

CHƯƠNG IV: MẠCH ĐIỆN BA PHA

4.1 KHÁI NIỆM CHUNG

Ngày nay, điện năng sử dụng trong công nghiệp thông dụng dạng dòng điện sin ba pha. Năng cơ điện ba pha cấu tạo nên các thiết bị tính toán hơn năng cơ một pha, việc truyền tải điện năng bằng mạch điện ba pha tiết kiệm được dây dẫn hơn việc truyền tải điện năng bằng dòng điện một pha.

Mạch điện ba pha bao gồm nguồn điện ba pha, đường dây truyền tải và các phụ tải ba pha. Nếu tạo ra nguồn điện ba pha, ta dùng máy phát điện xoay chiều ba pha (hình 4-1). Cấu tạo của máy phát điện xoay chiều ba pha gồm:

Phần tĩnh (còn gọi là stato) gồm lõi thép có khe rãnh, trong các rãnh đặt ba dây quấn AX, BY, CZ có cùng số vòng dây và lệch nhau một góc $2\pi/3$ trong không gian. Mỗi dây quấn được gọi là một pha. Dây quấn AX gọi là pha A, dây quấn BY gọi là pha B, dây quấn CZ là pha C.

Phần quay (còn gọi là rôto) là nam châm điện N – S (hình 4-1).

Nguyên lý làm việc như sau: khi quay rôto, từ trường sẽ lần lượt quét các dây quấn stato, và cảm ứng vào dây quấn stato các sức điện động sin cùng biên độ cùng tần số và lệch nhau một góc $2\pi/3$.

Nếu chọn pha đầu của sức điện động e_A của dây quấn AX bằng không thì biểu thức tức thời sức điện động ba pha là

Sức điện động pha A:

$$e_A = \sqrt{2}.E.\sin \omega t \quad (4-1a)$$

Sức điện động pha B:

$$e_B = \sqrt{2}.E.\sin\left(\omega t - \frac{2\pi}{3}\right) \quad (4-1b)$$

Sức điện động pha C:

$$e_C = \sqrt{2}.E.\sin\left(\omega t - \frac{4\pi}{3}\right) = \sqrt{2}.E.\sin\left(\omega t + \frac{2\pi}{3}\right) \quad (4-1c)$$

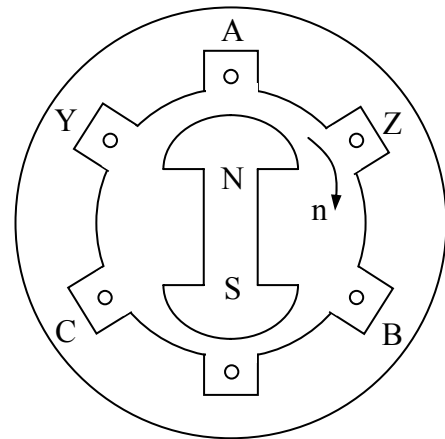
Biểu đồ e_A, e_B và e_C trên hình 4-2.

Hoặc biểu diễn bằng số phức:

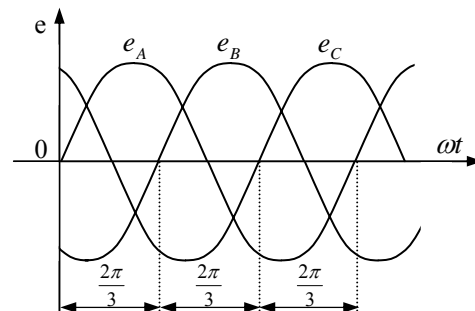
$$\dot{E}_A = Ee^{j0} \quad (4-2a)$$

$$\dot{E}_B = Ee^{-j\frac{2\pi}{3}} = E\left(-\frac{1}{2} - j\frac{\sqrt{3}}{2}\right) \quad (4-2b)$$

$$\dot{E}_C = Ee^{j\frac{2\pi}{3}} = E\left(-\frac{1}{2} + j\frac{\sqrt{3}}{2}\right) \quad (4-2c)$$

