

CHƯƠNG 04

MẠCH ĐIỆN 3 PHA

4.1. TỔNG QUAN VỀ NGUỒN ÁP 3 PHA CÂN BẰNG

4.1.1. ĐỊNH NGHĨA

Nguồn áp 3 pha cân bằng (hay nguồn áp 3 pha đối xứng) là tập hợp bao gồm 3 nguồn áp xoay chiều hình sin: cùng biên độ; cùng tần số; lệch pha thời gian từng đôi 120° .

4.1.2 PHÂN LOẠI

Tùy thuộc vào trạng thái lệch pha thời gian giữa các nguồn áp trong hệ thống, chúng ta có:

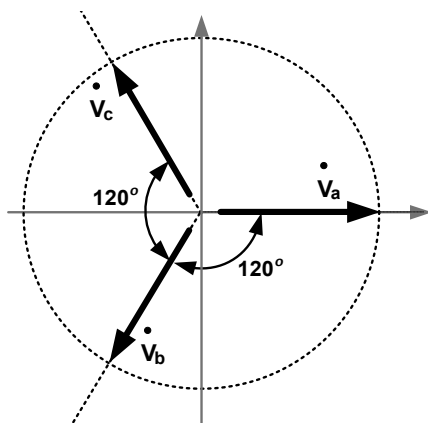
⚡ Nguồn áp 3 pha thứ tự thuận.

⚡ Nguồn áp 3 pha thứ tự nghịch.

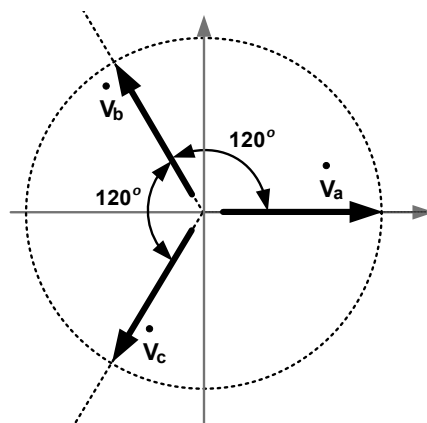
Xét nguồn áp 3 pha sau đây:

$$\begin{aligned} v_a(t) &= V_p \cdot \sqrt{2} \cdot \sin(\omega t) \\ v_b(t) &= V_p \cdot \sqrt{2} \cdot \sin(\omega t - 120^\circ) \\ v_c(t) &= V_p \cdot \sqrt{2} \cdot \sin(\omega t - 240^\circ) \end{aligned} \quad (4.1)$$

Các nguồn áp xoay chiều: v_a ; v_b ; v_c theo thứ tự lần lượt chậm pha thời gian 120° . Được định nghĩa là nguồn áp 3 pha thứ tự thuận.



HÌNH 4.1: Các vector phase biểu diễn nguồn áp 3 pha thứ tự thuận



HÌNH 4.2: Các vector phase biểu diễn nguồn áp 3 pha thứ tự nghịch

Nguồn áp 3 pha thứ tự thuận được biểu diễn theo *dạng phức hiệu dụng*:

$$\begin{aligned}\dot{V}_a &= V_p \angle 0^\circ \\ \dot{V}_b &= V_p \angle -120^\circ \\ \dot{V}_c &= V_p \angle -240^\circ\end{aligned}\quad (4.2)$$

Các vector phase biểu diễn nguồn áp 3 pha thứ tự thuận được trình bày trong hình 4.1.

Tương tự, *nguồn áp 3 pha thứ tự nghịch* gồm các nguồn áp xoay chiều: v_a ; v_b ; v_c theo thứ tự lần lượt nhanh pha thời gian 120° . Nguồn áp 3 pha thứ tự nghịch có biểu thức tức thời như sau:

$$\begin{aligned}v_a(t) &= V_p \cdot \sqrt{2} \cdot \sin(\omega t) \\ v_b(t) &= V_p \cdot \sqrt{2} \cdot \sin(\omega t + 120^\circ) \\ v_c(t) &= V_p \cdot \sqrt{2} \cdot \sin(\omega t + 240^\circ)\end{aligned}\quad (4.3)$$

Nguồn áp 3 pha thứ tự nghịch được biểu diễn theo *dạng phức hiệu dụng*:

$$\begin{aligned}\dot{V}_a &= V_p \angle 0^\circ \\ \dot{V}_b &= V_p \angle 120^\circ \\ \dot{V}_c &= V_p \angle 240^\circ\end{aligned}\quad (4.4)$$

Các vector phase biểu diễn nguồn áp 3 pha thứ tự nghịch được trình bày trong hình 4.2.

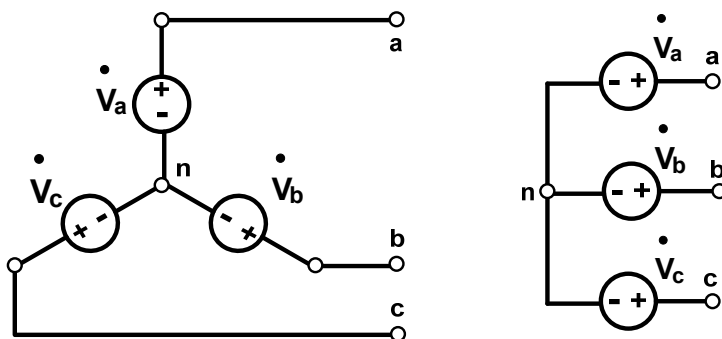
4.1.3. CÁC PHƯƠNG PHÁP ĐẦU NGUỒN ÁP 3 PHA CÂN BẰNG

Khi vận hành, nguồn áp 3 pha cân bằng được đầu theo sơ đồ Y hay sơ đồ Δ .

4.1.3.1. NGUỒN ÁP 3 PHA ĐẦU Y

Muốn thực hiện sơ đồ đầu Y , ta cần tạo điểm nối chung cho cả 3 nguồn áp. *Điểm chung của 3 nguồn áp được gọi là trung tính nguồn. Điểm chung này là giao điểm 3 đầu của 3 nguồn áp cùng dấu.*

Trong hình 4.3, trình bày các sơ đồ biểu diễn đầu Y; các đầu nguồn a, b, c được cung cấp đến tải 3 pha và n là điểm trung tính nguồn.

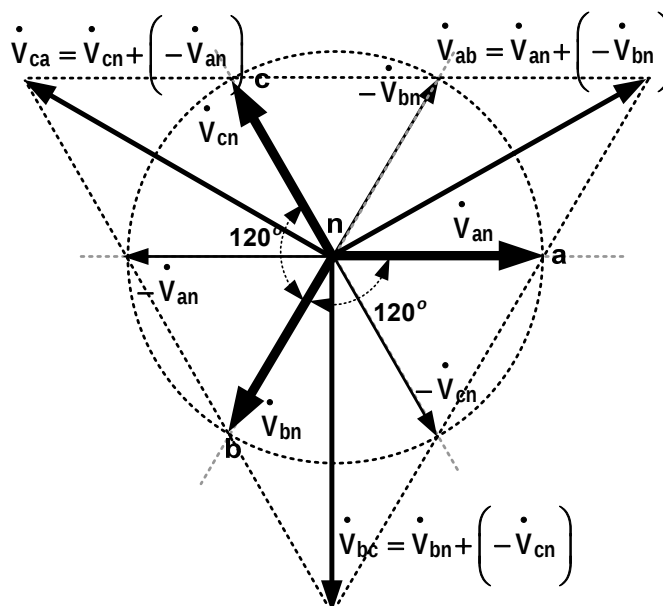


HÌNH 4.3: Các phương pháp biểu diễn sơ đồ Y cho nguồn áp 3 pha.

Nguồn áp 3 pha cân bằng đầu Y có 6 giá trị điện áp được phân thành hai nhóm:

- 🔗 **Điện áp pha:** là điện áp xác định giữa mỗi đầu a, b hay c đến trung tính n.
- 🔗 **Điện áp dây:** là điện áp xác định giữa 2 trong 3 đầu a, b, c.

TRƯỜNG HỢP NGUỒN 3 PHA THỨ TỰ THUẬN



HÌNH 4.4: giản đồ vector phase của áp dây và áp pha của nguồn áp 3 pha cân bằng đầu Y.

Các áp pha chính là áp của các nguồn áp trong sơ đồ Y, ta có:

$$\begin{aligned}\dot{V}_{an} &= \dot{V}_a = V_p \angle 0^\circ \\ \dot{V}_{bn} &= \dot{V}_b = V_p \angle -120^\circ \\ \dot{V}_{cn} &= \dot{V}_c = V_p \angle -240^\circ\end{aligned}\quad (4.5)$$

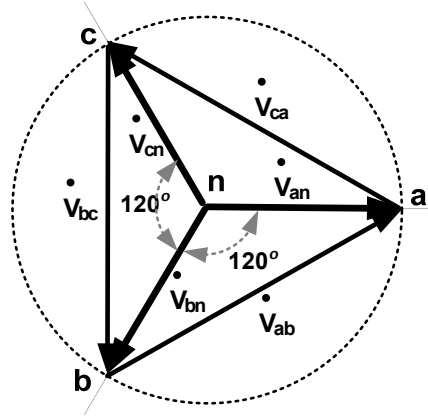
Các thành phần áp dây gồm: $\dot{V}_{ab}; \dot{V}_{bc}; \dot{V}_{ca}$. Theo qui ước áp phức dùng 2 chỉ số; ta có các định nghĩa như sau: $\dot{V}_{ab} = \dot{V}_{an} + \dot{V}_{nb}$

$$\dot{V}_{ab} = \dot{V}_{an} - \dot{V}_{bn} \quad (4.6)$$

$$\dot{V}_{bc} = \dot{V}_{bn} - \dot{V}_{cn} \quad (4.7)$$

$$\dot{V}_{ca} = \dot{V}_{cn} - \dot{V}_{an}$$

Áp dây được xác định theo một trong hai phương pháp: giản đồ vector phase hay số phức. Giản đồ vector được trình bày trong hình 4.4. Giản đồ vector này có thể được biểu diễn theo phương pháp khác trình bày trong hình 4.5.



HÌNH 4.5: giản đồ vector phase của áp dây và áp pha nguồn áp 3 pha đầu Y

Trong trường hợp áp dụng số phức để xác định điện áp dây theo các điện áp pha cho trước, ta có phương pháp tính được trình bày như sau:

$$\begin{aligned}\dot{V}_{ab} &= \dot{V}_{an} - \dot{V}_{bn} = V_p \angle 0^\circ - V_p \angle -120^\circ \\ \dot{V}_{ab} &= V_p - V_p \cdot [\cos(120^\circ) - j \sin(120^\circ)] \\ \dot{V}_{ab} &= V_p \cdot \sqrt{3} \cdot \left(\frac{\sqrt{3}}{2} + j \frac{1}{2} \right) = V_p \cdot \sqrt{3} \angle 30^\circ\end{aligned}$$

Tương tự, ta có:

$$\dot{V}_{bc} = V_p \cdot \sqrt{3} \angle -90^\circ \text{ và } \dot{V}_{ca} = V_p \cdot \sqrt{3} \angle -210^\circ$$

Các áp dây phức của nguồn 3 pha thứ tự thuận đầu Y có dạng như sau:

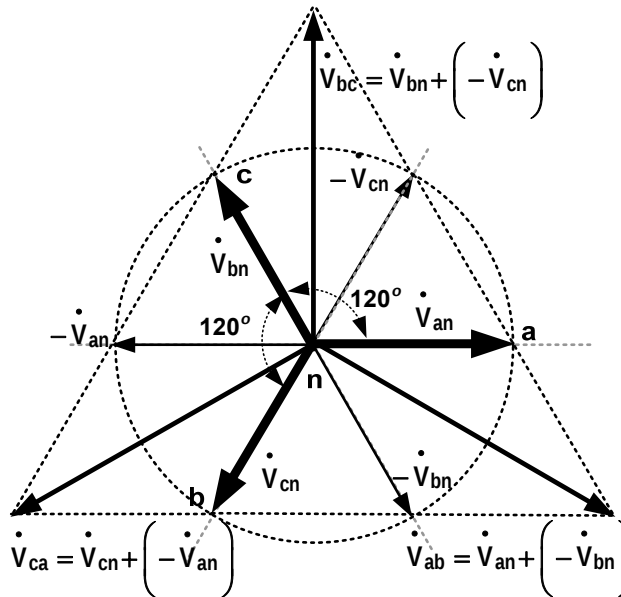
$$\begin{aligned}\dot{V}_{ab} &= V_p \cdot \sqrt{3} \angle 30^\circ \\ \dot{V}_{bc} &= V_p \cdot \sqrt{3} \angle -90^\circ \\ \dot{V}_{ca} &= V_p \cdot \sqrt{3} \angle -210^\circ\end{aligned}\quad (4.8)$$

Tóm lại, với nguồn áp 3 pha cân bằng thứ tự thuận:

✚ Biên độ của điện áp dây gấp $\sqrt{3}$ lần biên độ của điện áp pha hay giá trị hiệu dụng của điện áp dây gấp $\sqrt{3}$ lần giá trị hiệu dụng của điện áp pha.

✚ Khi so sánh góc lệch pha giữa điện áp pha và điện áp dây (có chỉ số mở đầu giống nhau), *điện áp dây sớm pha hơn điện áp pha* 30° .

TRƯỜNG HỢP NGUỒN 3 PHA THỨ TỰ NGHỊCH



HÌNH 4.6: Giản đồ vector phase của áp dây và áp pha của nguồn áp 3 pha cân bằng đầu Y.

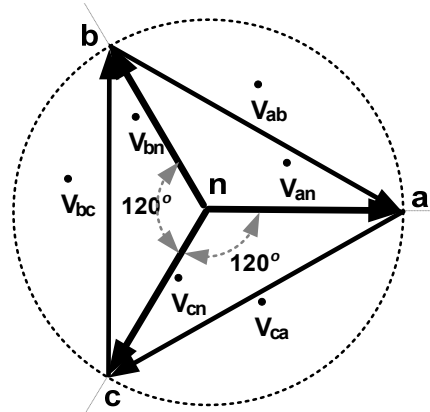
Các áp pha chính là áp của các nguồn áp trong sơ đồ Y, ta có:

$$\begin{aligned}\dot{V}_{an} &= \dot{V}_a = V_p \angle 0^\circ \\ \dot{V}_{bn} &= \dot{V}_b = V_p \angle 120^\circ \\ \dot{V}_{cn} &= \dot{V}_c = V_p \angle 240^\circ\end{aligned}\quad (4.9)$$

Các thành phần áp dây gồm: $\dot{V}_{ab}; \dot{V}_{bc}; \dot{V}_{ca}$ được định nghĩa theo các quan hệ (4.6) và (4.7) như trên.

Áp dây được xác định theo *giản đồ vector phase* trình bày trong hình 4.6. Giản đồ vector này có thể được biểu diễn theo phương pháp khác trình bày trong hình 4.7.

