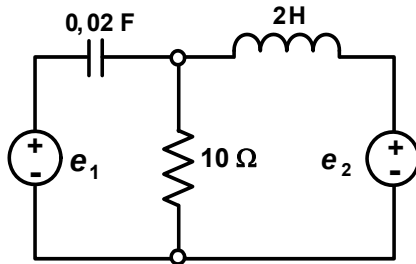
Giá trị hiệu dụng của dòng điện cung cấp từ nguồn vào hệ thống phụ tải:

$$I_{rms} = 0,4285 \text{ A}$$

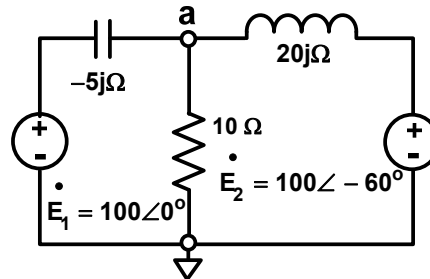
Ví dụ 3.16:

Xác định dòng hiệu dụng qua điện trở 10Ω trong mạch điện xoay chiều hình 3.47.

Biết: $e_1(t) = 100 \sin(10t) \text{ [V]}$ và $e_2(t) = 100 \sin(10t - 60^\circ) \text{ [V]}$.



HÌNH 3.47



HÌNH 3.48

Giải:

Đầu tiên, chuyển đổi các thông số mạch sang dạng phức; xem hình 3.48.

Mạch điện có hai nút, chọn nút chuẩn và xây dựng phương trình điện thế nút tại a như sau:

$$\frac{\dot{V}_a - 100}{-5j} + \frac{\dot{V}_a}{10} + \frac{\dot{V}_a - 100\angle -60^\circ}{20j} = 0$$

Thu gọn ta có kết quả như sau:

$$\dot{V}_a \cdot \left(\frac{1}{-5j} + \frac{1}{10} + \frac{1}{20j} \right) = \frac{100}{-5j} + \frac{100\angle -60^\circ}{20j}$$

Hay: $\dot{V}_a \cdot (0,1 + 0,15j) = (-4,33 + 17,5j)V$

Suy ra: $\dot{V}_a = (67,446 + j73,831)V = 100\angle 47,58^\circ V$

Dòng phức qua điện trở 10Ω là:

$$\dot{i} = \frac{67,446 + j73,831}{10} = 6,745 + j7,383 = 10\angle 47,58^\circ \text{ A}$$

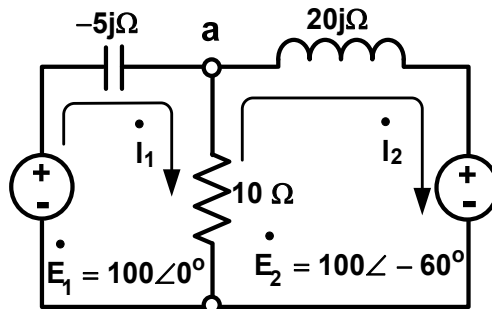
Dòng hiệu dụng qua điện trở 10Ω là: $I_{\text{rms}} = 5\sqrt{2}A$

Ví dụ 3.17:

Giải lại mạch điện trong ví dụ 3.16 khi áp dụng phương pháp dòng mắt lưới.

Giải:

Mạch trong hình 3.49 có 2 mắt lưới, ta cần xây dựng hai phương trình cân bằng áp hay các phương trình ứng với các mắt lưới



HÌNH 3.49

chứa các dòng phức $\dot{i}_1$ và $\dot{i}_2$. Dòng nhánh thực sự qua điện trở 10Ω chính là hiệu của các dòng phức nêu trên.

Với mắt lưới chứa dòng $\dot{I}_1$, ta có:

$$(10 - 5j) \cdot \dot{I}_1 - 10 \dot{I}_2 = \dot{E}_1 = 100 \quad (3.78)$$

Với mắt lưới chứa dòng $\dot{I}_2$, ta có:

$$-10 \cdot \dot{I}_1 + (10 + 20j) \cdot \dot{I}_2 = -\dot{E}_2 = -100 \angle -60^\circ \quad (3.79)$$

Suy ra:
$$\begin{cases} (10 - 5j) \cdot \dot{I}_1 - 10 \dot{I}_2 = 100 \\ -10 \cdot \dot{I}_1 + (10 + 20j) \cdot \dot{I}_2 = (-50 + 50\sqrt{3}j) \end{cases}$$

Áp dụng phương pháp Cramer; chúng ta có kết quả sau:

$$\dot{I}_1 = \frac{\begin{vmatrix} 100 & -10 \\ 50 \cdot (-1 + j\sqrt{3}) & 10 \cdot (1 + 2j) \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} (10 - 5j) & -10 \\ -10 & 10 \cdot (1 + 2j) \end{vmatrix}} = \frac{500 \cdot [2 \cdot (1 + 2j) + (-1 + j\sqrt{3})]}{10 \cdot [(10 - 5j) \cdot (1 + 2j) - 10]}$$

Hay:

$$\dot{I}_1 = \frac{50 \cdot [1 + j \cdot (4 + \sqrt{3})]}{10 + 15j} = \frac{10 \cdot [1 + j \cdot (4 + \sqrt{3})]}{2 + 3j} = 14,766 + j6,511(A)$$

Tương tự ta có:

$$\dot{I}_2 = \frac{\begin{vmatrix} (10 - 5j) & 100 \\ -10 & 50 \cdot (-1 + j\sqrt{3}) \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} (10 - 5j) & -10 \\ -10 & 10 \cdot (1 + 2j) \end{vmatrix}} = \frac{50 \cdot [(10 - 5j) \cdot (-1 + j\sqrt{3}) + 20]}{10 \cdot [(10 - 5j) \cdot (1 + 2j) - 10]}$$