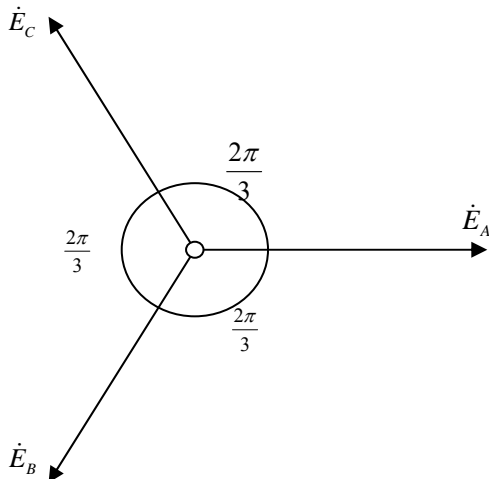


Hình 4-1: Máy phát điện xoay chiều ba pha.

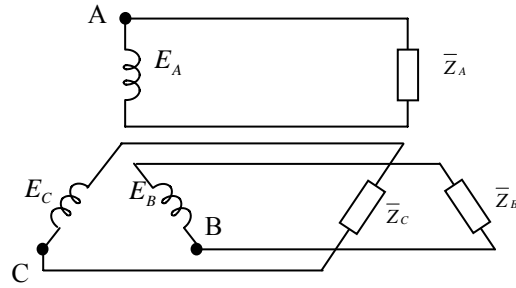


Hình 4-2: Biểu đồ tức thời sức điện động ba pha

Biểu đồ vectơ trên hình 4-3.



Hình 4-3: Vectơ sức điện động ba pha



Hình 4-4 : Mạch ba pha không kết nối

Nguồn điện gồm ba sức điện động sin cùng biên độ cùng tần số lệch nhau về pha $2\pi/3$ gọi là nguồn ba pha nối vòng.

Nối với nguồn nối vòng ta có:

$$e_A + e_B + e_C = 0 \quad (4-3a)$$

$$\text{hay: } \dot{E}_A + \dot{E}_B + \dot{E}_C = 0 \quad (4-3b)$$

Nếu các dây quấn AX, BY, CZ của nguồn điện nối riêng rẽ với các tải có tổng trở pha Z_A, Z_B, Z_C , ta có hệ thống ba pha gồm ba mạch một pha không liên hệ nhau (hình 4-4). Mỗi mạch điện gọi là một pha của mạch điện ba pha.

Sức điện động, điện áp, dòng điện mỗi pha của nguồn (tải) gọi là sức điện động pha ký hiệu là E_p , điện áp pha ký hiệu là U_p , dòng điện pha ký hiệu là I_p .

Mạch điện ba pha gồm nguồn, tải và những dây nối vòng gọi là mạch điện ba pha nối vòng. Nếu không thoả mãn một trong những điều kiện trên gọi là mạch ba pha bất nối vòng.

Thông ba pha của nguồn nối với nhau, ba pha của tải cũng nối với nhau và có những dây ba pha nối giữa nguồn với tải, đây chính là nguồn nối tải.

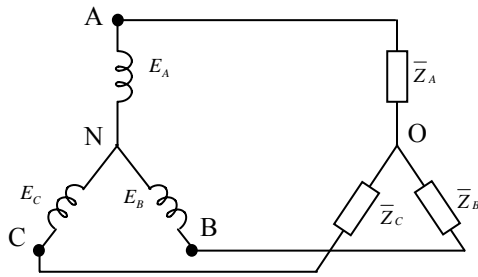
Dòng điện chạy trên những dây pha từ nguồn đến tải gọi là dòng điện dây, ký hiệu là I_d , điện áp giữa các những dây pha gọi là điện áp dây, ký hiệu là U_d .

Mạch ba pha thông ghép nối theo kiểu: hình sao (Y) và hình tam giác (Δ).