Khi áp dụng số phức để xác định điện áp dây theo các điện áp pha cho trước, ta có kết quả tính toán như sau:



HÌNH 4.7: giản đồ vector phase của áp dây và áp pha nguồn áp 3 pha đầu Y

$$\begin{aligned}\dot{V}_{ab} &= \dot{V}_{an} - \dot{V}_{bn} = V_p \angle 0^\circ - V_p \angle 120^\circ \\ \dot{V}_{ab} &= V_p - V_p \cdot [\cos(120^\circ) + j \sin(120^\circ)] \\ \dot{V}_{ab} &= V_p \cdot \sqrt{3} \cdot \left(\frac{\sqrt{3}}{2} - j \frac{1}{2} \right) = V_p \cdot \sqrt{3} \angle -30^\circ\end{aligned}$$

Tương tự, ta suy ra: $\dot{V}_{bc} = V_p \cdot \sqrt{3} \angle 90^\circ$ và $\dot{V}_{ca} = V_p \cdot \sqrt{3} \angle 210^\circ$. Các áp dây phức của nguồn 3 pha thứ tự nghịch đầu Y có dạng:

$$\begin{aligned}\dot{V}_{ab} &= V_p \cdot \sqrt{3} \angle -30^\circ \\ \dot{V}_{bc} &= V_p \cdot \sqrt{3} \angle 90^\circ \\ \dot{V}_{ca} &= V_p \cdot \sqrt{3} \angle 210^\circ\end{aligned}\quad (4.10)$$

Tóm lại, với nguồn áp 3 pha cân bằng thứ tự nghịch:

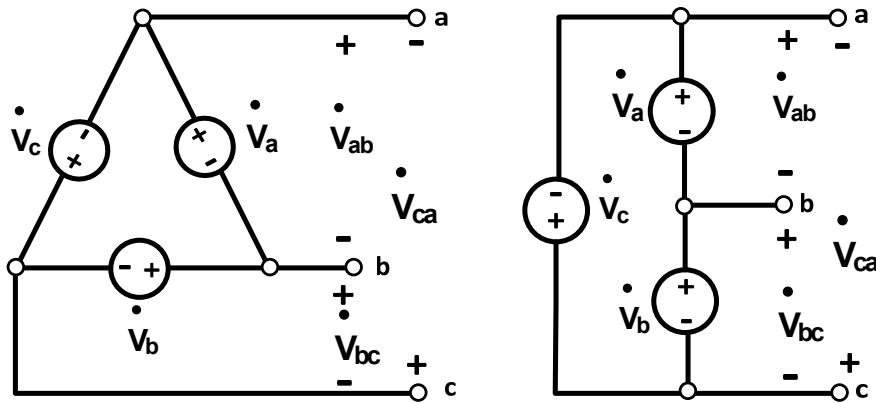
🔗 Biên độ của điện áp dây gấp $\sqrt{3}$ lần biên độ của điện áp pha hay giá trị hiệu dụng của điện áp dây gấp $\sqrt{3}$ lần giá trị hiệu dụng của điện áp pha.

🔗 Khi so sánh góc lệch pha giữa điện áp pha và điện áp dây (có chỉ số mở đầu giống nhau), điện áp dây chậm pha hơn điện áp pha 30° .

4.1.3.2. NGUỒN ÁP 3 PHA ĐẦU Δ

Muốn thực hiện phương pháp đầu dạng Δ , cần dựng các đỉnh của sơ đồ Δ ; đỉnh của sơ đồ Δ là giao điểm của hai đầu không cùng dấu của 2 trong 3 nguồn áp 3 pha.

Sơ đồ mô tả các phương pháp đầu nguồn áp 3 pha theo sơ đồ Δ được trình bày trong hình 4.8.



HÌNH 4.8: Các phương pháp biểu diễn sơ đồ Δ nguồn áp 3 pha

Trong sơ đồ Δ , nguồn áp chỉ có duy nhất điện áp dây. Trong trường hợp này áp dây của nguồn chính là các điện áp của mỗi nguồn áp xoay chiều hình thành sơ đồ Δ . Giả sử ba nguồn áp tạo thành sơ đồ Δ là thứ tự thuận, ta suy ra các áp dây cấp đến tải là:

$$\begin{aligned}\dot{V}_a &= \dot{V}_{ab} = V_p \angle 0^\circ \\ \dot{V}_b &= \dot{V}_{bc} = V_p \angle -120^\circ \\ \dot{V}_c &= \dot{V}_{ca} = V_p \angle -240^\circ\end{aligned}\tag{4.11}$$

4.2. PHƯƠNG PHÁP GIẢI MẠCH 3 PHA CÂN BẰNG

Mạch 3 pha được gọi là cân bằng khi:

✚ Nguồn áp 3 pha cấp đến tải là nguồn 3 pha cân bằng (đầu Y hay đầu Δ).

✚ Tải 3 pha cân bằng, tải được đấu theo dạng Y hay Δ .

Ta cần chú ý đến định nghĩa cho tải 3 pha cân bằng.

Tải 3 pha được gọi là cân bằng khi:

✚ Tổng trở phức của các tải hoàn toàn bằng nhau.

✚ Hay các tải có giá trị tổng trở bằng nhau; hệ số công suất của các tải bằng nhau và cùng tính chất.

Khi khảo sát tổng quát chúng ta quan tâm đến tổng trở của đường dây truyền tải, với mạch 3 pha cân bằng, giá trị của các tổng trở trên các đường dây truyền tải bằng nhau. Chúng ta chia mạch điện 3 pha thành 4 dạng:

✚ Nguồn Y; tải Y.

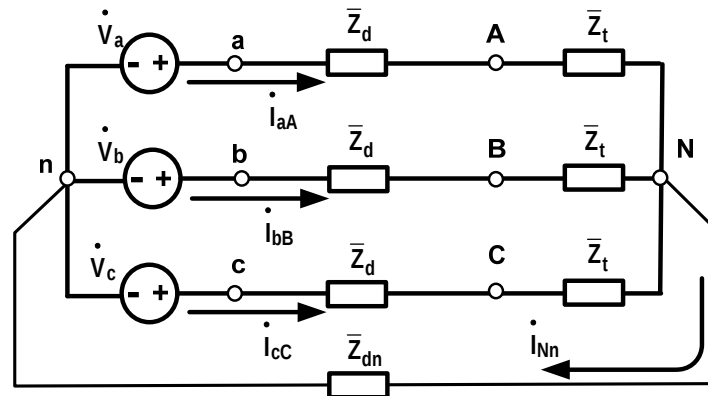
✚ Nguồn Y; tải Δ .

✚ Nguồn Δ ; tải Y.

✚ Nguồn Δ ; tải Δ .

4.2.1. TRƯỜNG HỢP NGUỒN Y - TẢI Y

Mạch 3 pha cân bằng tổng quát có dạng trình bày trong hình 4.9. Muốn xác định các giá trị dòng và áp đặt ngang qua hai đầu mỗi tải, ta áp dụng phương trình điện thế nút tại nút N khi chọn trung tính n làm nút chuẩn.



HÌNH 4.9: Mạch 3 pha cân bằng, nguồn Y tải Y.

Gọi $\dot{V}_N$ là áp phức giữa nút N so với nút chuẩn, phương trình điện thế nút viết tại nút N (trung tính tải) có dạng:

$$\frac{\dot{V}_N - \dot{V}_a}{\bar{Z}_d + \bar{Z}_t} + \frac{\dot{V}_N - \dot{V}_b}{\bar{Z}_d + \bar{Z}_t} + \frac{\dot{V}_N - \dot{V}_c}{\bar{Z}_d + \bar{Z}_t} + \frac{\dot{V}_N}{\bar{Z}_{dn}} = 0 \quad (4.12)$$

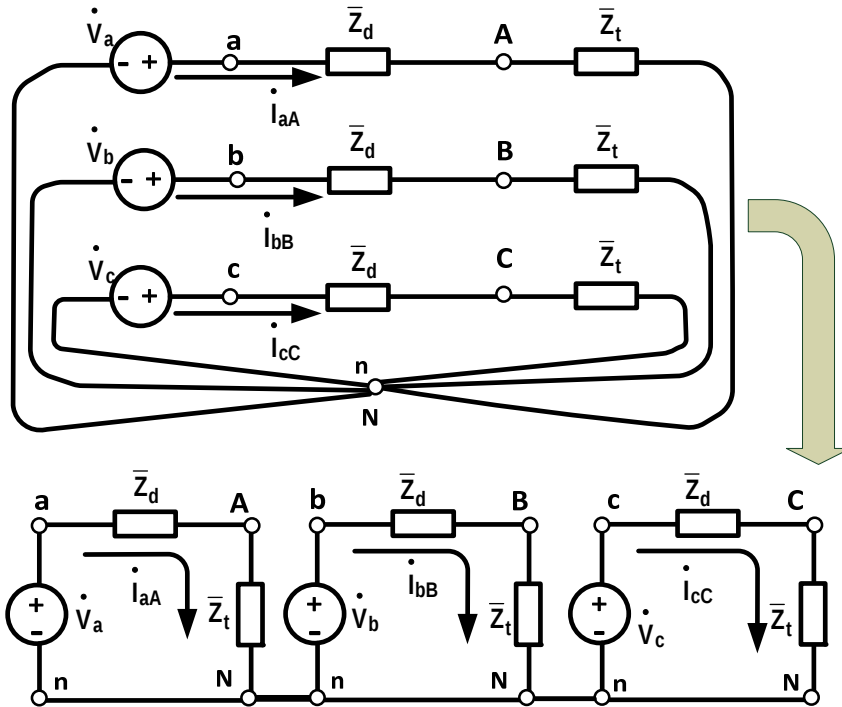
$$\text{Hay: } \dot{V}_N \cdot \left(\frac{3}{\bar{Z}_d + \bar{Z}_t} + \frac{1}{\bar{Z}_{dn}} \right) = \left(\frac{1}{\bar{Z}_d + \bar{Z}_t} \right) \cdot (\dot{V}_a + \dot{V}_b + \dot{V}_c) \quad (4.13)$$

Vì nguồn 3 pha cân bằng, ta có:

$$\dot{V}_a + \dot{V}_b + \dot{V}_c = 0 \quad (4.14)$$

Từ các quan hệ (4.13) và (4.14) suy ra: $\dot{V}_N = 0$, các nút n và N đẳng thế. Nói cách khác khi n và N cùng điện thế, ta xem như hai nút trùng nhau thành 1 nút duy nhất. Suy ra, khi tải 3 pha cân bằng dòng phức qua dây trung tính đạt giá trị là 0:

$$\dot{I}_{Nn} = \frac{\dot{V}_N}{\bar{Z}_{dn}} = \frac{0}{\bar{Z}_{dn}} = 0 \quad (4.15)$$



HÌNH 4.10: Thay mạch 3 pha cân bằng, nguồn Y tải Y bằng 3 mạch 1 pha.

Tóm lại, trong mạch 3 pha cân bằng *không có dòng qua trung tính*. Trong thực tế với tải 3 pha cân bằng không cần nối dây dẫn từ trung tính nguồn đến trung tính tải.

Khi các n và N trùng nhau theo kết quả đẳng thế, chúng ta có thể *tách mạch điện 3 pha cân bằng thành 3 mạch một pha tương đương*, xem hình 4.10. *Giải riêng từng mạch một pha tương đương*, ta tìm được các thông số dòng và áp trên tải cho riêng từng pha, các giá trị tìm được cũng là các thông số trên mạch 3 pha. Từ phân tích trên suy ra:

🔗 Dòng điện từ nguồn cung cấp vào các phụ tải được xác định như sau:

$$\dot{I}_{aA} = \frac{\dot{V}_a}{\bar{Z}_d + \bar{Z}_t} ; \dot{I}_{bB} = \frac{\dot{V}_b}{\bar{Z}_d + \bar{Z}_t} ; \dot{I}_{cC} = \frac{\dot{V}_c}{\bar{Z}_d + \bar{Z}_t} \quad (4.16)$$

🔗 Điện áp đặt ngang qua hai đầu tải mỗi pha được xác định theo cầu phân áp:

$$\dot{V}_{AN} = \bar{Z}_t \cdot \dot{I}_{aA} = \frac{\bar{Z}_t \cdot \dot{V}_a}{\bar{Z}_d + \bar{Z}_t} \quad (4.17)$$

$$\dot{V}_{BN} = \bar{Z}_t \cdot \dot{I}_{bB} = \frac{\bar{Z}_t \cdot \dot{V}_b}{\bar{Z}_d + \bar{Z}_t} \quad (4.18)$$

$$\dot{V}_{CN} = \bar{Z}_t \cdot \dot{I}_{cC} = \frac{\bar{Z}_t \cdot \dot{V}_c}{\bar{Z}_d + \bar{Z}_t} \quad (4.19)$$

🔗 Công suất phức tiêu thụ trên mỗi tải và trên toàn bộ tải 3 pha được xác định như sau:

Công suất phức tiêu thụ trên tải pha AN là:

$$\dot{S}_A = \dot{V}_{AN} \cdot \dot{I}_{aA}^* = \bar{Z}_t \cdot \left| \dot{I}_{aA} \right|^2 \quad (4.20)$$

Tương tự công suất phức tiêu thụ trên các pha BN và CN là:

$$\dot{S}_B = \bar{Z}_t \cdot \left| \dot{I}_{bB} \right|^2 \quad (4.21)$$

$$\dot{S}_C = \bar{Z}_t \cdot \left| \dot{I}_{cC} \right|^2 \quad (4.22)$$

Công suất phức tiêu thụ trên tải 3 pha cân bằng là:

$$\dot{S}_{3p} = \dot{S}_a + \dot{S}_b + \dot{S}_c = \bar{Z}_t \cdot \left(\left| I_{aA} \right|^2 + \left| I_{bB} \right|^2 + \left| I_{cC} \right|^2 \right) \quad (4.23)$$

Với mạch 3 pha cân bằng, các dòng hiệu dụng xác định theo các quan hệ (4.16) bằng nhau và *chính là dòng hiệu dụng qua mỗi pha phụ tải*, ta có:

$$\left| \dot{I}_{aA} \right| = \left| \dot{I}_{bB} \right| = \left| \dot{I}_{cC} \right| = I_p \quad (4.24)$$

Suy ra:

$$\dot{S}_{3p} = 3 \cdot \bar{Z}_t \cdot I_p^2 \quad (4.25)$$

Gọi phần thực của mỗi *tổng trở pha tải* là $\text{Re}(\bar{Z}_t) = R_t$, giá trị này là thành phần điện trở của tải; phần ảo của mỗi *tổng trở pha tải* là $\text{Im}(\bar{Z}_t) = X_L - X_C$, giá trị này là thành phần $(X_L - X_C)$ của tải. Từ quan hệ (4.25) suy ra:

$$\dot{S}_{3p} = (3 \cdot R_t \cdot I_p^2) + j \cdot [3 \cdot (X_L - X_C) \cdot I_p^2] \quad (4.26)$$

Hay:

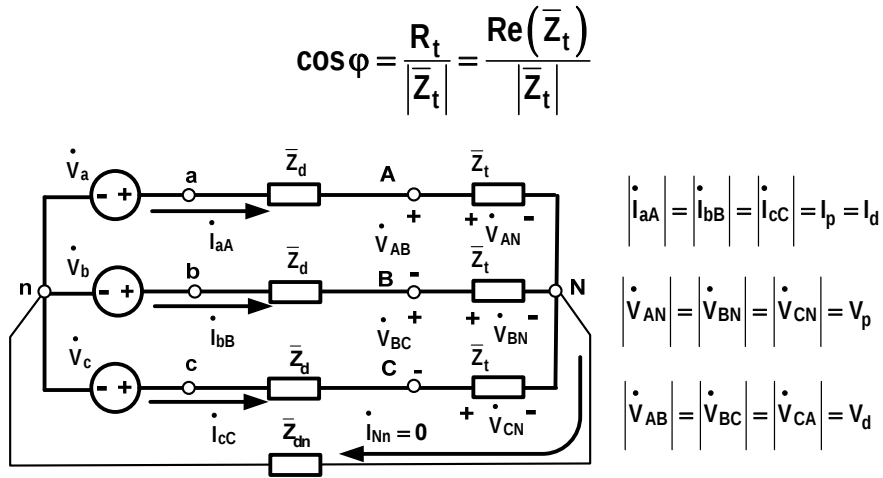
$$\dot{S}_{3p} = (3 \cdot V_p \cdot I_p \cdot \cos \varphi) + j \cdot (3 \cdot V_p \cdot I_p \cdot \sin \varphi) \quad (4.27)$$

➡ V_p là *áp pha hiệu dụng đặt ngang qua hai đầu mỗi pha tải*. Điện áp $\dot{V}_{AN}; \dot{V}_{BN}; \dot{V}_{CN}$ là các áp phức đặt ngang qua hai đầu mỗi pha tải, vì tải 3 pha cân bằng nên:

$$\left| \dot{V}_{AN} \right| = \left| \dot{V}_{BN} \right| = \left| \dot{V}_{CN} \right| = V_p \quad (4.28)$$

➡ I_p là *dòng hiệu dụng qua mỗi pha tải*.