Hay:

$$\dot{I}_2 = \frac{5 \cdot [-10 + 5j + j \cdot 10\sqrt{3} + 5\sqrt{3} + 20]}{10 + 15j} = \frac{5 \cdot [(2 + \sqrt{3}) + j \cdot (1 + 2\sqrt{3})]}{2 + 3j}$$

$$\dot{I}_2 = 8,022 - j0,873(A)$$

Suy ra:

$$\dot{I}_1 - \dot{I}_2 = (14,766 + j6,511) - (8,022 - j0,873) = 6,744 + j7,384(\text{A})$$

Tóm lại: $\dot{I} = \dot{I}_1 - \dot{I}_2 = 6,744 + j7,384(\text{A}) = 10\angle 47,59^\circ(\text{A})$

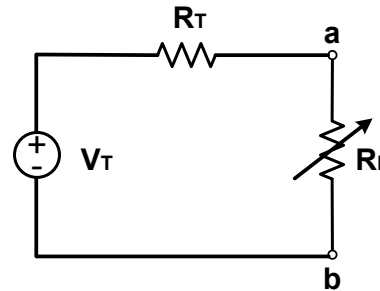
Suy ra: $\dot{I} = 6,7445 + j7,383j = 10\angle 47^\circ 59 \quad [\text{A}]$

Dòng hiệu dụng qua điện trở 10Ω là: $I_{\text{rms}} = 5\sqrt{2}\text{A}$

3.7.2. TRUYỀN CÔNG SUẤT CỰC ĐẠI

➤ Đối với mạch điện một chiều

Trong thực tế, một mạch điện được thiết kế để cung cấp công suất cho tải, chẳng hạn trong lĩnh vực truyền thông mong muốn công suất truyền đến tải được tối đa. Vấn đề cần giải quyết để truyền công suất cực đại cho một tải là chúng ta sử dụng định lý Thévenin để đưa một mạch điện tuyến tính cho trước về mạch tương đương Thévenin như hình 3.50.



HÌNH 3.50

Công suất trên tải được tính theo công thức sau:

$$P = i^2 \cdot R_L = \left(\frac{V_T}{R_T + R_L} \right)^2 \cdot R_L \quad (3.80)$$

Trong mạch điện ở hình 3.50, thì V_T và R_T là cố định. Bằng cách thay đổi giá trị của điện trở tải R_L , sao cho công suất cung cấp đến tải là cực đại. Để công suất truyền đến tải là cực đại thì giá trị của R_L bằng R_T , đây được gọi là nguyên lý truyền công suất cực đại.

Vậy để công suất truyền đến tải là cực đại thì:

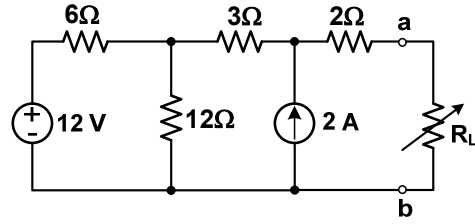
$$\boxed{R_L = R_T} \quad (3.81)$$

Và công suất cực đại trên tải R_L được tính theo biểu thức (3.82):

$$\boxed{P_{\text{max}} = \frac{V_T^2}{4R_T}} \quad (3.82)$$

Ví dụ 3.18:

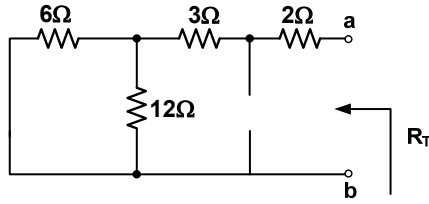
Cho mạch điện như hình 3.51, tìm R_L để công suất tác dụng tiêu thụ truyền đến R_L là cực đại và tính công suất cực đại đó.



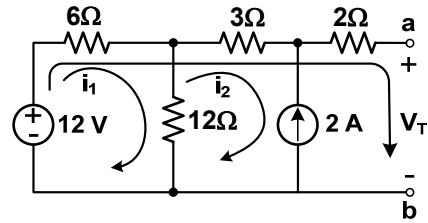
HÌNH 3.51

Giải:

Chúng ta tìm điện trở Thévenin R_T ở hình 3.52 và điện áp Thévenin V_T ở hình 3.53 từ hai cực a, b



HÌNH 3.52



HÌNH 3.53

Điện trở Thévenin nhìn từ hai cực a, b:

$$R_T = 2 + 3 + (6 \parallel 12) = 5 + \frac{6 \times 12}{18} = 9\Omega$$

Để tìm điện áp V_T , ta sử dụng phương pháp dòng mắc lưới cho mạch điện ở hình 3.53, ta có hệ phương trình:

$$\begin{cases} 18i_1 - 12i_2 = 12 \\ i_2 = -2 \end{cases} \quad (3.83)$$

Giải hệ phương trình (3.83) ta được $i_1 = -2/3$ A.

Áp dụng Kirchhoff áp cho vòng ngoài cùng, ta được điện áp Thévenin V_T :

$$6i_1 + 3i_2 + V_T = 12 \Rightarrow V_T = 22V$$

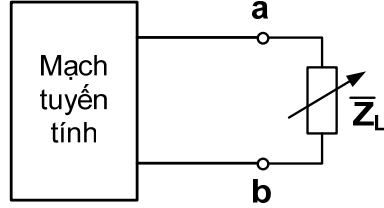
Để công suất truyền R_L là cực đại thì: $R_L = R_T = 9\Omega$

Và công suất tác dụng tiêu thụ cực đại là:

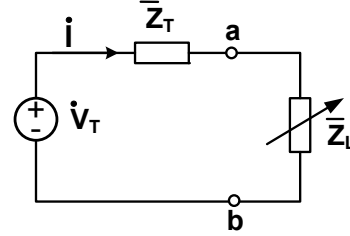
$$P_{\max} = \frac{V_T^2}{4R_T} = \frac{22^2}{4 \times 9} = 13,44W$$

➤ **Đối với mạch điện xoay chiều**

Xét mạch điện trong hình 3.54, là một mạch điện xoay chiều được kết nối với một tải là $\bar{Z}_L$ và mạch tương đương Thévenin được biểu diễn ở hình 3.55. Tải thường là một trở kháng chẳng hạn là một động cơ điện một chiều, một anten, một TV, ... Gọi $\bar{Z}_T$ là trở kháng Thévenin và $\bar{Z}_L$ là trở kháng tải.