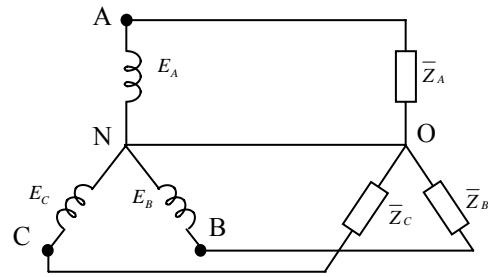
4.2 CÁCH NỐI HÌNH SAO

4.2.1 Cách nối

Nếu nối hình sao ta nối ba điểm cuối của các pha với nhau tạo thành điểm trung tính. Nối với nguồn, ba điểm cuối X, Y, Z nối với nhau thành điểm trung tính N của nguồn. Nối với tải, ba điểm cuối X', Y', Z' nối với nhau tạo thành trung tính của tải O. Số dây mạch ba pha sẽ có thể là mạch nối sao 3 dây (hình 4-5a; không dây trung tính) hoặc sao 4 dây (hình 4-5b; có dây trung tính)

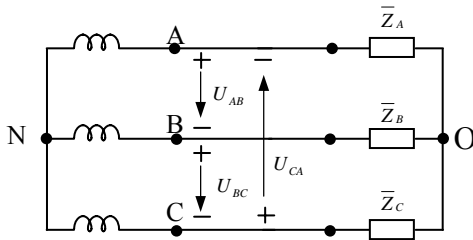


Hình 4-5a: Nối sao 3 dây

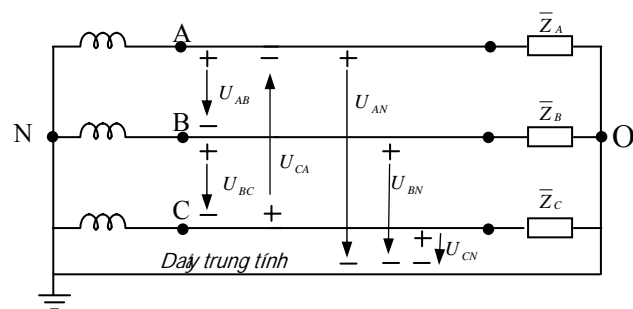


Hình 4-5b: Nối sao 4 dây

Ngoài ra người ta thông biểu diễn kiểu ghép này theo hình 4-6a,b.



Hình 4-6a: Nối sao 3 dây



Hình 4-6b: Nối sao 4 dây

4.2.2 Các quan hệ giữa tải công suất và pha trong cách nối hình sao nối xong.

Các tải công suất và pha được ký hiệu trên hình 4-6b.

a. Quan hệ giữa dòng điện dây và pha: Cần coi vào mạch điện ta thấy quan hệ giữa dòng điện dây I_d và dòng điện pha I_p như sau:

$$I_d = I_p \tag{4-4}$$

b. Quan hệ giữa điện áp dây và điện áp pha:

Từ hình 4-6b ta thấy điện áp dây U_{AB} (giữa pha A và pha B), U_{BC} (giữa pha B và pha C), U_{CA} (giữa pha C và pha A) quan hệ với điện áp pha U_A, U_B, U_C như sau:

$$\dot{U}_{AB} = \dot{U}_{AN} + \dot{U}_{NB} = \dot{U}_{AN} - \dot{U}_{BN} = \dot{U}_A - \dot{U}_B \tag{4-5}$$

Tổng cộng $\dot{U}_{BC} = \dot{U}_B - \dot{U}_C \tag{4-6}$

$$\dot{U}_{CA} = \dot{U}_C - \dot{U}_A \tag{4-7}$$

Từ đồ thị vectơ điện áp (hình 4-7) ta thấy: Vectơ số điện áp dây (U_d) bằng $\sqrt{3}$ lần điện áp pha (U_p).

$$U_d = \sqrt{3}U_p \tag{4-8}$$

Nếu các điện áp được biểu diễn dưới dạng:

$$\dot{U}_{AN} = U_{pm} \sin(\omega t + \varphi)$$

$$\dot{U}_{BN} = U_{pm} \sin(\omega t + \varphi - 120^\circ)$$

$$\dot{U}_{CN} = U_{pm} \sin(\omega t + \varphi - 240^\circ)$$

Ta có $\dot{U}_{AB} = U_{pm} \sin(\omega t + \varphi) - U_{pm} \sin(\omega t + \varphi - 120^\circ)$

$$= 2U_{pm} \cos(\omega t + \varphi - 60^\circ) \sin(60^\circ) = \sqrt{3}U_{pm} \sin(\omega t + \varphi + 30^\circ)$$