➡ $\cos \varphi$: là *hệ số công suất của tải* $\bar{Z}_t$, và được xác định như sau:



HÌNH 4.11: Thông số áp và dòng trên tải 3 pha cân bằng, nguồn Y tải Y.

➔ V_d là áp dây hiệu dụng đặt ngang qua hai trong 3 đầu tải 3 pha đấu Y.

Gọi $\dot{V}_{AB}$; $\dot{V}_{BC}$; $\dot{V}_{CA}$ là các áp dây phức, vì tải 3 pha cân bằng ta có:

$$|\dot{V}_{AB}| = |\dot{V}_{BC}| = |\dot{V}_{CA}| = V_d \quad (4.29)$$

Theo các quan hệ (4.8) và (4.10) suy ra:

$$V_d = \sqrt{3} \cdot V_p \quad (4.30)$$

Chú ý: với sơ đồ Y-Y (nguồn Y-Tải Y) dòng qua các pha tải cũng chính là dòng qua dây nguồn ($I_d = I_p$).

Từ (3.27) và (3.30), ta có:

$$P_{3p} = \operatorname{Re}(\dot{S}_{3p}) = 3 \cdot V_p \cdot I_p \cdot \cos \varphi = \sqrt{3} \cdot V_d \cdot I_d \cdot \cos \varphi \quad (4.31)$$

$$Q_{3p} = \operatorname{Im}(\dot{S}_{3p}) = 3 \cdot V_p \cdot I_p \cdot \sin \varphi = \sqrt{3} \cdot V_d \cdot I_d \cdot \sin \varphi \quad (4.32)$$

Ví dụ 4.1:

Cho mạch 3 pha như hình 4.9 gồm: nguồn 3 pha cân bằng, thứ tự thuận, đấu Y; có điện áp pha hiệu dụng phức $\dot{V}_{an} = 220 \angle 0^\circ$ [V], 50Hz. Tải 3 pha cân bằng, đấu Y, tổng trở phức: $\bar{Z}_t = 16 + j12$ [Ω / pha] tổng trở đường dây trên mỗi pha là $\bar{Z}_d = 0,1 + j0,1$ [Ω / pha]. Xác định:

- Dòng pha hiệu dụng qua mỗi pha tải.
- Áp pha hiệu dụng trên tải.
- Công suất tác dụng tiêu thụ trên tải 3 pha .
- Công suất biểu kiến tổng cung cấp từ nguồn.

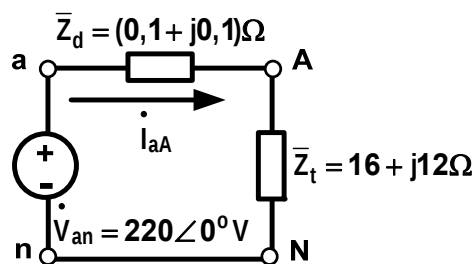
Giải:

Với nguồn áp 3 pha thứ tự thuận khi biết giá trị áp phức $\dot{V}_{an} = 220 \angle 0^\circ$ [V].

Suy ra:

$$\dot{V}_{bn} = 220 \angle -120^\circ$$

$$\dot{V}_{cn} = 220 \angle -240^\circ$$



HÌNH 4.12: Mạch tương đương 1 pha

Thay thế mạch 3 pha cân bằng bằng 3 mạch tương đương 1 pha; mạch tương đương 1 pha vẽ cho pha A được trình bày trong hình 4.12.

- Dòng pha hiệu dụng qua mỗi tải

Dòng phức qua tải trên pha A là:

$$\dot{I}_{aA} = \frac{220}{(16 + j12) + (0,1 + j0,1)} = 8,73 - j6,56 = 10,92 \angle -36^\circ \text{ A}$$

Dòng hiệu dụng qua mỗi tải: $|\dot{I}_{aA}| = 10,92 \angle 0^\circ$ [A]

- Áp pha hiệu dụng trên mỗi pha tải

Áp dụng định luật Ohm, ta có:

$$\dot{V}_{AN} = \bar{Z}_t \cdot \dot{I}_{aA} = (16 + j12) \cdot (8,7323 - j6,5628j) = 218,47 \angle 0^\circ \text{ [V]}$$

Áp hiệu dụng trên mỗi pha tải là: 218,47 V

c. Công suất tác dụng tiêu thụ trên tải 3 pha

Chú ý: Khi tính công suất tác dụng ta có thể áp dụng một trong các phương pháp sau:

Phương pháp 1: Áp dụng công thức $P = RI^2$.

Với tổng trở tải $\bar{Z}_t = 16 + 12j [\Omega / \text{pha}]$; phần thực chính là giá trị điện trở trong phụ tải. Nên công suất tác dụng của mỗi pha tải được xác định trực tiếp bằng quan hệ sau:

$$P_{1p} = 16 \cdot (10,9235)^2 = 1909,1656 \text{ W} \cong 1909 \text{ W}$$

Suy ra công suất tác dụng cấp cho tải 3 pha:

$$P_{3p} = 3 \cdot P_{1p} = 3 \cdot 1909,1656 \text{ W} \cong 5727,4968 \text{ W}$$

Phương pháp 2: Áp dụng công suất phức, Ta có:

$$\dot{S}_A = \dot{V}_{AN} \cdot \dot{I}_{aA}^* = (218,4704 - j0,2172) \cdot (8,7323 + j6,5628)$$

$$\dot{S}_A = 1909,1745 + j1431,8809 \quad [\text{VA}]$$

$$\text{Suy ra: } \text{Re}(\dot{S}_{1p}) = 1909,133 \text{ W} \cong 1909 \text{ W}$$

Phương pháp 3: Áp dụng quan hệ (4.31)

$$P_{3p} = 3 \cdot V_{AN} \cdot I_{aA} \cdot \cos \varphi_t$$

$$\text{Trong đó: } \cos \varphi_t = \frac{\text{Re}(\bar{Z}_t)}{|\bar{Z}_t|} = \frac{16}{20} = 0,8$$

$$\text{Suy ra: } P_{3p} = 3 \cdot (218,4705 \cdot 10,9235 \cdot 0,8) = 5727,51 \text{ W}$$

d. Công suất biểu kiến tổng cấp từ nguồn

Phương pháp 1: Áp dụng quan hệ $S = Z \cdot I^2$

$$Z_t = \sqrt{[\text{Re}(\bar{Z}_t)]^2 + [\text{Im}(\bar{Z}_t)]^2} = \sqrt{16^2 + 12^2} = 20 \Omega$$

Công suất biểu kiến tổng cấp đến mỗi pha tải:

$$S_{1p} = 20 \cdot (10,9235)^2 = 2386,457 \quad [\text{VA}]$$

Phương pháp 2: Áp dụng công suất phức.

Từ kết quả xác định trong câu c (phương pháp 2), công suất phức cấp đến mỗi pha tải là:

$$\dot{S}_{1p} = 1909,1745 + 1431,8809j = 2386,4681 \angle 36,87^\circ \quad [\text{VA}]$$

Suy ra: $S_{1p} = 2386,4681 \approx 2386 \quad [\text{VA}]$

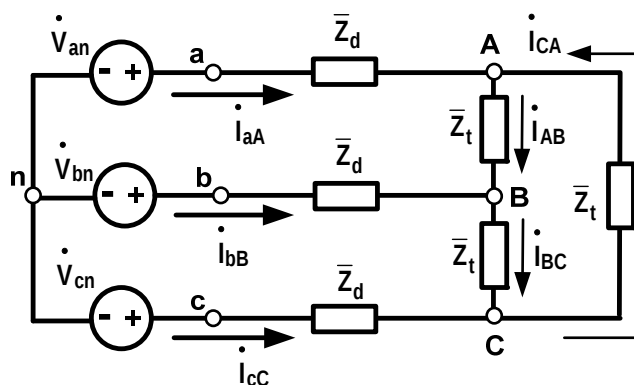
Công suất biểu kiến tổng cấp đến tải là:

$$S_{3p} = 3.S_{1p} = 3.2386 = 7158 \text{ (VA)}$$

Phương pháp 3: Áp dụng công suất $S_{3p} = 3.V_{AN}.I_{aA}$

Suy ra: $S_{3p} = 3.(218,4705. 10,9235) = 7159,3875 \text{ (VA)}$

4.2.2. TRƯỜNG HỢP NGUỒN Y - TẢI Δ



HÌNH 4.13: Mạch 3 pha cân bằng, nguồn Y tải Δ .

Mạch 3 pha nguồn Y tải Δ trình bày trong hình 4.13. Với mạch 3 pha cân bằng có ảnh hưởng của tổng trở đường dây; khi giải mạch ta có thể áp dụng một trong các phương pháp sau đây:

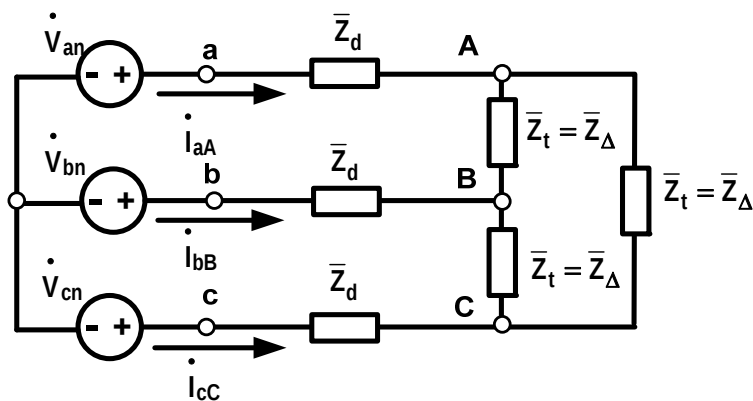
✚ *Biến đổi tải từ dạng Δ sang dạng Y*; chuyển mạch điện về dạng nguồn Y tải Y để tính toán các thông số. Sau cùng chuyển đổi các giá trị tính toán được trên tải Y về các giá trị tương đương cho tải Δ .

✚ *Giải trực tiếp bằng cách áp dụng phương trình dòng vòng.*

Ví dụ 4.2:

Cho mạch 3 pha như hình 4.14, với nguồn áp 3 pha cân bằng, thứ tự thuận, có điện áp pha hiệu dụng phức $\dot{V}_{an} = 220 \angle 0^\circ \text{ [V]}$, tần

số 50Hz; tải 3 pha cân bằng đầu Δ ; $\bar{Z}_{AB} = \bar{Z}_{BC} = \bar{Z}_{CA} = \bar{Z}_t = 12 + 9j [\Omega]$, tổng trở đường dây cân bằng: $\bar{Z}_{dA} = \bar{Z}_{dB} = \bar{Z}_{dC} = \bar{Z}_d = 0,2 [\Omega]$. Áp dụng phép biến đổi tải từ dạng Δ sang Y để giải mạch, xác định:



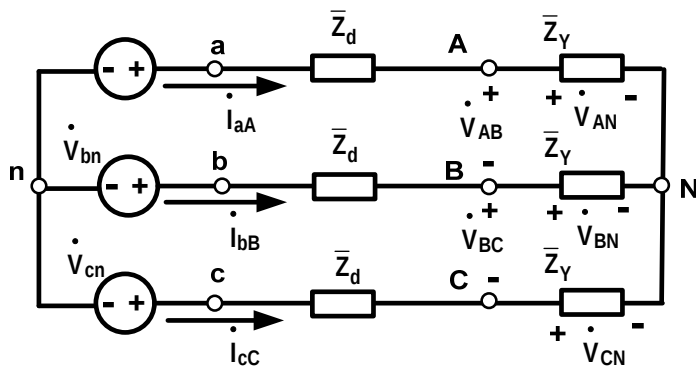
HÌNH 4.14: Mạch ba pha nguồn đầu Y - tải Δ

- Dòng dây hiệu dụng từ nguồn cấp đến tải.
- Dòng pha hiệu dụng qua mỗi nhánh pha tải Δ .
- Công suất tác dụng tiêu thụ trên tải 3 pha.
- Công suất biểu kiến tổng cung cấp từ nguồn.

Giải:

Biến đổi tổng trở phức của tải Δ sang Y xem hình 4.15; với tải 3 pha cân bằng ta có:

$$\bar{Z}_Y = \frac{\bar{Z}_\Delta}{3} = \frac{12 + 9j}{3} = (4 + 3j)\Omega$$



HÌNH 4.15: Mạch 3 pha chuyển đổi tải Δ sang dạng Y

a. Dòng điện qua mỗi dây nguồn cung cấp vào hệ thống phụ tải

Sau khi đã chuyển đổi tải Δ sang dạng Y, áp dụng mạch tương đương 1 pha cho mạch 3 pha cân bằng nguồn Y tải Y ta tìm dòng dây từ nguồn cung cấp đến tải (tính trên dây nguồn từ a đến A).

$$\dot{I}_{aA} = \frac{\dot{V}_a}{\bar{Z}_d + \bar{Z}_Y} = \frac{220}{(4 + j3) + 0,2} = 34,68 + j24,77 = 42,62 \angle 35,54^\circ \text{ A}$$

Dòng dây hiệu dụng điện từ nguồn đến tải: $I_{aA} = 42,62 \text{ A}$

b. Dòng pha qua mỗi nhánh tải đầu Δ

Muốn xác định dòng pha qua mỗi nhánh tải Δ ; đầu tiên xác định:

🔗 Áp pha trên tải Y tương đương: $\dot{V}_{AN}; \dot{V}_{BN}$

🔗 Suy ra áp pha trên tải Δ : $\dot{V}_{AB}$.

Chú ý: Áp pha $\dot{V}_{AB}$ của tải Δ chính là áp dây của tải Y tương đương.

Trong trường hợp này ta có hai phương pháp để xác định giá trị cho áp phức $\dot{V}_{AB}$

Phương pháp 1: Áp dụng quan hệ giữa áp dây và áp pha của nguồn áp 3 pha cân bằng.

Đây là phương pháp tính nhanh dựa vào tính chất của nguồn áp 3 pha cân bằng đầu Y đã trình bày trong mục 4.1.3.1. Ta có áp phức pha $\dot{V}_{AN}$ xác định theo quan hệ:

$$\dot{V}_{AN} = \bar{Z}_Y \cdot \dot{I}_{aA} = (34,68 - j24,77) \cdot (4 + j3) = 213,1208 \angle 1,33^\circ \text{ [V]}$$

Hay: $\dot{V}_{AN} = 213,1208 \angle 1,33^\circ \text{ [V]}$

Với nguồn áp 3 pha thứ tự thuận ta suy ra áp dây phức trên tải Y là:

$$\dot{V}_{AB} = 213,1208 \cdot \sqrt{3} \angle 1,33^\circ + 30^\circ \text{ [V]}$$

Suy ra: $\dot{V}_{AB} = 369,136 \angle 31,33^\circ \text{ [V]}$

Hay: $\dot{V}_{AB} = 315,3 + 191,95j \text{ [V]}$

Phương pháp 2: Áp dụng định nghĩa của áp dây.