HÌNH 3.54



HÌNH 3.55

Với: $\bar{Z}_T = R_T + jX_T$ và $\bar{Z}_L = R_L + jX_L$

Để công suất truyền đến tải là cực đại thì:

$$\boxed{\bar{Z}_L = R_L + jX_L = R_T - jX_T = \bar{Z}_T^*} \quad (3.84)$$

Và công suất cực đại trên tải $\bar{Z}_L$ được tính theo biểu thức (3.85):

$$\boxed{P_{\max} = \frac{V_T^2}{8R_T}} \quad (3.85)$$

Trong trường hợp tải là một điện trở R_L , để công suất tác dụng tiêu thụ truyền đến R_L là cực đại thì:

$$\boxed{R_L = \sqrt{R_T^2 + X_T^2} = Z_T} \quad (3.86)$$

Với: $\bar{Z}_T = R_T + jX_T = Z_T \angle \varphi_T$

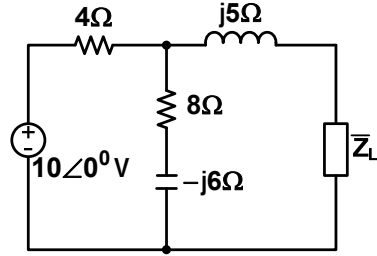
Ví dụ 3.19:

Cho mạch điện như hình 3.56, tìm $\bar{Z}_L$ để công suất tác dụng tiêu thụ truyền đến $\bar{Z}_L$ là cực đại và tính công suất cực đại đó.

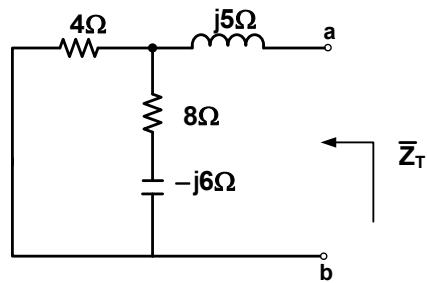
Giải:

Trước tiên, ta tìm mạch tương đương Thévenin tại hai cực của tải $\bar{Z}_L$. Trở kháng Thévenin được xác định dựa vào hình 3.57.

$$\bar{Z}_T = j5 + (4 \parallel (8 - j6)) = (2,93 + j4,47)\Omega$$



HÌNH 3.56



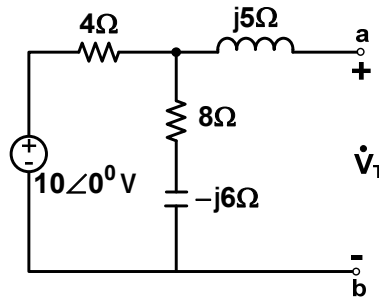
HÌNH 3.57

Dùng cầu phân áp trong hình 3.58, ta tìm được điện áp Thévenin:

$$\dot{V}_T = \frac{8 - j6}{4 + 8 - j6} = 7,45 \angle -10,3^\circ \text{ V}$$

Để công suất truyền đến tải là cực đại thì:

$$\bar{Z}_L = \bar{Z}_T^* = (2,93 - j4,47)\Omega$$



HÌNH 3.58

Và công suất cực đại trên tải $\bar{Z}_L$ tính được:

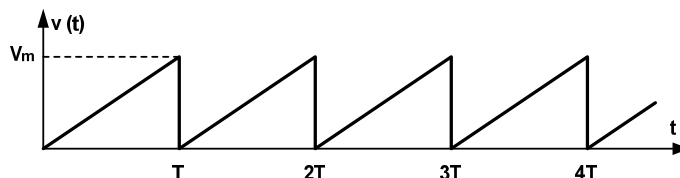
$$P_{\max} = \frac{V_T^2}{8R_T} = \frac{(7,45)^2}{8 \times 2,93} = 2,37 \text{ W}.$$

BÀI TẬP CHƯƠNG 3

Vấn đề 1: Giá trị hiệu dụng và giá trị trung bình

Xác định giá trị trung bình và giá trị hiệu dụng của các tín hiệu áp hay dòng trình bày bằng đồ thị trong các bài tập sau:

Bài tập 3.1: Cho $v(t)$ có dạng sóng như hình 3.59.



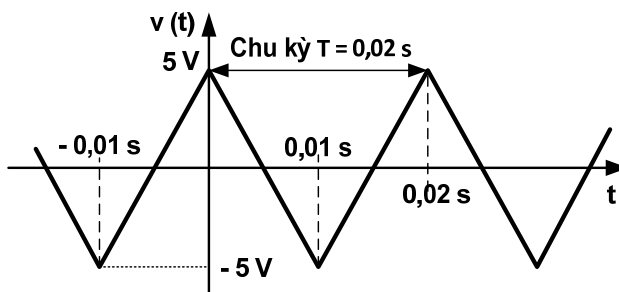
Hình 3.59

Sau khi tính được kết quả tổng quát, áp dụng bằng số cụ thể khi: $V_m = 50V$ và $T = 2s$.

Hướng dẫn: $v(t) = \left(\frac{V_m}{T}\right) \cdot t$ khi $0 \leq t \leq T$.

Đáp số: $V_{tb} = \frac{V_m}{2}$; $V_{rms} = \frac{V_m}{\sqrt{3}}$

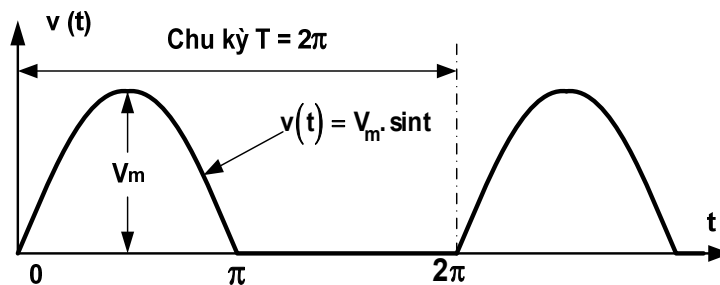
Bài tập 3.2: Cho $v(t)$ có dạng sóng như hình 3.60.