$$= U_{dm} \sin(\omega t + \varphi + 30^\circ)$$

Tổng tử cho các điện áp còn lại:

$$\dot{U}_{BC} = U_{dm} \sin(\omega t + \varphi - 90^\circ)$$

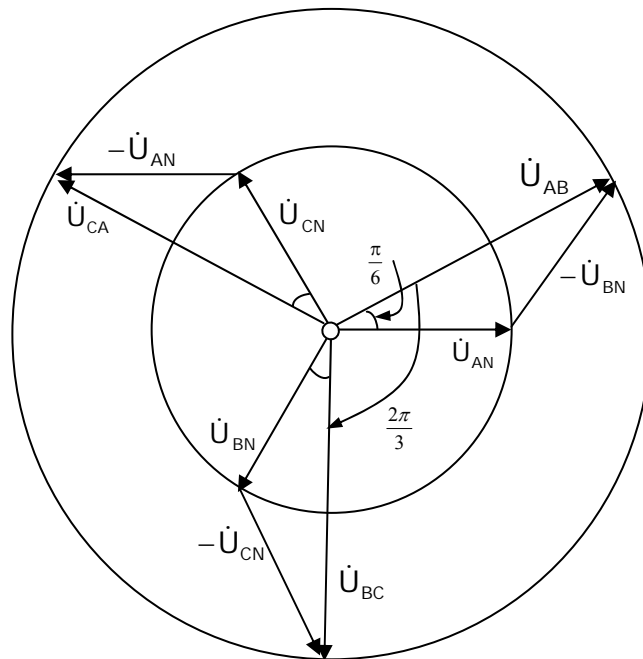
$$\dot{U}_{CA} = U_{dm} \sin(\omega t + \varphi - 210^\circ)$$

Về pha, điện áp dây U_{AB} , U_{BC} , U_{CA} lệch pha nhau một góc $2\pi/3$ và vượt trước điện áp tổng ứng một góc 30°

Ví dụ:

U_{AB} vượt trước U_A một góc 30°

$$\dot{U}_{AB} = \sqrt{3}\dot{U}_A \angle 30^\circ \quad (4-9)$$



Hình 4-7: Đồ thị vectơ điện áp pha và điện áp dây

Trên thực tế hệ thống mạng điện dân dụng 4 dây có điện áp pha 220V. Điện áp dây (giữa các pha) là $U_d = \sqrt{3} \cdot 220 \approx 380V$. Nếu một tài hệ thống này người ta thường viết 380/220V. Nhiều nhà công nghiệp là điện áp dây là 380V và điện áp pha là 220V.

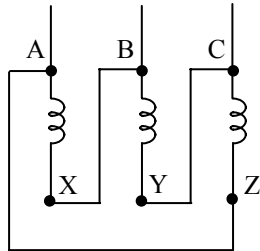
Tính chất đặc biệt của hệ thống ba pha nói chung là tổng của 3 dòng hay áp nói chung, lệch nhau một góc 120° , tại mọi thời điểm bằng không. Ta có

$$\dot{U}_A + \dot{U}_B + \dot{U}_C = \dot{U}_A \left[1 - \frac{1}{2} - j\frac{\sqrt{3}}{2} - \frac{1}{2} + j\frac{\sqrt{3}}{2} \right] = 0 \quad (4-10)$$

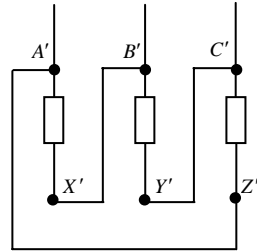
4.3. CÁCH NỐI HÌNH TAM GIÁC

4.3.1 Cách nối

Muốn nối hình tam giác ta lấy đầu này của dây nối với cuối pha kia. Ví dụ với nguồn: A nối với Z; B nối với X; C nối với Y (hình 4-8a) và tổng trở nối với tải (hình 4-8b).