Đầu tiên xác định áp pha phức $\dot{V}_{AN}$ tương tự như trên, sau đó tìm dòng pha phức $\dot{I}_{bB}$:

$$\dot{I}_{bB} = \frac{\dot{V}_{bn}}{\bar{Z}_d + \bar{Z}_Y} = \frac{220 \angle -120^\circ}{(4 + j3) + 0,2} = -38,7979 - j17,6504(A)$$

Suy ra:

$$\dot{V}_{BN} = \bar{Z}_Y \cdot \dot{I}_{bB} = (-38,7979 - j17,6504) \cdot (4 + j3) = -102,24 - j186,995(A)$$

Áp dụng định nghĩa của áp dây $\dot{V}_{AB} = \dot{V}_{AN} - \dot{V}_{BN}$, ta có:

$$\dot{V}_{AB} = \dot{V}_{AN} - \dot{V}_{BN} = (213,06 + j4,95) - (-102,24 - j186,99)$$

$$\dot{V}_{AB} = 315,30 + j191,95(V) = 369,133 \angle 31,33^\circ V$$

Dòng pha phức điện qua nhánh tải AB:

$$\dot{I}_{AB} = \frac{\dot{V}_{AB}}{\bar{Z}_\Delta} = \frac{315,3 + j191,95}{12 + j9} = 24,609 \angle -5^\circ [A]$$

Dòng pha hiệu dụng qua nhánh tải AB là: $I_{AB} = 24,61 A$.

Chú ý: Muốn tính nhanh dòng hiệu dụng hay áp hiệu dụng trong mạch 3 pha cân bằng mà không cần quan tâm đến góc pha; ta có thể áp dụng các tính chất đã nêu trong mục 3.1. Để giải nhanh câu b theo phương pháp như sau:

✚ Với áp pha phức: $\dot{V}_{AN} = 213,1208 \angle 1,33^\circ [V]$; ta suy ra giá trị áp pha hiệu dụng trên tải Y tương đương là: $V_{AN} = 213,1208 V$.

✚ Với mạch 3 pha cân bằng, tải Y cân bằng; áp dây hiệu dụng trên tải V_{AB} gấp $\sqrt{3}$ lần áp pha hiệu dụng trên tải V_{AN} . Suy ra:

$$\dot{V}_{AB} = \sqrt{3} \dot{V}_{AN} = \sqrt{3} \cdot 213,1208 \angle 1,33^\circ [V] = 369,136V$$

✚ Với tổng trở phức:

$$\bar{Z}_\Delta = 12 + 9j = 15 \angle 87^\circ \Omega$$

✚ Dòng pha hiệu dụng qua mỗi nhánh của tải Δ là:

$$I_{AB} = \frac{369,136}{15} = 24,61A$$

c. Công suất tác dụng tiêu thụ trên tải 3 pha đấu Δ

Áp dụng quan hệ sau: $P_{3p} = 3.P_{1p} = 3.Re(\bar{Z}_{\Delta}).I_{AB}^2$

Suy ra: $P_{3p} = 3.12.(24,609)^2 = 21801,703 \cong 21802 \text{ W}$

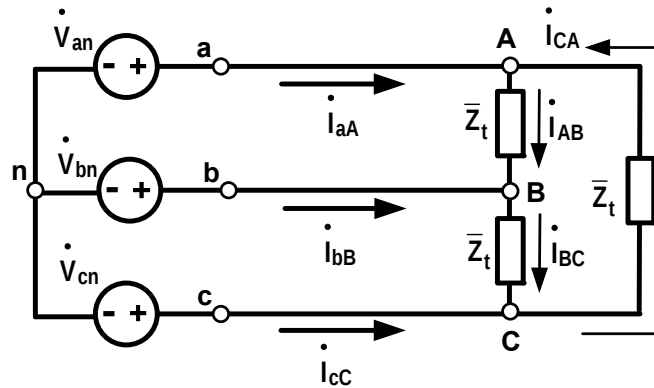
d. Công suất biểu kiến tổng cấp bởi nguồn

Áp dụng quan hệ sau: $S_{3p} = 3.V_{an}.I_{aA}$

Suy ra: $S_{3p} = 3.220.42,6242 = 28131,972 \cong 28132 \text{ VA}$

Ví dụ 4.3:

Cho mạch 3 pha như 3.16, với nguồn áp 3 pha cân bằng, thứ tự thuận, có điện áp pha hiệu dụng phức $\dot{V}_{an} = 200 \angle 0^\circ [\text{V}]$, 50Hz; tải 3 pha cân bằng đấu Δ ; $\bar{Z}_{AB} = \bar{Z}_{BC} = \bar{Z}_{CA} = \bar{Z}_t = 16 + 12j [\Omega]$, tổng trở đường dây không đáng kể $\bar{Z}_d = 0 [\Omega]$. Xác định:



HÌNH 4.16: Mạch 3 pha nguồn Y – tải Δ

- Dòng phức $\dot{I}_{AB}$ qua nhánh pha AB của tải Δ .
- Dòng dây phức $\dot{I}_{aA}$.
- Khảo sát tương quan giữa dòng dây từ nguồn và dòng pha qua mỗi nhánh tải Δ .
- Công suất phức tiêu thụ trên tải 3 pha.

Giải:

Với mạch 3 pha cân bằng cho trong đầu đề, hình 4.16; khi tổng trở đường dây không đáng kể, điện áp cấp đến từng nhánh tải Δ là

áp dây của nguồn áp 3 pha. Trong trường hợp này chúng ta có thể xác định trực tiếp dòng qua mỗi nhánh pha tải Δ .

a. Dòng phức $\dot{I}_{AB}$ qua nhánh pha AB:

$$\dot{I}_{AB} = \frac{\dot{V}_{AB}}{\bar{Z}_t} = \frac{\dot{V}_{ab}}{\bar{Z}_t}$$

$$\text{Với áp pha: } \dot{V}_{an} = 200 \angle 0^\circ [\text{V}]$$

Suy ra áp dây: $\dot{V}_{ab} = 200\sqrt{3} \angle 30^\circ [\text{V}]$, tóm lại:

$$\dot{I}_{AB} = \frac{200\sqrt{3} \angle 30^\circ}{16 + 12j} = \frac{200\sqrt{3} \angle 30^\circ}{20 \angle 36^\circ 87'} = 10\sqrt{3} \angle -6^\circ 87' [\text{A}]$$

b. Dòng dây phức $\dot{I}_{aA}$:

Áp dụng định luật Kirchhoff 1 tại nút A, ta có: $\dot{I}_{aA} = \dot{I}_{AB} - \dot{I}_{CA}$.

Dòng phức $\dot{I}_{CA}$ xác định theo quan hệ sau:

$$\dot{I}_{CA} = \frac{\dot{V}_{CA}}{\bar{Z}_t} = \frac{200\sqrt{3} \angle -210^\circ}{16 + 12j} = 10 \angle -246^\circ 87' [\text{A}]$$

Suy ra:

$$\dot{I}_{aA} = 10\sqrt{3} \cdot (1 \angle -6^\circ 87' - 1 \angle -246^\circ 87') = 10\sqrt{3} \cdot (1,3856 - 1,0392j)$$

$$\text{Tóm lại: } \dot{I}_{aA} = 10\sqrt{3} \cdot (\sqrt{3} \angle -36^\circ 87') = 30 \angle -36^\circ 87' [\text{A}]$$

c. Nhận xét tương quan giữa dòng pha tải và dòng dây nguồn

Với tải 3 pha cân bằng, các dòng pha phức qua mỗi nhánh tải:

$\dot{I}_{AB}$; $\dot{I}_{BC}$; $\dot{I}_{CA}$ có *suất bằng nhau* và *lệch pha thời gian từng đôi 120°*. Tính chất *sớm pha hay chậm pha phụ thuộc vào tính chất nguồn áp 3 pha là thứ tự thuận hay thứ tự nghịch*. Sự tương quan giữa các dòng pha tải và dòng dây nguồn được quan sát một cách trực quan bằng giản đồ vector.

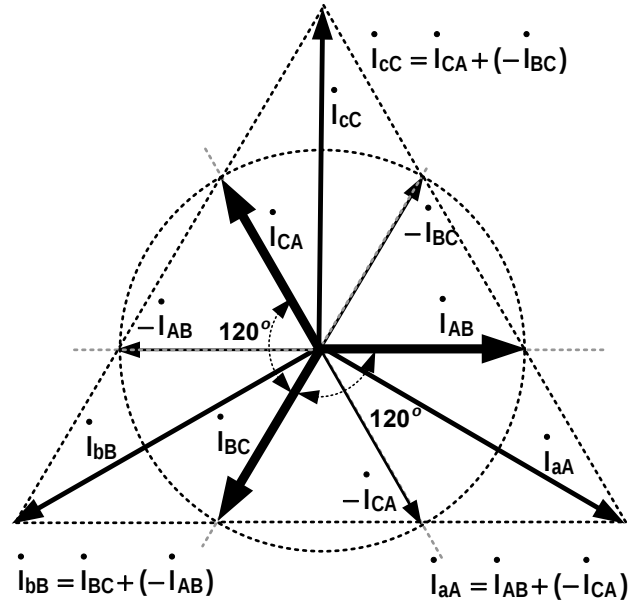
Áp dụng định luật Kirchhoff1 tại các nút A, B, C ta có các quan hệ sau:

$$\dot{I}_{aA} = \dot{I}_{AB} - \dot{I}_{CA} \quad (4.33)$$

$$\dot{I}_{bB} = \dot{I}_{BC} - \dot{I}_{AB} \quad (4.34)$$

$$\dot{I}_{cC} = \dot{I}_{CA} - \dot{I}_{BC} \quad (4.35)$$

Với nguồn áp 3 pha thứ tự thuận (hình 4.17), các dòng dây phức có suất bằng nhau và tạo thành hệ thống thứ tự thuận.



HÌNH 4.17: Các vector dòng dây nguồn và dòng pha tải (Trường hợp nguồn áp 3 pha thứ tự thuận)

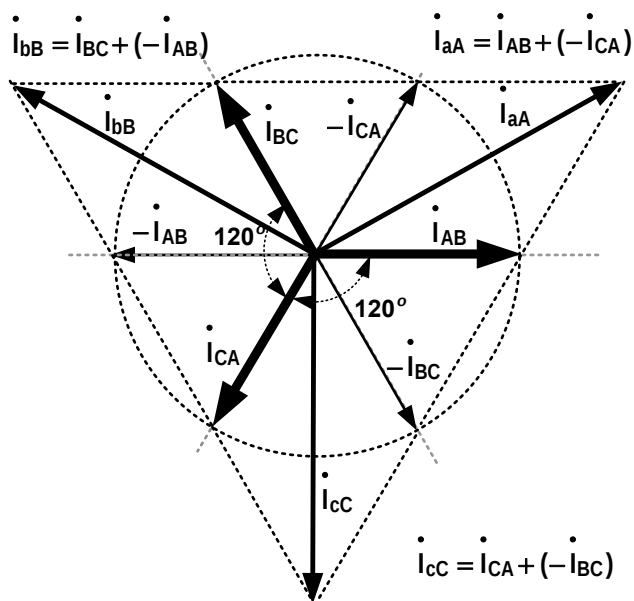
Tương tự với nguồn áp 3 pha thứ tự nghịch (hình 4.18), các dòng dây phức cũng có suất bằng nhau và tạo thành hệ thống thứ tự nghịch.

Nếu đặt dòng dây $\dot{I}_{aA}$ tương ứng dòng pha $\dot{I}_{AB}$, dòng dây $\dot{I}_{bB}$ tương ứng dòng pha $\dot{I}_{BC}$ và dòng dây $\dot{I}_{cC}$ tương ứng dòng pha $\dot{I}_{CA}$. Dòng dây được gọi là tương ứng với dòng pha khi các dòng dây và dòng pha có chỉ số mở đầu cùng ký tự. Ta rút ra nhận xét sau:

🔧 Dòng dây có suất lớn hơn dòng pha $\sqrt{3}$ lần.

🔧 Với nguồn áp 3 pha thứ tự thuận, dòng dây chậm pha hơn dòng pha tương ứng góc 30° và ngược lại với nguồn áp 3 pha thứ tự nghịch, dòng dây nhanh pha hơn dòng pha tương ứng góc 30° .

Áp dụng tính chất này chúng ta có thể tìm nhanh các kết quả, đọc và nghiệm lại phương pháp tính vừa trình bày trong câu a và b của ví dụ này.



HÌNH 4.18: Các vector dòng dây nguồn và dòng pha tải (Trường hợp nguồn áp 3 pha *thứ tự nghịch*)

d. Công suất phức tiêu thụ trong tải 3 pha

Với trường hợp của ví dụ này chúng ta có thể xác định công suất phức tiêu thụ trên tải 3 pha bằng nhiều phương pháp khác nhau được trình bày sau đây:

- 🔧 Áp dụng công suất phức.
- 🔧 Áp dụng nguyên lý bảo toàn công suất.

Phương pháp 1: Áp dụng công suất phức

Từ dòng phức $\dot{I}_{AB}$ và áp phức $\dot{V}_{AB}$ suy ra công suất phức tiêu thụ trên nhánh AB của tải là:

$$\dot{S}_{AB} = \dot{V}_{AB} \cdot \dot{I}_{AB}^* = (200\sqrt{3} \angle 30^\circ) \cdot (10\sqrt{3} \angle 6^\circ 87') = 6000 \angle 36,87^\circ [\text{VA}]$$

Do tải 3 pha cân bằng các công suất phức trên hai nhánh pha tải còn lại sẽ có giá trị bằng với công suất phức $\dot{S}_{AB}$. Suy ra công suất phức tiêu thụ trên tải 3 pha là:

$$\dot{S}_{3p} = 3 \cdot \dot{S}_{AB} = 3.6000 \angle 36^\circ 87' = 18000 \angle 36^\circ 87' [\text{VA}]$$

Hay: $\dot{S}_{3p} = 14400 + 10800j [\text{VA}] = 14,4 + 10,8j [\text{KVA}]$

Phương pháp 2: Áp dụng nguyên lý bảo toàn công suất.

Trên mỗi nhánh tải, ta có tổng trở phức là: $\bar{Z}_t = 16 + 12j [\Omega]$, thành phần điện trở của tải là $R = \text{Re}(\bar{Z}_t) = 16 \Omega$, thành phần cảm kháng của tải là: $X_L = \text{Im}(\bar{Z}_t) = 12 \Omega$, dòng hiệu dụng qua mỗi nhánh pha tải là: $I_{AB} = 10\sqrt{3} \text{ A}$. Suy ra các thành phần công suất tác dụng và phản kháng tiêu thụ trên tải 3 pha là:

$$P_{3p} = 3 \cdot R \cdot I_{AB}^2 = 3 \cdot 16 \cdot (10\sqrt{3})^2 = 14400 \text{ W}$$

$$Q_{3p} = 3 \cdot X_L \cdot I_{AB}^2 = 3 \cdot 12 \cdot (10\sqrt{3})^2 = 10800 \text{ VAR}$$

Tóm lại: $\dot{S}_{3p} = P_{3p} + jQ_{3p} = 14400 + 10800j [\text{VA}]$

Ví dụ 4.4:

Cho mạch 3 pha với nguồn áp 3 pha cân bằng, thứ tự thuận, có điện áp pha hiệu dụng phức $\dot{V}_{an} = 220 \angle 0^\circ [\text{V}]$, 50 Hz; tải 3 pha cân bằng đấu Δ cho tổng trở phức mỗi nhánh pha tải là: $\bar{Z}_t = R + jX_L$; tổng trở đường dây không đáng kể $\bar{Z}_d = 0 [\Omega]$. Nếu công suất tác dụng tiêu thụ trên tải 3 pha là 17424 W, và dòng dây hiệu dụng từ nguồn cấp đến tải là: $I_d = 44 \text{ A}$. Xác định:

- Thành phần cảm kháng X_L của tải.
- Công suất biểu kiến tổng phát bởi nguồn áp.