Hình 3.60

Đáp số: $V_{tb} = 2,5V$; $V_{rms} = 2,89V$

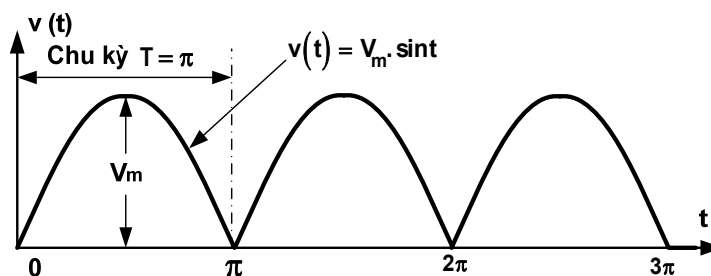
Bài tập 3.3: Cho $v(t)$ có dạng sóng như hình 3.61.



Hình 3.61

Đáp số: $V_{tb} = \frac{V_m}{\pi}$; $V_{rms} = \frac{V_m}{2}$

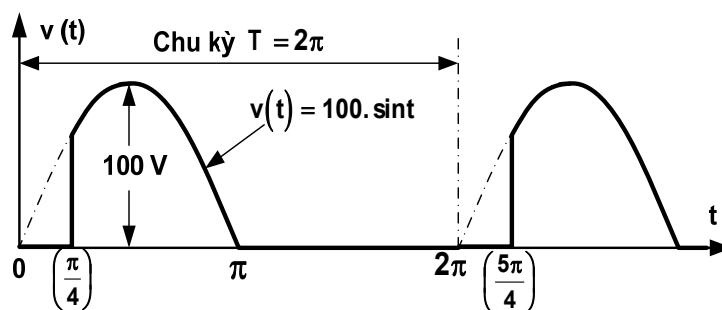
Bài tập 3.4: Cho $v(t)$ có dạng sóng như hình 3.62.



Hình 3.62

Đáp số: $V_{tb} = \frac{2 \cdot V_m}{\pi}$; $V_{rms} = \frac{V_m}{\sqrt{2}}$

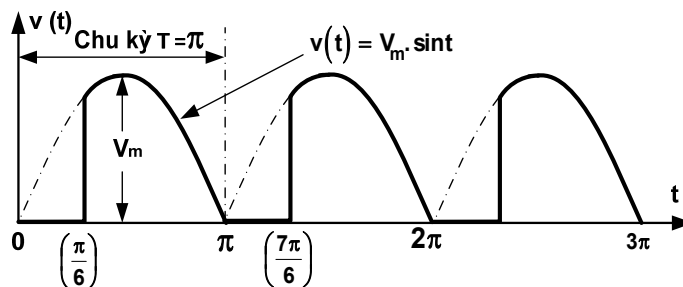
Bài tập 3.5: Cho $v(t)$ có dạng sóng như hình 3.63.



Hình 3.63

Đáp số: $V_{tb} = 27,2 \text{ V}$; $V_{rms} = 47,7 \text{ V}$

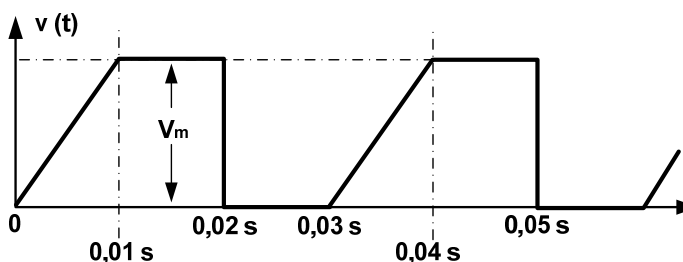
Bài tập 3.6: Cho $v(t)$ có dạng sóng như hình 3.64.



Hình 3.64

Đáp số: $V_{tb} = 0,478V_m$; $V_{rms} = 0,633V_m$

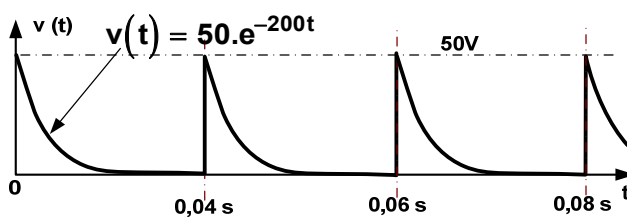
Bài tập 3.7: Cho $v(t)$ có dạng sóng như hình 3.65.



Hình 3.65

Đáp số: $V_{tb} = 0,5V_m$; $V_{rms} = 0,667V_m$

Bài tập 3.8: Cho $v(t)$ có dạng sóng như hình 3.66.



Hình 3.66

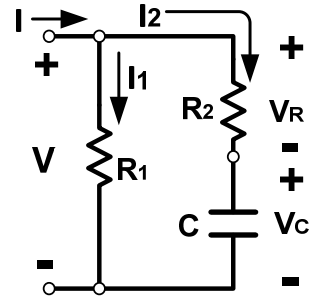
Đáp số: $V_{tb} = 0,5V_m$; $V_{rms} = 0,667V_m$

Vấn đề 2: Giải mạch điện xoay chiều hình sin áp dụng giản đồ vector phase.

Bài tập 3.9:

Cho mạch như hình 3.67, biết: $R_1 = 10\Omega$; $R_2 = 2\Omega$; $C = \frac{2500}{\pi} \mu F$ và $v(t) = 50\sqrt{2} \cdot \sin(100\pi t) [V]$. Xác định:

- Dòng hiệu dụng: I_{1rms} , I_{2rms} .
- Vẽ giản đồ vector phase cho toàn mạch; suy ra dòng hiệu dụng I_{rms} từ nguồn cấp đến tải.
- Tổng trở tương đương của tải tổng hợp.
- Hệ số công suất của tải tổng hợp.
- Công suất tác dụng tiêu thụ trên R_1 và R_2 ; suy ra công suất tác dụng tổng tiêu thụ trên tải tổng hợp.