Hình 4-8a : Nguồn nối tam giác



Hình 4-8b : tải nối tam giác

4.3.2 Các quan hệ giữa các dòng điện pha trong cách nối hình tam giác nối vòng.

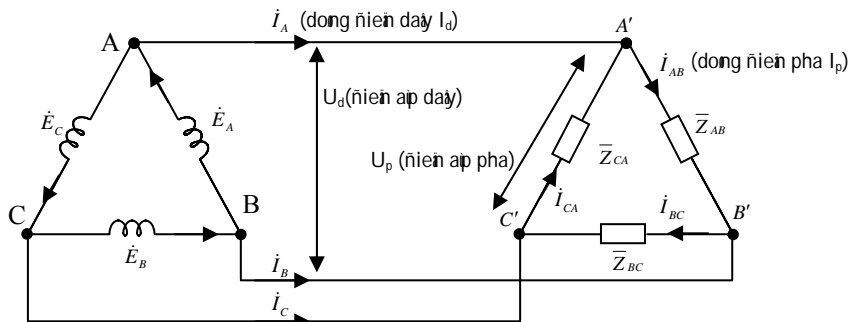
Các mối liên hệ dây và pha được ký hiệu trên hình 4-9.

Cần chú ý mạch ta thấy : $U_d = U_p$. Áp dụng định luật Kirchoff 1 tại các nhánh ta có quan hệ giữa dòng điện dây và pha.

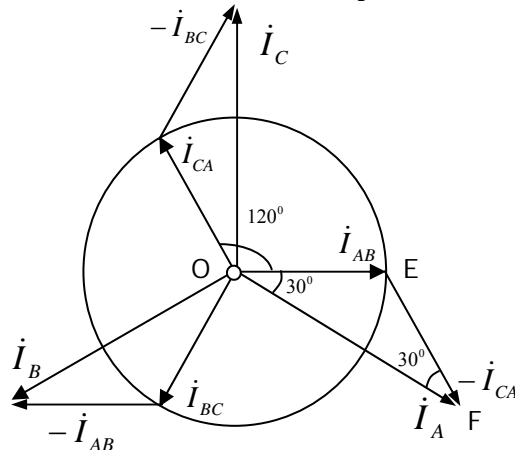
Tại nhánh A': $I_A = I_{AB} - I_{CA}$ (4-11)

Tại nhánh B': $I_B = I_{BC} - I_{AB}$ (4-12)

Tại nhánh C': $I_C = I_{CA} - I_{BC}$ (4-13)



Hình 4-9 : Nối tam giác



Hình 4-10: Mối liên hệ vectơ dòng điện pha và dòng điện dây

Nếu thò vectô dòng điện đày $\dot{I}_A, \dot{I}_B, \dot{I}_C$ và dòng điện pha $\dot{I}_{AB}, \dot{I}_{CA}, \dot{I}_{BC}$ vẽ trên hình 4-10.

Từ đó ta xét tam giác OEF:

$$OF = 2.OE.\cos 30^\circ = 2.OE.\frac{\sqrt{3}}{2} = \sqrt{3} OE.$$

Vậy từ số dòng điện đày \dot{I}_A (I_D) lớn gấp $\sqrt{3}$ lần dòng điện pha \dot{I}_{AB} (I_P).

Vậy ta có qua hệ

$$I_D = \sqrt{3} I_P \quad (4-14)$$

Về pha, dòng điện đày $\dot{I}_A, \dot{I}_B, \dot{I}_C$ lệch pha nhau một góc $2\pi/3$ (120°) và chậm sau dòng điện pha tổng ờng một góc 30° (\dot{I}_A chậm sau \dot{I}_{AB} một góc 30°)

$$\text{Ví dụ: Nếu } \dot{I}_A = I_m \angle 0^\circ \text{ thì } \dot{I}_{AB} = \frac{1}{\sqrt{3}} I_m \angle 30^\circ \text{ (thời tới thuận)} \quad (4-15)$$

4.4. CÔNG SUẤT MẠCH ĐIỆN BA PHA

4.4.1 Công suất tác dụng

Công suất tác dụng P (nôn vì Watt, ký hiệu W), của mạch ba pha bằng tổng công suất tác dụng của các pha. Gọi P_A, P_B, P_C tổng ờng là công suất tác dụng của pha A, B, C ta có

$$P = P_A + P_B + P_C \quad (4-16)$$

$$= U_A I_A \cos \varphi_A + U_B I_B \cos \varphi_B + U_C I_C \cos \varphi_C.$$

Khi mạch ba pha nối xõng:

Nối ếp pha hiệu dụng: $U_A = U_B = U_C = U_P$

Dòng điện pha hiệu dụng: $I_A = I_B = I_C = I_P$

$$\cos \varphi_A = \cos \varphi_B = \cos \varphi_C = \cos \varphi$$

$$\text{Ta có } P = 3U_P I_P \cos \varphi \quad (4-16a)$$

$$\text{Hoặc } P = 3R_P I_P^2 \quad (4-16b)$$

Trong ñoù R_P – ñiên trở pha. Thay ñải lờõng pha bằng ñải lờõng đày:

Nối với cách nối sao:

$$I_P = I_d; U_P = \frac{U_d}{\sqrt{3}}$$

Nối với cách nối tam giác:

$$I_P = \frac{I_d}{\sqrt{3}}; U_P = U_d$$

Ta có công suất tác dụng **ba pha** viết theo ñải lờõng đày, ếp dụng cho **cải trởõng hõp hình sao và tam giác nối xõng.**

$$P = \sqrt{3} U_d I_d \cos \varphi \quad (4-17)$$

Trong ñoù φ - góc lệch pha giữa ñiên ếp pha và dòng ñiên pha.

4.4.2 Công suất phản kháng:

Công suất phản kháng Q (nôn vì Var) của ba pha là

$$Q = Q_A + Q_B + Q_C \quad (4-18)$$

$$= U_A I_A \sin \varphi_A + U_B I_B \sin \varphi_B + U_C I_C \sin \varphi_C$$

Khi nối xing ta cói

$$Q = 3U_p I_p \sin \varphi \quad (4-18a)$$

Hoặc $Q = 3X_p I_p^2 \quad (4-18a)$

$$Q = \sqrt{3} U_d I_d \sin \varphi$$

4.4.3 Công suất biểu kiến và công suất phức:

Công suất phức của hệ thống ba pha bằng tổng công suất phức của mỗi pha:

$$S_\Sigma = S_A + S_B + S_C = (P_A + jQ_A) + (P_B + jQ_B) + (P_C + jQ_C)$$

$$= (P_A + P_B + P_C) + j(Q_A + Q_B + Q_C)$$

Với môđun $|S| = \sqrt{P^2 + Q^2}$

Công suất biểu kiến của mỗi pha:

$$|S_A| = \sqrt{P_A^2 + Q_A^2} \quad ; |S_B| = \sqrt{P_B^2 + Q_B^2} \quad ; |S_C| = \sqrt{P_C^2 + Q_C^2}$$

Công suất biểu kiến của hệ thống mạch ba pha:

$$|S_\Sigma| = \sqrt{P_\Sigma^2 + Q_\Sigma^2} = \sqrt{(P_A + P_B + P_C)^2 + (Q_A + Q_B + Q_C)^2}$$

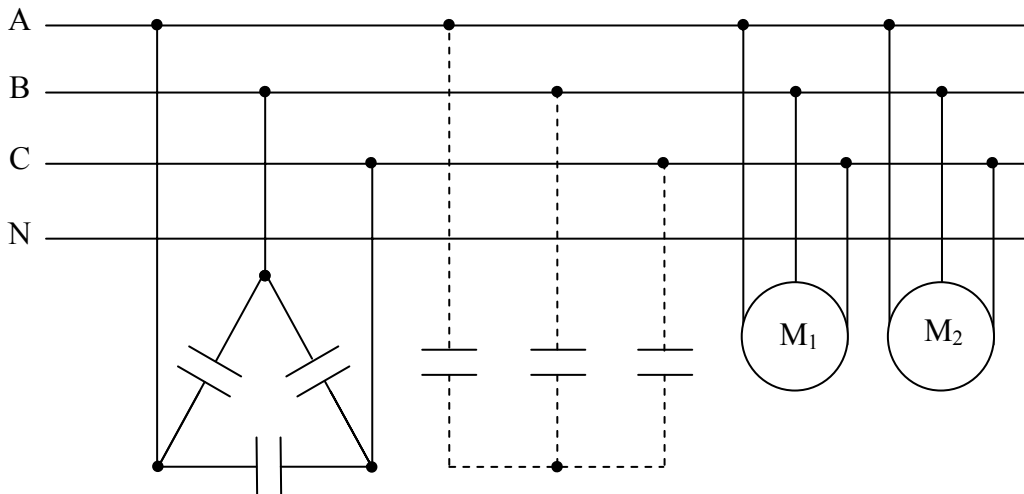
Công suất biểu kiến hệ thống ba pha nối xing