Giải:

- Thành phần cảm kháng X_L của tải.

🔗 Công suất tiêu thụ trên 3 pha là: $P_{3p} = 17424 \text{ W}$ và tải 3 pha cân bằng, suy ra công suất tác dụng tiêu thụ trên mỗi nhánh pha tải là:

$$P_{1p} = \frac{P_{3p}}{3} = \frac{17424}{3} = 5808 \text{ W}$$

✚ Với tải cân bằng, ứng với dòng dây hiệu dụng từ nguồn cấp đến tải là $I_d = 44 \text{ A}$, ta suy ra dòng pha hiệu dụng trên mỗi nhánh tải Δ là:

$$I_p = \frac{I_d}{\sqrt{3}} = \frac{44}{\sqrt{3}} \text{ A}$$

✚ Thành phần điện trở của mỗi nhánh pha tải là:

$$R = \frac{P_{1p}}{I_p^2} = \frac{5808}{\left(\frac{44}{\sqrt{3}}\right)^2} = 9 \Omega$$

✚ Tổng trở của mỗi nhánh pha tải là:

$$Z_t = |\bar{Z}_t| = \frac{V_{AB}}{I_p} = \frac{V_d}{I_p} = \frac{220\sqrt{3}}{\left(\frac{44}{\sqrt{3}}\right)} = 15 \Omega$$

✚ Thành phần điện kháng trên mỗi nhánh pha tải là:

$$X_L = \sqrt{Z_t^2 - R^2} = \sqrt{15^2 - 9^2} = 12 \Omega$$

b. Công suất biểu kiến tổng phát bởi nguồn áp.

Trong trường hợp của bài toán này, do tổng trở đường dây không đáng kể nên công suất biểu kiến tổng phát bởi nguồn bằng đúng công suất biểu kiến tổng tiêu thụ trên tải.

$$\text{Suy ra: } S_{3p} = 3.V_{AB}.I_{AB} = 3.V_d.I_p = 3.220.\sqrt{3}.\frac{44}{\sqrt{3}} = 29040 \text{ [VA]}$$

Chú ý: Chúng ta có thể tìm được kết quả bằng cách lý luận khác như sau: với $P_{3p} = 17424 \text{ W}$ và tổng trở phức của mỗi nhánh tải là:

$\bar{Z}_t = 9 + 12j \text{ } [\Omega]$ nên hệ số công suất tải là: $\cos \varphi = 0,6$ từ đó suy ra:

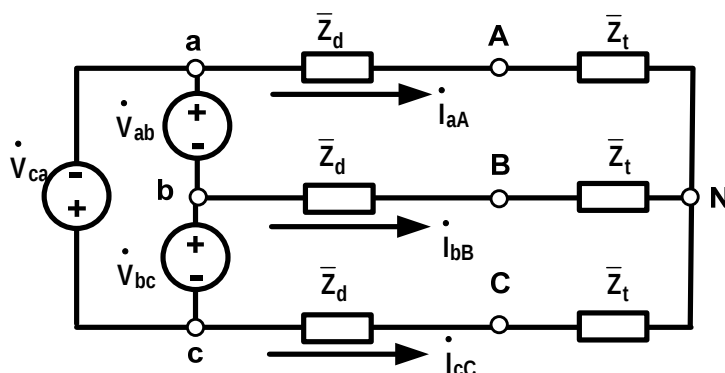
$$S_{3p} = \frac{P_{3p}}{\cos \varphi} = \frac{17424}{0,6} = 29040 \text{ VA}$$

4.2.3. TRƯỜNG HỢP NGUỒN Δ TẢI Y

Mạch điện tổng quát trình bày trong hình 4.19. Khi giải mạch để xác định các thông số của mạch chúng ta có thể áp dụng một trong các phương pháp sau đây:

✚ *Biến đổi nguồn áp 3 pha cân bằng từ dạng Δ sang dạng Y; để chuyển đổi mạch điện về dạng nguồn Y tải Y.*

 **Giải trực tiếp mạch điện bằng cách áp dụng phương trình dòng mắt lưới.**



HÌNH 4.19: Mạch 3 pha cân bằng nguồn Δ , tải Y.

Ví dụ 4.5:

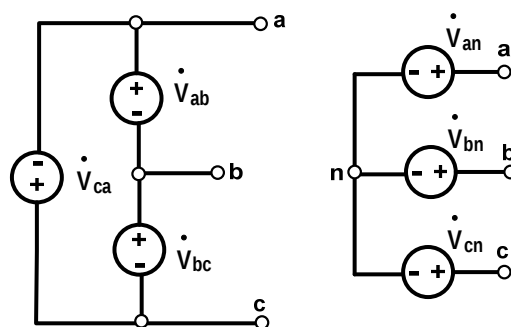
Cho mạch điện 3 pha như hình 4.19, có nguồn 3 pha cân bằng thứ tự thuận, đầu Δ , có điện áp dây hiệu dụng phức $\dot{V}_{ab} = 208 \angle 0^\circ$, tổng trở đường dây không đáng kể $\bar{Z}_d = 0$. Tải 3 pha cân bằng đầu Y, mỗi nhánh pha tải có tổng trở: $Z_t = 20 \text{ } [\Omega / \text{pha}]$, hệ số công suất 0,866 trễ. Xác định dòng dây phức $\dot{I}_{aA}$ cấp đến tải và công suất tác dụng tổng tiêu thụ trên tải.

Giải:

Xét nguồn áp 3 pha cân bằng đầu Δ giữa 3 nút a, b, c; giả sử nguồn áp 3 pha này đã được chuyển đổi sang nguồn 3 pha đầu Y giữa 3 nút a, b, c xem hình 4.20.

Các nguồn áp $\dot{V}_{ab}$;

$\dot{V}_{bc}$; $\dot{V}_{ca}$ trong sơ đồ Δ



HÌNH 4.20: Chuyển nguồn áp 3 pha Δ sang Y.

chính là áp dây phức của nguồn áp 3 pha đầu Y sau khi qui đổi. Tùy thuộc vào thứ tự thuận hay nghịch của nguồn áp 3 pha ta áp dụng các quan hệ (4.8) hay (4.10) để thực hiện các quan hệ qui đổi áp phức.

✚ Với nguồn áp 3 pha *thứ tự thuận*, ta có các quan hệ qui đổi như sau:

$$\begin{cases} \dot{V}_{ab} = V_d \angle 0^\circ \\ \dot{V}_{bc} = V_d \angle -120^\circ \\ \dot{V}_{ca} = V_d \angle -240^\circ \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} \dot{V}_{an} = \frac{V_d}{\sqrt{3}} \angle 0^\circ \\ \dot{V}_{bn} = \frac{V_d}{\sqrt{3}} \angle -150^\circ \\ \dot{V}_{cn} = \frac{V_d}{\sqrt{3}} \angle -270^\circ \end{cases}$$

✚ Với nguồn áp 3 pha *thứ tự nghịch*, ta có các quan hệ qui đổi như sau:

$$\begin{cases} \dot{V}_{ab} = V_d \angle 0^\circ \\ \dot{V}_{bc} = V_d \angle 120^\circ \\ \dot{V}_{ca} = V_d \angle 240^\circ \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} \dot{V}_{an} = \frac{V_d}{\sqrt{3}} \angle 0^\circ \\ \dot{V}_{bn} = \frac{V_d}{\sqrt{3}} \angle 150^\circ \\ \dot{V}_{cn} = \frac{V_d}{\sqrt{3}} \angle 270^\circ \end{cases}$$

✚ Với điều kiện của nguồn áp 3 pha cho trong đầu đề của ví dụ khi chuyển đổi nguồn từ Δ sang sơ đồ Y, ta có kết quả như sau:

$$\dot{V}_{an} = \frac{208}{\sqrt{3}} \angle -30^\circ = 120 \angle -30^\circ [\text{V}]$$

Từ số liệu của tổng trở mỗi pha tải ta suy ra tổng trở phức mỗi pha là: $\bar{Z}_t = 20 \angle 30^\circ [\Omega]$.

Áp dụng mạch tương đương 1 pha cho hệ thống nguồn Y tải Y (sau khi qui đổi nguồn); chúng ta có kết quả như sau:

$$\dot{I}_{aA} = \frac{\dot{V}_{an}}{\bar{Z}_t} = \frac{120 \angle -30^\circ}{20 \angle 30^\circ} = 6 \angle -60^\circ [\text{A}]$$

Dòng dây hiệu dụng từ nguồn cấp đến tải là 6A. Công suất tác dụng tổng tiêu thụ trên tải có thể được tính theo một trong các phương pháp như sau:

Phương pháp 1: Dùng công suất phức.

$$\dot{S}_{AN} = \dot{V}_{an} \cdot \dot{I}_{aA}^* = (120 \angle -30^\circ) \cdot (6 \angle 60^\circ) = 720 \angle 30^\circ \text{ VA}$$

$$\dot{S}_{AN} = 720 \cdot \left(\frac{\sqrt{3}}{2} + j \cdot \frac{1}{2} \right) [\text{VA}]$$

Công suất tác dụng tiêu thụ trên mỗi pha tải là:

$$P_{1p} = \text{Re}(\dot{S}) = 360 \cdot \sqrt{3} \cong 623,54 \text{ W}$$

Với tải 3 pha cân bằng công suất tác dụng tổng của tải là:

$$P_{3p} = 3 \cdot P_{1p} = 3 \cdot 623,54 \cong 1871 \text{ W}$$

Phương pháp 2: Áp dụng quan hệ: $P_{3p} = \sqrt{3} \cdot V_d \cdot I_d \cdot \cos \varphi$ trong mạch 3 pha cân bằng.

Trong đó:

➡ Áp dây cấp đến tải là: $\left| \dot{V}_{ab} \right| = V_d = 208 \text{ V}$.

➡ Dòng dây hiệu dụng cấp đến tải là: $\left| \dot{I}_{aA} \right| = I_d = 6 \text{ A}$

➡ Hệ số công suất của tải là: $\cos \varphi = 0,866$.

Suy ra: $P_{3p} = \sqrt{3} \cdot 208 \cdot 6 \cdot 0,866 = 1871,94 \text{ W} \cong 1872 \text{ W}$

Phương pháp 3: Áp dụng quan hệ: $P_{3p} = 3 \cdot \text{Re}(\bar{Z}_t) \cdot I_p^2$, ta có kết quả như sau:

$$P_{3p} = 3 \cdot (20 \cdot \cos 30^\circ) \cdot 6^2 = 3 \cdot 20 \cdot 0,866 \cdot 6^2 = 1870,56 \cong 1871 \text{ W}$$

4.2.4. TRƯỜNG HỢP NGUỒN Δ - TẢI Δ

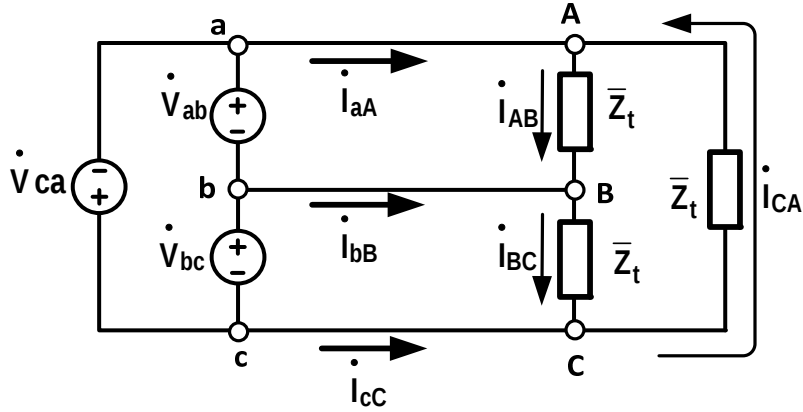
Trong trường hợp này, có thể áp dụng một trong các phương pháp sau để giải mạch:

- ✚ Giải trực tiếp mạch điện dùng phương trình dòng mắt lưới.
- ✚ Giữ nguyên nguồn áp 3 pha dạng Δ và biến đổi tải Δ sang dạng Y; đưa bài toán về trường hợp nguồn Δ tải Y.
- ✚ Biến đổi nguồn áp 3 pha từ dạng Δ sang dạng Y; giữ nguyên tải dạng Δ ; đưa bài toán về trường hợp nguồn Y tải Δ .
- ✚ Biến đổi cả nguồn và tải từ dạng Δ sang dạng Y; đưa bài toán về dạng nguồn Y tải Y.

Ví dụ 4.6:

Cho mạch điện 3 pha trong hình 4.21, nguồn áp 3 pha cân bằng thứ tự thuận, đầu Δ , có áp dây hiệu dụng phức: $\dot{V}_{ab} = 380 \angle 0^\circ [\text{V}]$, đường dây không tổng trở. Tải 3 pha cân bằng đầu Δ , mỗi nhánh pha tải có tổng trở: $\bar{Z}_t = 20 - 15j [\Omega]$. Xác định:

- Dòng phức qua mỗi nhánh pha của tải.
- Các dòng phức của mỗi dây.



HÌNH 4.21: Mạch 3 pha cân bằng nguồn Δ , tải Δ .

Giải:

- Dòng phức qua mỗi nhánh pha của tải.

Điện áp dây: $\dot{V}_{ab} = \dot{V}_{AB} = 380 \angle 0^\circ [\text{V}]$

Các dòng phức của mỗi pha:

$$\dot{I}_{AB} = \frac{\dot{V}_{AB}}{\bar{Z}_t} = \frac{380 \angle 0^\circ}{20 - 15j} = 15,2 \angle 36,87^\circ [\text{A}]$$

$$\dot{I}_{BC} = \frac{\dot{V}_{BC}}{\bar{Z}_t} = \frac{380 \angle -120^\circ}{20 - 15j} = 15,2 \angle -83,13^\circ [\text{A}]$$

$$\dot{I}_{CA} = \frac{\dot{V}_{CA}}{\bar{Z}_t} = \frac{380 \angle 120^\circ}{20 - 15j} = 15,2 \angle 156,87^\circ [\text{A}]$$

- Các dòng phức của mỗi dây

$$\dot{I}_{aA} = \dot{I}_{AB} - \dot{I}_{CA} = 26,33 \angle 6,87^\circ [\text{A}]$$

$$\dot{I}_{bB} = \dot{I}_{BC} - \dot{I}_{AB} = 26,33 \angle -113,13^\circ [\text{A}]$$

$$\dot{I}_{cC} = \dot{I}_{CA} - \dot{I}_{BC} = 26,33 \angle 126,87^\circ [\text{A}]$$

Chú ý: Mạch 3 pha nguồn Δ tải Δ cân bằng thứ tự thuận thì quan hệ giữa dòng dây và dòng pha là: $\dot{I}_{aA} = \dot{I}_{AB} \sqrt{3} \angle -30^\circ [\text{A}]$.