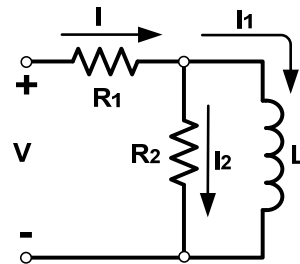
Hình 3.67

Đáp số: a) $I_{1rms} = 5A$, $I_{2rms} = 11,18A$; b) $I_{rms} = 14,14A$; c) $Z_{td} = 3,54\Omega$
 d) $\cos\varphi = 0,707$ e) $P_{R1} = 250W$; $P_{R2} = 250W$; $P = 500W$

Bài tập 3.10

Cho mạch như hình 3.68, biết: $R_1 = 10\Omega$; $R_2 = 5\Omega$; $L = \frac{1}{10\pi} H$ và $v(t) = 100\sqrt{2} \cdot \sin(100\pi t) [V]$.

- Vẽ giản đồ vector phase cho toàn mạch.
- Tính các dòng hiệu dụng trên mạch.
- Tính hệ số công suất của toàn mạch.
- Tính công suất tác dụng tiêu thụ trên toàn hệ thống.



Hình 3.68

Đáp số:

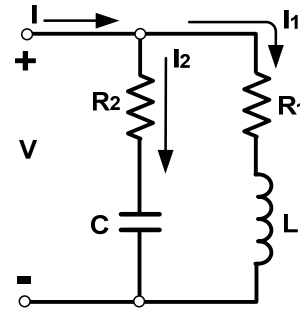
- $I_{1rms} = 3,16A$; $I_{2rms} = 6,32A$; $I_{rms} = 7,07A$;
- $\cos\varphi = 0,99$; d) $P = 700 W$

Bài tập 3.11

Cho mạch điện như hình 3.69, biết: $R_1 = 5\Omega$, $L = \frac{1}{50\pi}$ H; $R_2 = 2\Omega$ và $C = \frac{10^4}{3\pi}$ μ F. Nguồn áp xoay chiều cấp vào hai đầu mạch có áp hiệu dụng là V_{rms} và tần số $f = 50$ Hz.

Nếu áp hiệu dụng đo được trên hai đầu điện trở R_2 là 45V, xác định:

- Giản đồ vector phase cho toàn mạch.
- Dòng hiệu dụng: I_{rms} ; I_{1rms} ; I_{2rms} .
- Công suất tác dụng tiêu thụ trên mạch.
- Hệ số công suất toàn mạch.
- Công suất biểu kiến từ nguồn cấp đến mạch.



Hình 3.69

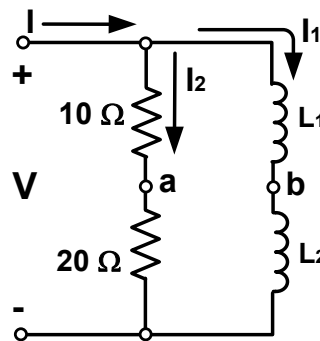
Đáp số: b) $I_{1rms} = 11,8$ A; $I_{2rms} = 5$ A ; $I_{rms} = 22,4$ A;
c) $P = 1271,2$ W; d) $\cos\varphi = 0,96$; e) $S = 1324.16$ VA

Bài tập 3.12

Cho mạch điện ghép song song như hình 3.70. Trong đó: $L_1 = \frac{1}{50\pi}$ H và $L_2 = \frac{3}{50\pi}$ H.

Nguồn áp xoay chiều cấp vào mạch có áp hiệu dụng là V_{rms} và tần số $f = 50$ Hz. Biết dòng hiệu dụng trên mạch chính là 18 A. Xác định:

- Giản đồ vector phase của mạch.
- Vector phase biểu diễn áp giữa hai nút a và b (V_{ab}).
- Áp hiệu dụng V_{abrms} .
- Hệ số công suất toàn mạch.



Hình 3.70

Đáp số:

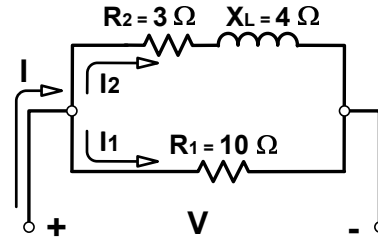
c) $V_{abrms} = 11,59$ V d) $\cos\varphi = 0,258$

VẤN ĐỀ 3: Công suất mạch xoay chiều hình sin

Bài tập 3.13

Cho mạch điện xoay chiều hình sin như trong hình 3.71. Biết công suất tác dụng tổng tiêu thụ trong mạch là 2200W. Xác định:

- Công suất tác dụng tiêu thụ trên điện trở R_1 và R_2 .
- Áp hiệu dụng V_{rms} đặt ngang qua hai đầu mạch.
- Dòng hiệu dụng I_{rms} trên nhánh chính.
- Hệ số công suất của toàn mạch.



Hình 3.71

Đáp số: a) 1000W, 1200W; b) 100V; c) 27,2A d) 0,809

Bài tập 3.14

Cho mạch xoay chiều 1 pha gồm ba tải đấu song song. Số liệu công suất tiêu thụ ghi nhận trong bảng sau. Xác định:

Phụ tải	P [KW]	Q [KVAR]	S [KVA]	$\cos\varphi$
1			250	0,5 (trễ)
2	180KW			0,8 (sớm)
3		100	200	(trễ)

- Các thành phần công suất tiêu thụ trên 3 tải.
- Hệ số công suất của tải tổng hợp.
- Giả sử áp hiệu dụng cấp vào mạch là 220V; xác định dòng hiệu dụng nguồn cấp đến tải

Đáp số: a) $P = 588KW$, $Q = 181KVAR$, $S = 616KVA$;

b) $\cos\varphi = 0,955$ trễ;

c) $I_{rms} = 2800A$

Bài tập 3.15

Cho một nhóm động cơ điện xoay chiều có công suất tác dụng tổng là 5KW, hệ số công suất trung bình toàn nhóm là: $\cos\varphi = 0,7$ trễ. Muốn nâng hệ số công suất của toàn bộ tải lên đến giá trị $\cos\varphi' = 0,9$

trễ thì mắc song song tụ C với nhóm tải động cơ. Cho áp hiệu dụng của nguồn là $V_{rms} = 220V$ và $f = 50 \text{ Hz}$.