4.3. PHƯƠNG PHÁP GIẢI MẠCH ĐIỆN 3 PHA KHÔNG CÂN BẰNG

4.3.1. TRƯỜNG HỢP NGUỒN Y TẢI Y

Với bài toán mạch 3 pha có nguồn áp 3 pha cân bằng đầu Y và phụ tải không cân bằng đầu Y; ta có hai trường hợp:

✚ Trung tính nguồn cách ly trung tính tải.

✚ Trung tính nguồn nối liền trung tính tải bằng dây dẫn có tổng trở không đáng kể.

Với mạch 3 pha nguồn Y tải Y, không cân bằng, trung tính nguồn cách ly trung tính tải; muốn giải mạch chúng ta áp dụng phương trình điện thế nút. Với bài toán này, trung tính nguồn và trung tính tải không đẳng thế, các áp pha trên mỗi nhánh pha tải đầu Y có giá trị không bằng nhau đồng thời dòng dây từ nguồn cấp đến tải có giá trị không bằng nhau.

Điều quan trọng cần chú ý là góc lệch pha giữa các áp pha trên tải và góc lệch pha giữa các dòng dây cấp đến tải.

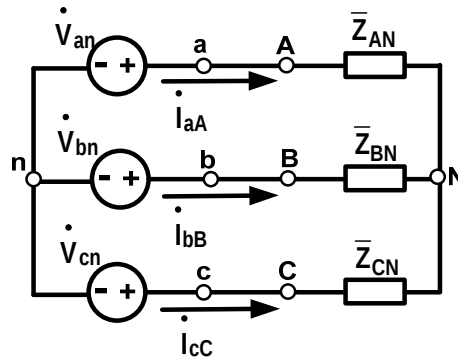
Ví dụ 3.7:

Cho mạch điện 3 pha trong hình 4.22 gồm: nguồn áp 3 pha cân bằng đầu Y có các áp dây hiệu dụng phức là:

$$\dot{V}_{ab} = 208 \angle 240^\circ [\text{V}],$$

$$\dot{V}_{bc} = 208 \angle 0^\circ [\text{V}],$$

$$\dot{V}_{ca} = 208 \angle 120^\circ [\text{V}].$$



HÌNH 4.22: Mạch 3 pha nguồn đầu Y, tải đầu Y

Tổng trở đường dây không đáng kể, tải đầu Y không cân bằng: $\bar{Z}_{AN} = 6 \angle 0^\circ [\Omega]$; $\bar{Z}_{BN} = 6 \angle 30^\circ [\Omega]$; $\bar{Z}_{CN} = 5 \angle 45^\circ [\Omega]$. Xác định:

- Áp hiệu dụng giữa trung tính nguồn n và trung tính tải N.
- Dòng phức và hiệu dụng qua mỗi nhánh pha tải.
- Công suất phức tổng cấp cho tải 3 pha.

Giải:

- Áp hiệu dụng giữa trung tính nguồn n và trung tính tải N

Chọn trung tính nguồn n làm nút chuẩn, gọi $\dot{V}_N$ là áp phức tại N, phương trình điện thế nút tại N là:

$$\frac{\dot{V}_N - \dot{V}_{an}}{\bar{Z}_{AN}} + \frac{\dot{V}_N - \dot{V}_{bn}}{\bar{Z}_{BN}} + \frac{\dot{V}_N - \dot{V}_{cn}}{\bar{Z}_{CN}} = 0$$

$$\text{Hay: } \dot{V}_N \cdot \left(\frac{1}{\bar{Z}_{AN}} + \frac{1}{\bar{Z}_{BN}} + \frac{1}{\bar{Z}_{CN}} \right) = \frac{\dot{V}_{an}}{\bar{Z}_{AN}} + \frac{\dot{V}_{bn}}{\bar{Z}_{BN}} + \frac{\dot{V}_{cn}}{\bar{Z}_{CN}}$$

$$\text{Tóm lại: } \dot{V}_N = \frac{\left(\frac{\dot{V}_{an}}{\bar{Z}_{AN}} + \frac{\dot{V}_{bn}}{\bar{Z}_{BN}} + \frac{\dot{V}_{cn}}{\bar{Z}_{CN}} \right)}{\left(\frac{1}{\bar{Z}_{AN}} + \frac{1}{\bar{Z}_{BN}} + \frac{1}{\bar{Z}_{CN}} \right)}$$

$$\text{Đặt: } D_1 = \left(\frac{\dot{V}_{an}}{\bar{Z}_{AN}} + \frac{\dot{V}_{bn}}{\bar{Z}_{BN}} + \frac{\dot{V}_{cn}}{\bar{Z}_{CN}} \right) \quad ; \quad D_2 = \left(\frac{1}{\bar{Z}_{AN}} + \frac{1}{\bar{Z}_{BN}} + \frac{1}{\bar{Z}_{CN}} \right)$$

Ta có:

$$\begin{cases} \dot{V}_{ab} = 208 \angle 240^\circ \\ \dot{V}_{bc} = 208 \angle 0^\circ \\ \dot{V}_{ca} = 208 \angle 120^\circ \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} \dot{V}_{an} = 120 \angle 270^\circ \\ \dot{V}_{bn} = 120 \angle 30^\circ \\ \dot{V}_{cn} = 120 \angle 150^\circ \end{cases}$$

Suy ra:

$$D_1 = \frac{120 \angle 270^\circ}{6 \angle 0^\circ} + \frac{120 \angle 30^\circ}{6 \angle 30^\circ} + \frac{120 \angle 150^\circ}{5 \angle 45^\circ} = 13,78834 + 3,18222j$$

$$D_2 = \frac{1}{6 \angle 0^\circ} + \frac{1}{6 \angle 30^\circ} + \frac{1}{5 \angle 45^\circ} = 0,45243 - 0,22475j$$

Suy ra:

$$\dot{V}_N = \frac{13,78834 + 3,18222j}{0,452425 - 0,22475j} = 28,012 \angle 39,413^\circ \text{ V}$$

b. Dòng phức và hiệu dụng qua mỗi nhánh pha tải.

✚ Dòng phức qua pha tải AN:

$$\dot{I}_{aA} = \frac{\dot{V}_{an} - \dot{V}_N}{\bar{Z}_{AN}} = \frac{120 \angle 270^\circ - (21,642 + 17,785j)}{6 \angle 0^\circ}$$

$$\dot{I}_{aA} = -3,6069 - 22,964j = 23,2456 \angle -98^\circ 93 [\text{A}]$$

✚ Dòng phức qua pha tải BN:

$$\dot{I}_{bB} = \frac{\dot{V}_{bn} - \dot{V}_N}{\bar{Z}_{BN}} = \frac{120 \angle 30^\circ - (21,642 + 17,785j)}{6 \angle 30^\circ}$$

$$\dot{I}_{bB} = 15,3943 - 0,7635j = 15,413 \angle -2^\circ 84 [\text{A}]$$

✚ Dòng phức qua pha tải CN:

$$\dot{I}_{cC} = \frac{\dot{V}_{cn} - \dot{V}_N}{\bar{Z}_{CN}} = \frac{120 \angle 150^\circ - (21,642 + 17,785j)}{5 \angle 45^\circ}$$

$$\dot{I}_{cC} = -11,7874 + 23,7277j = 26,494 \angle 116^\circ 42 [\text{A}]$$

c. Công suất phức tổng cấp cho tải 3 pha

✚ Công suất phức tiêu thụ trên nhánh tải AN:

$$\dot{S}_A = \dot{V}_{AN} \cdot \dot{I} = \bar{Z}_{AN} \cdot \dot{I}_{aA} \cdot \dot{I}_{aA}^* = \bar{Z}_{AN} \cdot \left| \dot{I}_{aA} \right|^2$$

$$\dot{S}_A = 6 \cdot 23,2456^2 = 3242,15 [\text{VA}]$$

✚ Công suất phức tiêu thụ trên nhánh tải BN:

$$\dot{S}_B = \dot{V}_{BN} \cdot \dot{I}_{bB} = \bar{Z}_{BN} \cdot \dot{I}_{bB} \cdot \dot{I}_{bB}^* = \bar{Z}_{BN} \cdot \left| \dot{I}_{bB} \right|^2$$

$$\dot{S}_B = (5,19615 + 3j) \cdot 15,413^2 \cong (1234,43 + 712,7j) [\text{VA}]$$

✚ Công suất phức tiêu thụ trên nhánh tải CN:

$$\dot{S}_C = \dot{V}_{CN} \cdot \dot{I}_{cC}^* = \bar{Z}_{CN} \cdot \dot{I}_{cC} \cdot \dot{I}_{cC}^* = \bar{Z}_{CN} \cdot \left| \dot{I}_{cC} \right|^2$$

$$\dot{S}_C = (3,53553 + 3,53553j) \cdot 26,494^2 \approx (2481,74 + 2481,74j) [\text{VA}]$$

🌈 Công suất phức tổng tiêu thụ trên tải 3 pha không cân bằng:

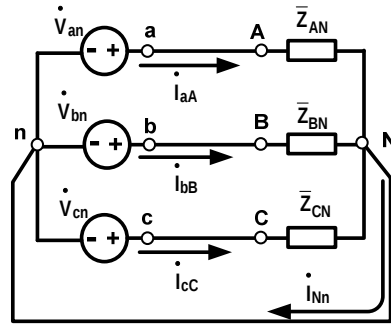
$$\dot{S}_t = \dot{S}_A + \dot{S}_B + \dot{S}_C \approx 6958 + 3194j \approx 7656 \angle 24,66^\circ [\text{VA}]$$

Ví dụ 3.8:

Cho mạch điện ba pha như hình 4.23. Giải lại bài toán cho trong ví dụ 4.7, với điều kiện *trung tính tải N* nói đến *trung tính nguồn n* bằng *dây trung tính có tổng trở $Z_d = 0\Omega$* .

Giải:

Khi nối trung tính tải và trung tính nguồn bằng đường dây có tổng trở không đáng kể.



HÌNH 4.23: Mạch 3 pha nguồn đấu Y, tải đấu Y

Gọi $\dot{V}_{Nn}$ là áp giữa hai trung tính và $\dot{I}_{Nn}$ là dòng đi từ trung tính tải N đến trung tính nguồn n; theo định luật Ohm ta có quan hệ:

$\dot{V}_{Nn} = \dot{I}_{Nn} \cdot \bar{Z}$; ngoài ra theo định luật Kichhoff1 ta có:

$$\dot{I}_{Nn} = \dot{I}_{aA} + \dot{I}_{bB} + \dot{I}_{cC}.$$

Vì $Z_d = 0$ *bất chấp giá trị I_{Nn} ta luôn có áp $V_{Nn} = 0$* ; nói khác đi *trung tính nguồn và trung tính tải đẳng thế*. Trong trường hợp này, mặc dù *mạch 3 pha không cân bằng* nhưng chúng ta *vẫn có thể thay mạch 3 pha không cân bằng bằng 3 mạch 1 pha tương đương*. Phương pháp tính được thực hiện tương tự như đã trình bày trong mục 4.2.1 và hình 4.10. Ta có các kết quả sau:

$$\dot{I}_{aA} = \frac{\dot{V}_{an}}{\bar{Z}_A} = \frac{120 \angle 270^\circ}{6 \angle 0^\circ} = 20 \angle 270^\circ = -20j [\text{A}]$$

$$\dot{I}_{bB} = \frac{\dot{V}_{bn}}{\bar{Z}_B} = \frac{120 \angle 30^\circ}{6 \angle 30^\circ} = 20 \angle 0^\circ = 20 [\text{A}]$$

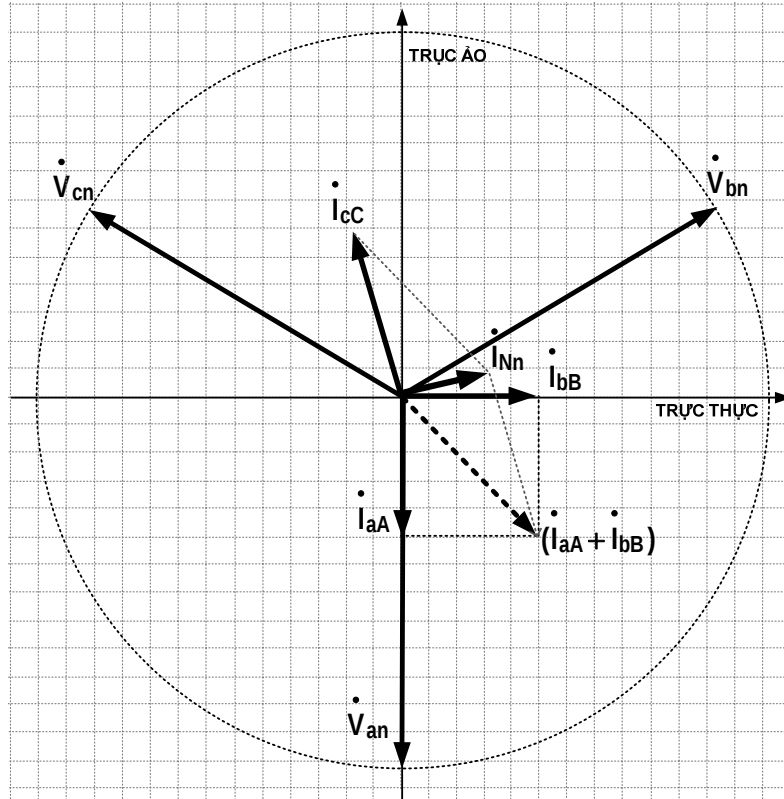
$$\dot{i}_{cC} = \frac{\dot{V}_{cn}}{\bar{Z}_C} = \frac{120 \angle 150^\circ}{5 \angle 45^\circ} = 24 \angle 105^\circ [\text{A}]$$

Dòng phức qua dây trung tính được xác định theo quan hệ:

$$\dot{i}_N = \dot{i}_{aA} + \dot{i}_{bB} + \dot{i}_{cC} = -20j + 20 + (-6,2117 + 23,1822.j)$$

$$\dot{i}_N = 13,7883 + 3,1822.j \approx 14,151 \angle 13^\circ [\text{A}]$$

Dòng hiệu dụng qua dây trung tính là 14,16 A.



HÌNH 4.24: Giản đồ vector phase dòng và áp trong ví dụ 4.8.

Chú ý: Trong ví dụ 4.8, mặc dù mạch 3 pha không cân bằng nhưng có thêm các điều kiện: tổng trở đường dây không đáng kể và trung tính nguồn nối đến trung tính tải; nên áp đặt lên hai đầu của từng pha tải đầu Y chính là các áp pha nguồn. Áp dụng kết quả này chúng ta xác định công suất phức cho từng pha tải.

🌈 Công suất phức tiêu thụ trên pha tải AN:

$$\dot{S}_{AN} = \bar{Z}_{AN} \cdot I_{aA}^2 = (6 + j.0) \cdot 20^2 = 2400 + 0.j \text{ [VA]}$$

✚ Công suất phức tiêu thụ trên pha tải BN:

$$\dot{S}_{BN} = \bar{Z}_{BN} \cdot I_{bB}^2 = (6 \angle 30^\circ) \cdot 20^2 = 2400 \angle 30^\circ \text{ [VA]}$$

$$\dot{S}_{BN} \approx (2078,46 + 1200.j) \text{ [VA]}$$

✚ Công suất phức tiêu thụ trên pha tải CN:

$$\dot{S}_{CN} = \dot{V}_{CN} \cdot \dot{I}_{cC}^* = \bar{Z}_{CN} \cdot \dot{I}_{cC} \cdot \dot{I}_{cC}^* = \bar{Z}_{CN} \cdot I_{cC}^2 = (5 \angle 45^\circ) \cdot 24^2$$

$$\dot{S}_{CN} = 2880 \angle 45^\circ \approx (2036,47 + 2036,47.j) \text{ [VA]}$$

✚ Công suất phức tiêu thụ trên tải 3 pha hay được cấp bởi nguồn áp 3 pha là:

$$\dot{S}_t = \dot{S}_{AN} + \dot{S}_{BN} + \dot{S}_{CN}$$

$$\dot{S}_t \approx 6515 + 3236,47.j \approx 7274,61 \angle 26^\circ 41' \text{ [VA]}$$

4.3.2. TRƯỜNG HỢP NGUỒN Y - TÀI Δ

Với bài toán mạch 3 pha có nguồn áp 3 pha cân bằng đầu Y và phụ tải không cân bằng đầu Δ; có hai trường hợp:

✚ Tổng trở đường dây đáng kể.

✚ Tổng trở đường dây không đáng kể.

Với mạch 3 pha nguồn Y tải Δ, không cân bằng, $\bar{Z}_d \neq 0$; muốn giải mạch chúng ta áp dụng phương trình dòng mắt lưới.

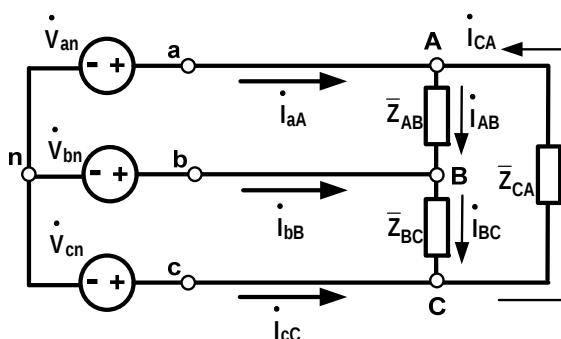
Trong trường hợp $\bar{Z}_d = 0$ mạch 3 pha cân bằng được giải trực tiếp nhanh chóng bằng cách áp dụng định luật Ohm; vì lúc này áp dây nguồn đang cấp trực tiếp vào 2 đầu của mỗi nhánh pha tải Δ. Điều quan trọng cần chú ý khi giải bài toán này là quan hệ giữa dòng pha qua tải và dòng dây cấp đến tải.

Ví dụ 3.9:

Cho mạch điện 3 pha như hình 4.25. Biết điện áp pha hiệu dụng phức $\dot{V}_{an} = 200 \angle 0^\circ \text{ [V]}$; đường dây không tổng trở $\bar{Z}_d = 0$; tải 3 pha không cân bằng đầu Δ với tổng trở mỗi pha tải là: $\bar{Z}_{AB} = 16 + 12j \text{ [}\Omega\text{]}$; $\bar{Z}_{BC} = 20 \text{ [}\Omega\text{]}$; $\bar{Z}_{CA} = 20j \text{ [}\Omega\text{]}$.

Xác định:

- Dòng pha phức qua mỗi nhánh tải.
- Dòng dây phức từ nguồn đến tải.
- Công suất phức tiêu thụ trên tải.



Giải:

- Dòng pha phức qua mỗi nhánh tải

HÌNH 4.25: Mạch 3 pha nguồn đầu Y, tải đầu Δ

Khi tổng trở đường dây $\bar{Z}_d = 0$, các điểm a và A đẳng thế, tương tự cho trường hợp b và B cũng như c và C. Áp dụng định luật Ohm ta có:

🔧 Dòng pha phức qua nhánh pha tải AB:

$$\dot{I}_{AB} = \frac{\dot{V}_{AB}}{\bar{Z}_{AB}} = \frac{\dot{V}_{ab}}{\bar{Z}_{AB}} = \frac{200\sqrt{3} \angle 30^\circ}{16 + 12j} = 10\sqrt{3} \angle -60.87^\circ [\text{A}]$$

🔧 Dòng pha phức qua nhánh pha tải BC:

$$\dot{I}_{BC} = \frac{\dot{V}_{BC}}{\bar{Z}_{BC}} = \frac{\dot{V}_{bc}}{\bar{Z}_{BC}} = \frac{200\sqrt{3} \angle -90^\circ}{20} = -10\sqrt{3}j [\text{A}]$$

🔧 Dòng pha phức qua nhánh pha tải CA:

$$\dot{I}_{CA} = \frac{\dot{V}_{CA}}{\bar{Z}_{CA}} = \frac{\dot{V}_{ca}}{\bar{Z}_{CA}} = \frac{200\sqrt{3} \angle -210^\circ}{20j} = 10\sqrt{3} \angle 60^\circ [\text{A}]$$

- Dòng dây phức từ nguồn đến tải

Áp dụng định luật Kirchhoff 1 tại các nút A, B, C hay các quan hệ (4.33) đến (4.35) ta có:

🔧 Dòng dây phức từ a đến A:

$$\begin{aligned} \dot{I}_{aA} &= \dot{I}_{AB} - \dot{I}_{CA} = 10\sqrt{3} \angle -60.87^\circ - 10\sqrt{3} \angle 60^\circ \\ \dot{I}_{aA} &\approx 19,087 \angle -63.44^\circ [\text{A}] \end{aligned}$$

🔧 Dòng dây phức từ b đến B:

$$\dot{I}_{bB} = \dot{I}_{BC} - \dot{I}_{AB} = 10\sqrt{3}.j - 10\sqrt{3} \angle 60^\circ 87$$

$$\dot{I}_{bB} \approx 22,983 \angle 138^\circ 44 \text{ [A]}$$

✚ Dòng dây phức từ a đến A:

$$\dot{I}_{cC} = \dot{I}_{CA} - \dot{I}_{BC} = 10\sqrt{3} \angle 60^\circ - 10\sqrt{3}.j$$

$$\dot{I}_{aA} \approx 8,966 \angle -15^\circ \text{ [A]}$$

c. Công suất phức tiêu thụ trên tải.

✚ Công suất phức tiêu thụ trên nhánh tải AB:

$$\dot{S}_{AB} = \dot{V}_{ab} \cdot \dot{I}_{AB}^* = \bar{Z}_{AB} \cdot \dot{I}_{AB} \cdot \dot{I}_{AB}^* = \bar{Z}_{AB} \cdot \left| \dot{I}_{AB} \right|^2 = (16 + 12j) \cdot (10\sqrt{3})^2$$

$$\dot{S}_{AB} = 6000 \angle 36^\circ 87 \text{ [VA]}$$

✚ Công suất phức tiêu thụ trên nhánh tải BC:

$$\dot{S}_{BC} = \dot{V}_{bc} \cdot \dot{I}_{BC}^* = \bar{Z}_{BC} \cdot \dot{I}_{BC} \cdot \dot{I}_{BC}^* = \bar{Z}_{BC} \cdot \left| \dot{I}_{BC} \right|^2 = (20) \cdot (10\sqrt{3})^2$$

$$\dot{S}_{BC} = 6000 \angle 0^\circ \text{ [VA]}$$

✚ Công suất phức tiêu thụ trên nhánh tải AC:

$$\dot{S}_{CA} = \dot{V}_{ca} \cdot \dot{I}_{CA}^* = \bar{Z}_{CA} \cdot \dot{I}_{CA} \cdot \dot{I}_{CA}^* = \bar{Z}_{CA} \cdot \left| \dot{I}_{CA} \right|^2 = (20j) \cdot (10\sqrt{3})^2$$

$$\dot{S}_{CA} = 6000 \angle 90^\circ \text{ [VA]}$$

✚ Công suất phức tổng tiêu thụ tải 3 pha:

$$\dot{S}_t = \dot{S}_{AB} + \dot{S}_{BC} + \dot{S}_{CA} = (4800 + 3600.j) + 6000 + 6000j$$

$$\dot{S}_t \approx 14450 \angle 41^\circ 63 \text{ [VA]} \approx 14,45 \angle 41^\circ 63 \text{ [KVA]}$$

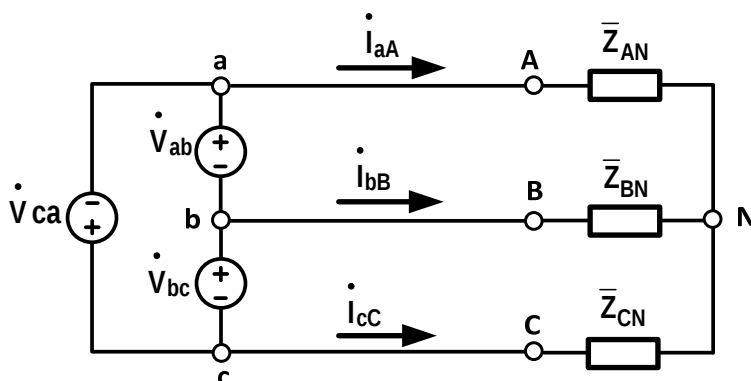
4.3.3. TRƯỜNG HỢP NGUỒN Δ - TẢI Y

Với bài toán mạch 3 pha có nguồn áp 3 pha cân bằng đầu Δ và phụ tải không cân bằng đầu Y; ta chuyển nguồn áp 3 pha cân bằng đầu Δ về dạng nguồn áp 3 pha cân bằng đầu Y. Cần chú ý độ lớn và góc pha giữa áp dây và áp pha.

Bài toán trở về mạch 3 pha có nguồn áp 3 pha cân bằng đầu Y và phụ tải không cân bằng đầu Y, đã được trình bày ở mục 4.6.

Ví dụ 4.10:

Cho mạch điện 3 pha như hình 4.26 gồm: nguồn áp 3 pha cân bằng đầu Y có các áp dây hiệu dụng phức: $\dot{V}_{ab} = 208 \angle 240^\circ [\text{V}]$, $\dot{V}_{bc} = 208 \angle 0^\circ [\text{V}]$, $\dot{V}_{ca} = 208 \angle 120^\circ [\text{V}]$. Tổng trở đường dây không đáng kể, tải đầu Y không cân bằng: $\bar{Z}_{AN} = 6 \angle 0^\circ [\Omega]$; $\bar{Z}_{BN} = 6 \angle 30^\circ [\Omega]$; $\bar{Z}_{CN} = 5 \angle 45^\circ [\Omega]$. Xác định dòng phức và hiệu dụng qua mỗi nhánh pha tải.



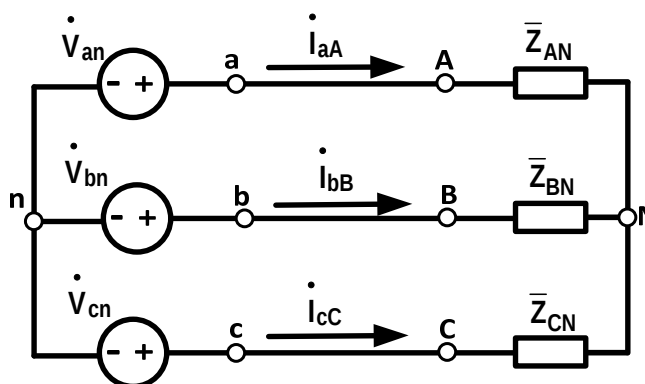
HÌNH 4.26: Mạch 3 pha nguồn đầu Δ , tải đầu Y

Giải:

Nguồn áp 3 pha cân bằng đầu Δ khi chuyển thành nguồn áp 3 pha cân bằng đầu Y, ta có quan hệ giữa áp dây và áp pha như sau:

$$\begin{cases} \dot{V}_{ab} = 208 \angle 240^\circ \\ \dot{V}_{bc} = 208 \angle 0^\circ \\ \dot{V}_{ca} = 208 \angle 120^\circ \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} \dot{V}_{an} = 120 \angle 270^\circ \\ \dot{V}_{bn} = 120 \angle 30^\circ \\ \dot{V}_{cn} = 120 \angle 150^\circ \end{cases}$$

Bài toán trở về mạch điện 3 pha có nguồn áp 3 pha cân bằng đầu Y và phụ tải không cân bằng đầu Y hình 4.27 (xem lại cách giải ở ví dụ 4.7).



HÌNH 4.27: Mạch 3 pha nguồn đầu Y, tải đầu Y

4.3.4. TRƯỜNG HỢP NGUỒN Δ - TẢI Δ

Với bài toán mạch 3 pha có *nguồn áp 3 pha cân bằng đầu Δ* và *phụ tải không cân bằng đầu Δ* ; có hai trường hợp:

✚ Tổng trở đường dây *đáng kể* $\bar{Z}_d \neq 0$; muốn giải mạch chúng ta *áp dụng phương trình dòng mắt lưới*.

✚ Tổng trở đường dây *không đáng kể* $\bar{Z}_d = 0$ mạch 3 pha cân bằng được giải trực tiếp nhanh chóng bằng cách áp dụng định luật Ohm; vì lúc này *áp dây nguồn đang cấp trực tiếp vào 2 đầu của mỗi nhánh pha tải Δ* . Điều quan trọng cần chú ý khi giải bài toán này là quan hệ giữa *dòng pha qua tải* và *dòng dây cấp đến tải*.

Ví dụ 4.11:

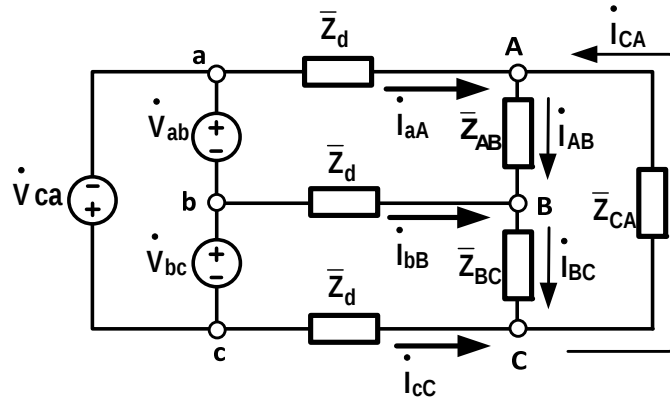
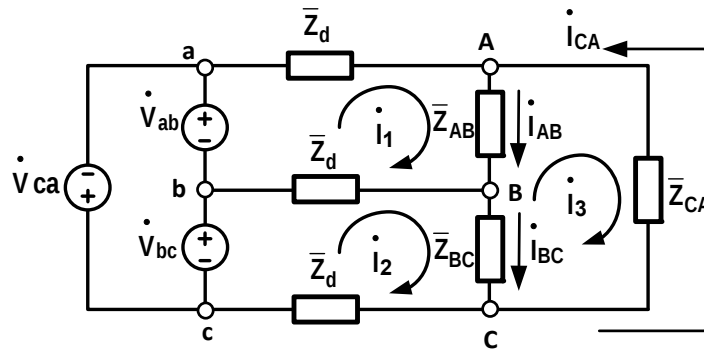
Cho mạch điện 3 pha như hình 4.28, biết các điện áp hiệu dụng phức: $\dot{V}_{ab} = 100 \angle 0^\circ$ [V]; $\dot{V}_{bc} = 100 \angle -120^\circ$ [V]; $\dot{V}_{ca} = 100 \angle 120^\circ$ [V]; đường dây có tổng trở $\bar{Z}_d = 5$ [Ω]; tải 3 pha không cân bằng đầu Δ với tổng trở mỗi nhánh pha tải là: $\bar{Z}_{AB} = 8 - 6j$ [Ω]; $\bar{Z}_{BC} = 10$ [Ω]; $\bar{Z}_{CA} = 4 + 3j$ [Ω]. Xác định:

- Dòng pha phức qua mỗi nhánh tải.
- Công suất tác dụng tiêu thụ trên tải 3 pha.