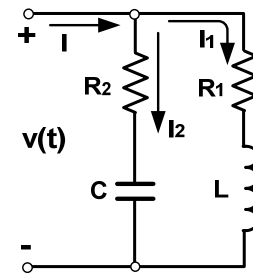
- Xác định điện dung C và công suất phản kháng của tụ điện.
- Suy ra công suất biểu kiến cấp cho toàn bộ tải sau khi dùng tụ điện C nâng hệ số công suất.

Đáp số: a) $C = 176,21\mu F$, $Q_C = 2679,4VAR$; b) $S = 5555,55VA$.

Bài tập 3.16

Cho mạch song song theo hình 3.72. Nguồn áp xoay chiều hình sin có biểu thức tức thời: $v(t) = V_m \cdot \sin(\omega t)$. Xác định:

- Tần số góc ω để dòng I trên nhánh chính và áp V trùng pha (xác lập quan hệ giữa ω theo các giá trị R_1 ; L; R_2 ; C).
- Giá trị ω khi: $R_1 = 6\Omega$; $L = 1mH$; $R_2 = 4\Omega$; $C = 20\mu F$.



HÌNH 3.72

Đáp số: a) $\omega = \frac{1}{\sqrt{LC}} \cdot \sqrt{\frac{R_1^2 - \left(\frac{L}{C}\right)}{R_2^2 - \left(\frac{L}{C}\right)}}$; b) $\omega = 4540 \text{ rad/s}$

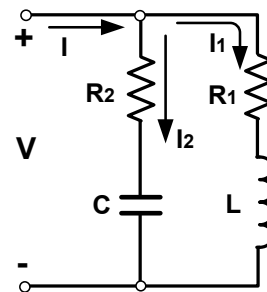
Bài tập 3.17

Cho mạch điện theo hình 3.73; áp tức thời cấp vào mạch là: $v(t) = (100 \cdot \sqrt{2}) \cdot \sin(5000t) [V]$. Biết: $R_1 = 8\Omega$; $L = 1,2mH$; $R_2 = 8,24\Omega$. Xác định:

- Điện dung C để dòng trên nhánh chính và áp v(t) trùng pha.
- Công suất tác dụng tiêu thụ trên mạch khi điện dung C có giá trị tính được ở câu a.

Đáp số:

- $C = 28,21\mu F$.
- $P = 1,5KW$.



HÌNH 3.73

Vấn đề 4: Giải mạch xoay chiều dùng cầu phân áp – phân dòng

Bài tập 3.18

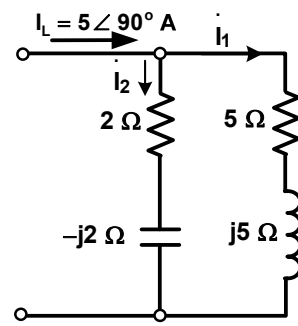
Cho mạch điện xoay chiều hình sin theo hình 3.74, xác định:

- Tổng trở phức tương đương toàn mạch.
- Áp phức cấp vào hai đầu mạch.
- Áp phức đặt ngang qua 2 đầu tụ điện.

Đáp số: a) $\bar{Z} = (2,41 - j1,03) \Omega$;

b) $\dot{V} = 13,13 \angle 66,8^\circ [V]$

c) $\dot{V}_C = 9,28 \angle 21,8^\circ [V]$



HÌNH 3.74

Bài tập 3.19

Với mạch điện cho trong bài tập 3.18, áp dụng cầu phân dòng xác định:

- Dòng phức qua mỗi nhánh song song.
- Công suất biểu kiến phức trên toàn bộ tải.

Đáp số: a) $\dot{I}_1 = 1,86 \angle 21,8^\circ [A]$; $\dot{I}_2 = 4,64 \angle 111,8^\circ [A]$;

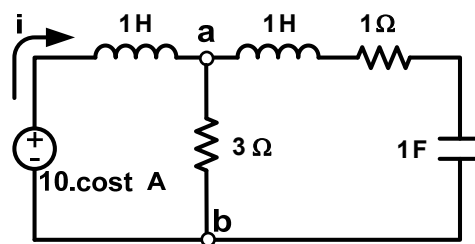
b) $\dot{S} = 32,83 \angle -23,2^\circ [VA]$

Vấn đề 5: Dùng số phức giải mạch xoay chiều theo phương trình điện thế nút

Bài tập 3.20

Cho mạch điện theo hình 3.75. Xác định:

- Áp tức thời giữa hai nút a, b.
- Dòng hiệu dụng I_{rms} .
- Công suất biểu kiến phức toàn mạch.



HÌNH 3.75

Đáp số: a) $v_{ab}(t) = 6.\cos(t - 53,14^\circ) \text{ V}$; b) $i(t) = 8.\cos(t - 53^\circ) [\text{A}]$
 suy ra $I_{\text{rms}} = 5,66\text{A}$; c) $\dot{S} = 40 \angle 53,11^\circ [\text{VA}]$

Bài tập 3.21

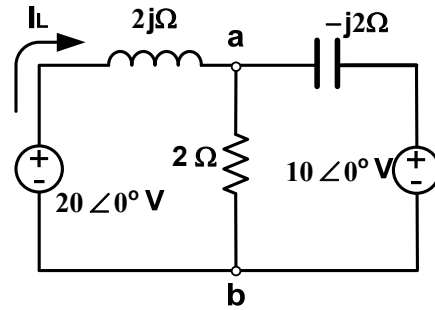
Cho mạch điện theo hình 3.76, xác định:

- Áp hiệu dụng đặt ngang qua hai đầu điện trở 2Ω .
- Công suất tác dụng tiêu thụ trên điện trở.

Đáp số:

a) $V_{\text{abrms}} = 7,07\text{V}$

b) $P_{2\Omega} = 25\text{W}$



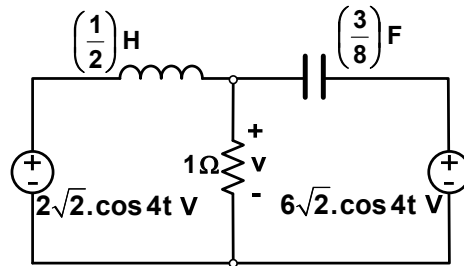
HÌNH 3.76

Bài tập 3.22

Cho mạch điện theo hình 3.77, xác định áp hiệu dụng đặt ngang qua 2 đầu điện trở 1Ω .

Đáp số: $\dot{V} = 8 \angle 45^\circ [\text{V}]$

$V_{\text{rms}} = 4\sqrt{2} [\text{V}]$

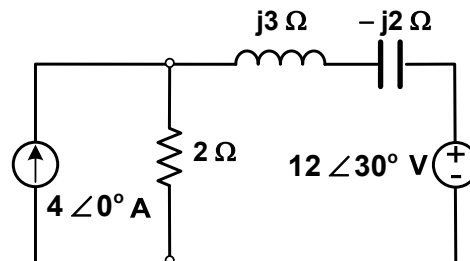


HÌNH 3.77

Bài tập 2.23

Cho mạch điện theo hình 3.78, xác định:

- Áp hiệu dụng đặt ngang qua 2 đầu điện trở 2Ω .
- Công suất tác dụng tiêu thụ trên điện trở
- Công suất phức của nguồn áp, nguồn dòng.



HÌNH 3.78

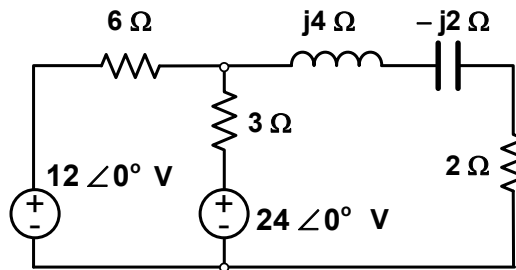
Đáp số: a) $V_{\text{rms}} = 9,12\text{V}$; b) $P_{2\Omega} = 41,6\text{W}$;

$$c) \dot{S}_I = 25,8 \angle 17,33^\circ [\text{VA}]; \quad \dot{S}_V = 17,33 \angle -11,7^\circ [\text{VA}]$$

Bài tập 3.24

Cho mạch điện như hình 3.79, xác định:

- Công suất tác dụng tiêu thụ trên điện trở 2Ω .
- Công suất phức cấp bởi mỗi nguồn áp.



HÌNH 3.79

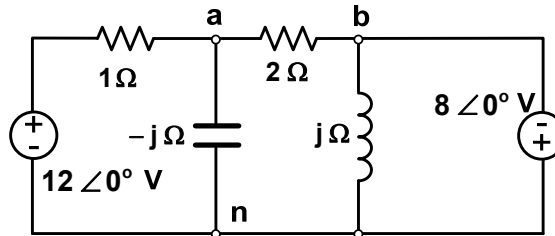
Đáp số: a) $P_{2\Omega} = 20\text{W}$;

$$b) \dot{S}_{12\text{V}} = 4 \angle 90^\circ [\text{VA}]; \quad \dot{S}_{24\text{V}} = 50,6 \angle 18,43^\circ [\text{VA}]$$

Bài tập 3.25

Cho mạch điện theo hình 3.80, xác định:

- Áp phức đặt ngang qua hai đầu a, b khi chọn nút n làm nút chuẩn.



HÌNH 3.80

- Công suất phức cấp bởi mỗi nguồn áp.

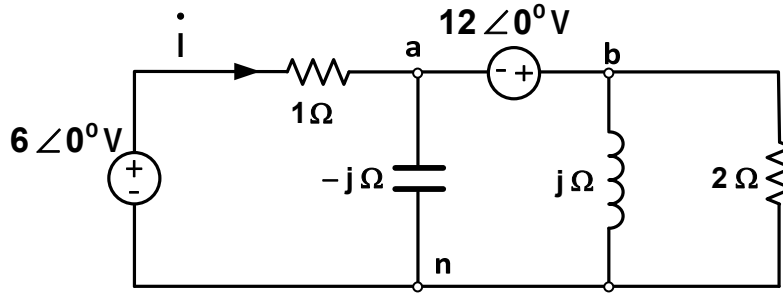
Đáp số: a) $\dot{V}_{ab} = 11,95 \angle -11,89^\circ [\text{V}];$

$$b) \dot{S}_{12\text{V}} = 51,99 \angle -16,5^\circ [\text{VA}]; \quad \dot{S}_{8\text{V}} = 43,71 \angle 57,65^\circ [\text{VA}]$$

Bài tập 3.26

Cho mạch điện theo hình 3.81, xác định:

- Điện thế nút tại a và b khi chọn nút n làm nút chuẩn.
- Dòng phức trên phần tử điện trở 1Ω .
- Công suất tác dụng tiêu thụ trên điện trở 2Ω .



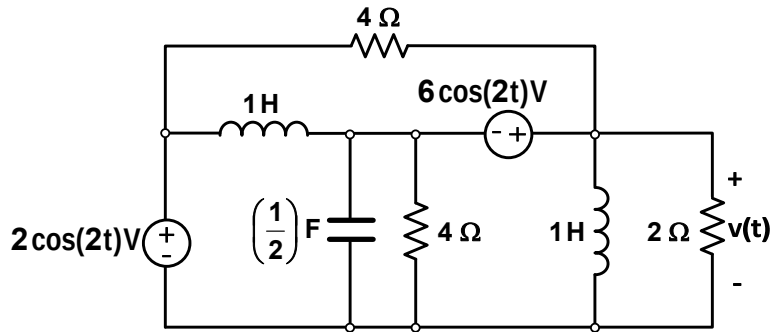
HÌNH 3.81

Đáp số: a) $\dot{V}_a = 8\angle 90^\circ$ [V]; $\dot{V}_b = 14,42\angle 33,69^\circ$ [V]

b) $\dot{V}_a = 10\angle -53,12^\circ$ [A]; c) $P_{2\Omega} = 51,99\text{W}$

Bài tập 3.27

Cho mạch điện theo hình 3.82, áp dụng phương trình điện thế nút, xác định áp tức thời $v(t)$ đặt ngang qua hai đầu điện trở 2Ω .