Giải:

- Dòng pha phức qua mỗi nhánh tải

Đường dây *tổng trở* $\bar{Z}_d \neq 0$; để giải mạch chúng ta *áp dụng phương trình dòng mắt lưới* cho mạch 3 pha hình 4.29.


 HÌNH 4.28: Mạch 3 pha nguồn đầu Δ , tải đầu Δ

 HÌNH 4.29: Mạch 3 pha nguồn đầu Δ , tải đầu Δ

Phương trình mắc lưới 1:

$$(18 - 6j)\dot{I}_1 - 5\dot{I}_2 - (8 - 6j)\dot{I}_3 = 100 \quad (4.36)$$

Phương trình mắc lưới 2:

$$-5\dot{I}_1 + 20\dot{I}_2 - 10\dot{I}_3 = 100\angle -120^\circ$$

Hay: $-\dot{I}_1 + 4\dot{I}_2 - 2\dot{I}_3 = 20\angle -120^\circ \quad (4.37)$

Phương trình mắc lưới 3:

$$-(8 - 6j)\dot{I}_1 - 10\dot{I}_2 - (22 - 3j)\dot{I}_3 = 0 \quad (4.38)$$

Nhân hai vế phương trình (4.36) với 2, ta có:

$$(36 - 12j)\dot{I}_1 - 10\dot{I}_2 - (16 - 12j)\dot{I}_3 = 200 \quad (4.39)$$

Lấy phương trình (4.39) trừ vế theo vế cho phương trình (4.38), ta được:

$$(44 - 18j)\dot{I}_1 - (38 - 15j)\dot{I}_3 = 200 \quad (4.40)$$

Nhân hai vế phương trình (4.37) với $\frac{5}{4}$, ta có:

$$-1,25\dot{I}_1 + 5\dot{I}_2 - 2,5\dot{I}_3 = 25\angle -120^\circ \quad (4.41)$$

Lấy phương trình (4.36) trừ vế theo vế cho phương trình (4.41), ta được:

$$(16,75 - 6j)\dot{I}_1 - (10,5 - 6j)\dot{I}_3 = 87,5 - 21,65j \quad (4.42)$$

Từ phương trình (4.40) và phương trình (4.42) ta có hệ phương trình:

$$\begin{cases} (44 - 18j)\dot{I}_1 - (38 - 15j)\dot{I}_3 = 200 \\ (16,75 - 6j)\dot{I}_1 - (10,5 - 6j)\dot{I}_3 = 87,5 - 21,65j \end{cases} \quad (4.43)$$

Giải hệ phương trình (4.43) được các dòng phức:

$$\dot{I}_1 = 5,242 - 4,144j \quad [A]$$

$$\dot{I}_3 = 1,485 - 6,694j \quad [A]$$

$$\dot{I}_2 = -0,447 - 8,713j \quad [A].$$

Các dòng pha phức của mỗi nhánh:

$$\dot{I}_{AB} = \dot{I}_1 - \dot{I}_3 = 3,756 + 2,551j = 4,54\angle 34,18^\circ \quad [A]$$

$$\dot{I}_{BC} = \dot{I}_2 - \dot{I}_3 = -1,932 - 2,019j = 2,79\angle -133,74^\circ \quad [A]$$

$$\dot{I}_{CA} = -\dot{I}_3 = -1,485 + 6,694j = 6,86\angle 102,51^\circ \quad [A]$$

b. Công suất tác dụng tiêu thụ trên tải 3 pha

🔗 Công suất trên tải $\bar{Z}_{AB} = 8 - 6j [\Omega]$:

$$P_{AB} = 8.(4,54)^2 = 164,89 \text{ W}$$

🔗 Công suất trên tải $\bar{Z}_{BC} = 10 [\Omega]$:

$$P_{BC} = 10.(2,79)^2 = 77,84 \text{ W}$$

🚦 Công suất trên tải $\bar{Z}_{CA} = 4 + 3j [\Omega]$:

$$P_{CA} = 4 \cdot (6,86)^2 = 188,24 \text{ W}$$

Công suất tác dụng tiêu thụ tổng trên tải 3 pha:

$$P = P_{AB} + P_{BC} + P_{CA} = 430,97 \text{ W}$$

BAI TẬP CHƯƠNG 4

Bài tập 4.1

Cho nguồn áp 3 pha cân bằng thứ tự thuận, đầu Y, biết điện áp pha hiệu dụng phức $\dot{V}_{bn} = 200 \angle 0^\circ [V]$, trung tính nguồn n nối vào trung tính N của tải; tổng trở của các đường dây từ nguồn đến tải không đáng kể. Tải 3 pha không cân bằng đầu Y, cho: $\bar{Z}_{CN} = 10[\Omega]$; $\bar{Z}_{BN} = 10j[\Omega]$; $\bar{Z}_{AN} = 8 + 6j[\Omega]$. Tính:

- Dòng dây phức $\dot{I}_{aA}$ cấp đến tải.
- Công suất biểu kiến cung cấp cho tải $\bar{Z}_{CN}$.
- Dòng hiệu dụng qua dây trung tính nN.

Đáp số: a. $20 \angle 83,13^\circ [A]$; b. 4 KVA; c. 19,05 A

Bài tập 4.2

Cho nguồn áp 3 pha cân bằng thứ tự thuận đầu Y, biết điện áp pha hiệu dụng phức $\dot{V}_{bn} = 208 \angle 0^\circ [V]$; $\bar{Z}_d = 0 [\Omega]$; tải 3 pha cân bằng đầu Δ , tổng trở pha tải là $\bar{Z}_p = 24 + 36j [\Omega]$. Xác định:

- Áp dây phức $\dot{V}_{AB}$.
- Dòng dây phức $\dot{I}_{aA}$.

Đáp số: a. $360 \angle 150^\circ [V]$; b. $14,42 \angle 63,69^\circ [A]$

Bài tập 4.3

Cho nguồn áp 3 pha cân bằng thứ tự thuận đầu Y, biết điện áp pha hiệu dụng phức $\dot{V}_{cn} = 240 \angle -120^\circ [V]$; $\bar{Z}_d = 0 [\Omega]$; tải 3 pha cân bằng đầu Δ , tổng trở pha tải là $\bar{Z}_p = 16 - 12j [\Omega]$. Tính:

- Áp dây phức $\dot{V}_{AB}$.

- b. Dòng dây phức $\dot{I}_{aA}$ từ nguồn đến tải.
- c. Công suất biểu kiến tổng cung cấp bởi nguồn.

Đáp số: a. $240\sqrt{3} \angle 150^\circ [V]$; b. $36 \angle -203,13^\circ [A]$; c. 25,92 KVA

Bài tập 4.4

Cho nguồn áp 3 pha cân bằng thứ tự thuận đầu Y, biết điện áp pha hiệu dụng phức $\dot{V}_{bn} = 215 \angle 0^\circ [V]$; $\bar{Z}_d = 0 [\Omega]$. Tải Δ cân bằng tiêu thụ công suất tác dụng là 7,74 kW, mỗi tổng trở pha tải có HSCS là 0,8 trể.

- a. Dòng dây hiệu dụng I_{aA}
- b. Công suất biểu kiến cung cấp bởi nguồn

Đáp số: a. 15 A ; b. 9675 VA

Bài tập 4.5

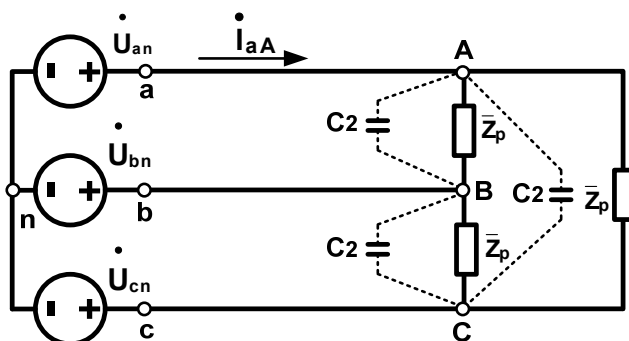
Cho nguồn áp 3 pha cân bằng thứ tự thuận đầu Y, biết điện áp pha hiệu dụng phức $\dot{V}_{cn} = 200 \angle 0^\circ [V]$; trung tính nguồn nối vào trung tính N của tải. Đường dây từ nguồn đến tải có tổng trở không đáng kể. Tải 3 pha không cân bằng, đầu Y: $\bar{Z}_{CN} = 10j[\Omega]$; $\bar{Z}_{BN} = 10 [\Omega]$; $\bar{Z}_{AN} = 8 + 6j [\Omega]$. Xác định:

- a. Dòng dây phức $\dot{I}_{aA}$ cấp đến tải.
- b. Tổng công suất tác dụng cấp đến tải 3 pha.
- c. Dòng hiệu dụng qua dây trung tính Nn.

Đáp số: a. $20 \angle -156,87^\circ [A]$; b. 7,2 KW ; c. 30,3 A

Bài tập 4.6

Cho nguồn áp 3 pha cân bằng thứ tự thuận, đầu Y như hình 4.30; biết điện áp pha hiệu dụng phức $\dot{V}_{bn} = 144 \angle 0^\circ [V]$; $\bar{Z}_d = 0 [\Omega]$. Tải Δ cân bằng có tổng trở pha $\bar{Z}_p = 9,8 + 15,09j [\Omega]$. Xác định:



HÌNH 4.30

- Dòng dây phức $\dot{I}_{aA}$.
- Công suất tác dụng tổng tiêu thụ trong tải.
- Điện dung tụ C_2 để nâng HSCS của tải lên đến 0,925 trở khi ghép song song mỗi tổng trở pha của tải với một tụ điện này. Biết tần số nguồn áp là $f = 50$ Hz.

Đáp số: a. $24 \angle 63^\circ$ [A]; b. 5649 W ; c. 109 μ F

Bài tập 4.7

Cho nguồn áp 3 pha cân bằng thứ tự thuận, đầu Y. Tổng trở đường dây: $\bar{Z}_d = 0 \Omega$. Tải Δ cân bằng có tổng trở pha $\bar{Z}_p = 9 + 12j [\Omega]$. Công suất tác dụng tiêu thụ trong mỗi nhánh tải là: 5810 W. Xác định:

- Dòng dây hiệu dụng I_{aA} .
- Áp pha hiệu dụng V_{an}

Đáp số: a. 44 A; b. 220 V

Bài tập 4.8

Cho nguồn áp 3 pha cân bằng thứ tự thuận, đầu Y, biết điện áp pha hiệu dụng phức $\dot{V}_{bn} = 200 \angle 0^\circ$ [V]; $\bar{Z}_d = 0 [\Omega]$; tải Δ cân bằng có tổng trở pha là $\bar{Z}_p = 12 + 9j [\Omega]$. Xác định:

- Áp dây phức $\dot{V}_{AB}$.

b. Dòng dây phức $\dot{I}_{aA}$.

Đáp số: a. $200\sqrt{3} \angle 150^\circ [A]$; b. $40 \angle 83,13^\circ [A]$

Bài tập 4.9

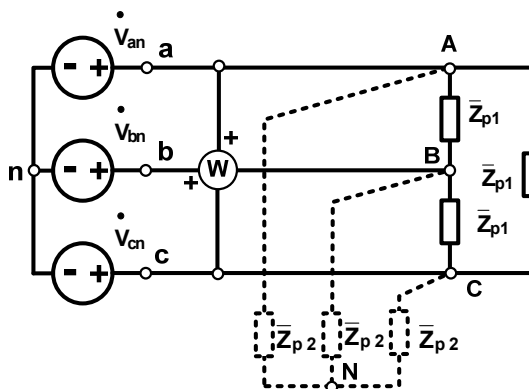
Cho nguồn áp 3 pha cân bằng thứ tự thuận, biết điện áp pha hiệu dụng phức $\dot{V}_{an} = 200 \angle 0^\circ [V]$, tải 3 pha cân bằng đấu Δ $\bar{Z}_{p1} = 24 + 18j [\Omega]$. Xác định:

a. Công suất phức tiêu thụ trên tải 3 pha.

b. HSCS của tải 3 pha tổng hợp nếu đấu thêm tải 3 pha cân bằng đấu Y $\bar{Z}_{p2} = 20 [\Omega]$.

c. Dòng dây phức $\dot{I}_{aA}$ sau khi đấu thêm tải $\bar{Z}_{p2}$.

d. Số chỉ của Watt kế.



HÌNH 4.31

Đáp số: a. $(9,6 + 7,2j)[KVA]$; b. 0,908; c. 28,6 A; d. - 4,16 KW

Bài tập 4.10

Cho nguồn áp 3 pha cân bằng thứ tự thuận, đấu Y, cung cấp điện cho tải ba pha cân bằng đấu Y qua một đường dây ba pha có điện trở $1\Omega/\text{pha}$. Cho tổng trở pha của tải là $(11+16j) [\Omega]$, biết điện áp pha hiệu dụng phức $\dot{V}_{an} = 220 \angle 23^\circ [V]$. Xác định:

a. Công suất biểu kiến phát ra từ nguồn 3 pha.

b. Áp phức $\dot{V}_{BC}$ tại tải.

Đáp số: a. 7,26 KVA ; b. $370 \angle -64^\circ 64 [V]$

Bài tập 4.11:

Cho nguồn áp 3 pha cân bằng có áp dây hiệu dụng 380V cấp điện cho tải tổng hợp T gồm 3 tải 3 pha cân bằng đấu song song:

Tải 1: $P_1 = 240 \text{ kW}$; $\cos\varphi_1 = 0,8$ trễ.

Tải 2: $S_2 = 400 \text{ kVA}$; $\cos\varphi_2 = 0,6$ trễ.

Tải 3: $P_3 = 222 \text{ kW}$; $Q_3 = 323 \text{ kVAR}$; HSCS sớm.

Xác định:

- Dòng dây nguồn cấp cho T.
- Hệ số công suất của tải T.
- Công suất biểu kiến tiêu thụ bởi T.

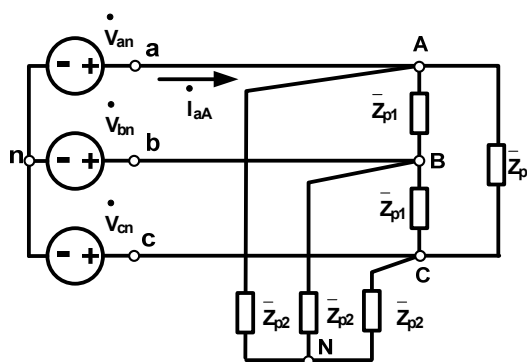
Đáp số: a. 1100 A ; b. 0,97 trễ ; c. 724 KVA

Bài tập 4.12:

Cho nguồn áp 3 pha cân bằng thứ tự thuận đấu Y, biết điện áp pha hiệu dụng phức $\dot{V}_{an} = 150 \angle 0^\circ [\text{V}]$; đường dây không tổng trở; các tải 3 pha cân bằng $\bar{Z}_{p1} = 9 - 12j [\Omega]$.

Xác định:

- Dòng phức $\dot{I}_{BC}$.
- Công suất phức cấp cho tải 3 pha tổng hợp khi đấu thêm tải 3 pha $\bar{Z}_{p2} = 5 + 10j [\Omega]$.
- Dòng dây hiệu dụng I_{aA} .



HÌNH 4.32

Đáp số: a. $17,3 \angle -36,87^\circ [\text{A}]$; b. $(10,8 - 5,4j) [\text{KVA}]$; c. 27 A