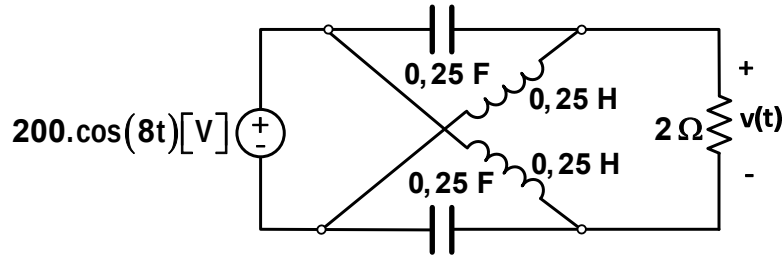
HÌNH 3.82

Đáp số: $v(t) = \left(\frac{2\sqrt{5}}{3}\right) \cos(2t + 53,13^\circ)$ [V]

Bài tập 3.28

Cho mạch điện theo hình 3.83, áp dụng phương trình điện thế nút, xác định áp tức thời $v(t)$ đặt ngang qua hai đầu điện trở 2Ω .

Đáp số: $v(t) = 124 \cdot \cos(8t + 7,13^\circ)$ [V]

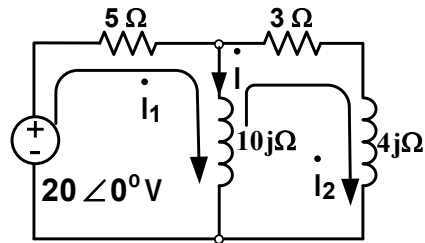


HÌNH 3.83

Vấn đề 6: Dùng số phức giải mạch xoay chiều theo phương trình dòng mắt lưới

Bài tập 3.29

Cho mạch điện theo hình 3.84, áp dụng phương trình dòng mắt lưới tìm dòng phức $\dot{I}_1$ và $\dot{I}_2$; Suy ra dòng phức $\dot{I}$; và tính công suất tác dụng tiêu thụ trên toàn mạch.

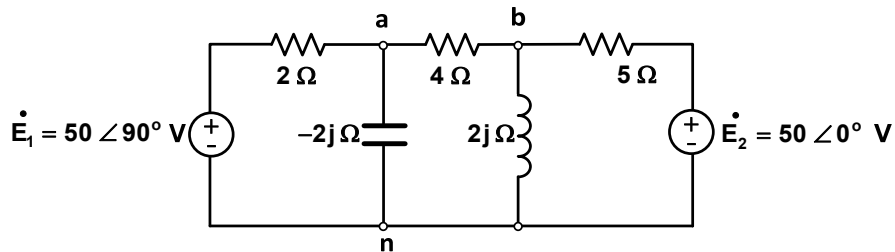


HÌNH 3.84

Đáp số: $\dot{I}_1 = 2,78 \angle -26,13^\circ$ [A]; $\dot{I}_2 = 1,94 \angle -14,04^\circ$ [A];

$\dot{I} = 0,97 \angle -50,91^\circ$ [A]; $\dot{S} = 27,78 \angle 26,13^\circ$ [VA].

Bài tập 3.30



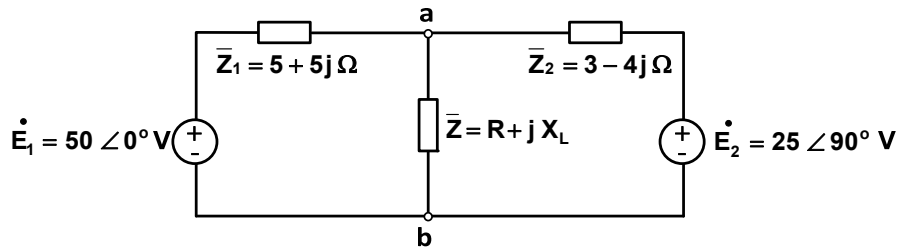
HÌNH 3.85

Cho mạch điện theo hình 3.85, áp dụng phương trình dòng mắt lưới xác định áp phức $\dot{V}_{an}$ và áp phức $\dot{V}_{bn}$.

Đáp số: $\dot{V}_{an} = 24,7 \angle 72,15^\circ [V]$; $\dot{V}_{bn} = 33,6 \angle 53,75^\circ [V]$.

Bài tập 3.31

Cho mạch điện như hình 3.86. Xác định tổng trở phức $\bar{Z}$ để công suất tác dụng tiêu thụ trên tổng trở phức này đạt giá trị cực đại, và tính giá trị công suất tác dụng cực đại.



HÌNH 3.86

Đáp số: $\bar{Z} = (4,23 + j1,15)\Omega$; $P_{Zmax} = 5,68W$

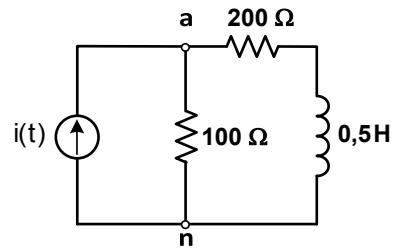
Bài tập 3.32

Cho mạch điện như hình 3.87, biết dòng $i(t) = 10\sqrt{2} \cdot \sin(800t)A$. Áp dụng phương trình dòng mắt lưới xác định:

a) Công suất tác dụng tiêu thụ trên điện trở 100Ω .

b) Áp phức $\dot{V}_{an}$

c) Công suất tác dụng tiêu thụ, công suất phản kháng và hệ số công suất toàn mạch.



HÌNH 3.87

Đáp số: a) $P_{100\Omega} = 8KW$; b) $\dot{V}_{an} = 894,4 \angle 10,30^\circ [V]$;

c) $P_t = 8800W$; $Q_t = 1600W$; $\cos\varphi = 0,9838$.