$$|S_\Sigma| = 3U_p I_p = \sqrt{3} U_d I_d \quad (4-19)$$

Heisocông suất của hệ thống ba pha:

$$\cos \varphi = \frac{P_\Sigma}{\sqrt{3} U_d I_d} = \frac{P_\Sigma}{|S_\Sigma|} = \frac{P_\Sigma}{\sqrt{P_\Sigma^2 + Q_\Sigma^2}}$$

Những cách heisocông suất ngoài ta dùng các boaiu nien ba pha, gom các nien dung C noi tam giai hoặc hình sao.



Hình 4-11: Mạch hiệu chỉnh heisocông suất trong mạch ba pha nien ap thap

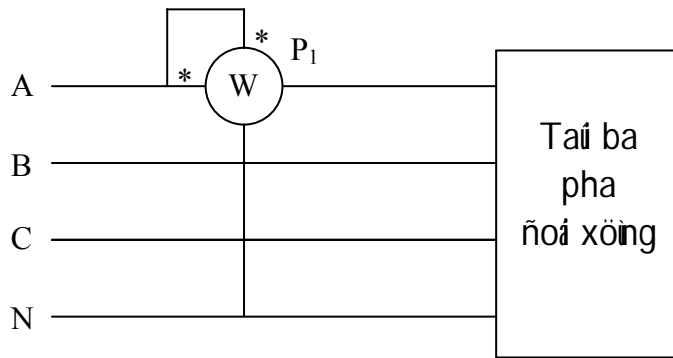
4.5. CÔNG SUẤT MẠCH BA PHA

4.5.1 Năng suất mạch ba pha nối xing

Mạch ba pha nối xing có công suất nhỏ nhau ở các pha, ta chỉ cần đo công suất một pha (hình 4-12). Công suất ba pha là

$$P = 3P_p = 3P_1 \tag{4-20}$$

P_1 – chỉ số của oátmet (wattmeter) một pha.

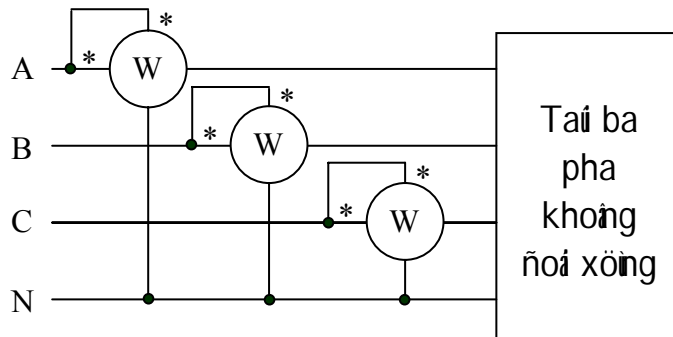


Hình 4-12: Năng suất tải ba pha nối xing bằng một wattmeter

4.5.2 Năng suất mạch ba pha ba dây không nối xing

Nếu năng suất mạch ba pha ba dây không nối xing ta dùng ba oátmet để đo công suất từng pha (hình 4-13). Công suất ba pha là

$$P = P_A + P_B + P_C \tag{4-21}$$



Hình 4-13 : năng suất tải ba pha không nối xing bằng ba wattmeter

Với mạch ba pha ba dây không nối xing có thể dùng hai oátmet nối dây theo sơ đồ hình 4-14. Trong sơ đồ này, oátmet thứ nhất có hiệu điện áp dây U_{AC} và dòng điện I_A , còn oátmet thứ hai có hiệu điện áp dây U_{BC} và dòng điện I_B . Trò số của hai oátmet: $p_1 + p_2$ (sơ đồ 4-14) là công suất ba pha. Thật vậy:

$$p = p_1 + p_2 = u_{AC}i_A + u_{BC}i_B \tag{4-22}$$

Mà khác $u_{AC} = u_A - u_C$; $u_{BC} = u_B - u_C$

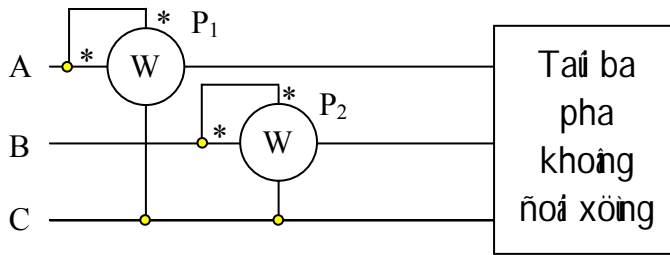
Ta biết $i_A + i_B + i_C = 0 \rightarrow i_C = -i_A - i_B$

Thế vào phương trình (4-22) ta có

$$\begin{aligned} p &= (u_A - u_C)i_A + (u_B - u_C)i_B = u_A i_A + u_B i_B + u_C(-i_A - i_B) \\ &= u_A i_A + u_B i_B + u_C u_C \end{aligned}$$

Vậy trị trung bình của hai wattmeter là

$$P = P_1 + P_2 = P_A + P_B + P_C \quad (4-22a)$$



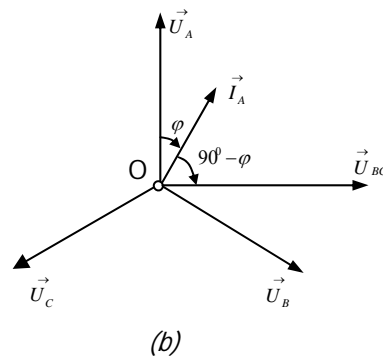
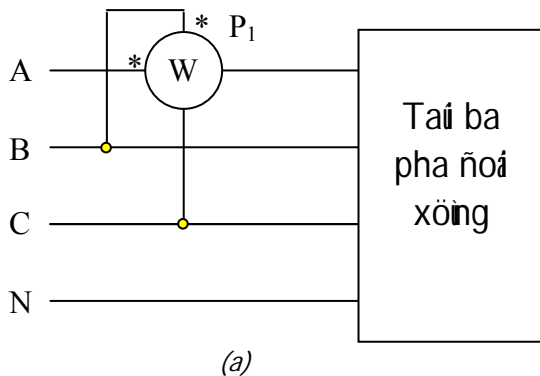
Hình 4-14 : Đo công suất tải ba pha không nối xing bằng hai wattmeter

Sơ đồ hình 4-14 áp dụng đo công suất cho mạch 3 pha, 3 dây nối xing cũng như bất nối xing.

4.5.3 Đo công suất phản kháng mạch ba pha nối xing:

Trong sơ đồ hình 4-15a, wattmeter sẽ đo $\vec{U}_{BC} \vec{I}_A$.

Xét sơ đồ hình 4-15b, giả thiết \vec{I}_A chậm sau \vec{U}_A một góc φ , góc lệch pha giữa \vec{I}_A và \vec{U}_{BC} là $90^\circ - \varphi$, vậy chế số wattmeter là



Hình 4-15: Đo công suất phản kháng tải ba pha nối xing bằng một wattmeter

$$P_1 = U_d I_P \cos(90^\circ - \varphi) = \sqrt{3} U_P I_P \sin \varphi = \frac{Q_{bapha}}{\sqrt{3}} \quad (4-23)$$

$$\rightarrow Q_{bapha} = \sqrt{3} P_1 \text{ (Var)}$$

Vì thế số đo này có thể đo công suất phản kháng mạch ba pha nối xing.

4.6. CÁCH GIẢI MẠCH ĐIỆN BA PHA NỐI XING

Nối với mạch ba pha nối xing, dòng điện (nhiên áp) các pha có trị số bằng nhau và lệch pha nhau một góc $2\pi/3$. Vì vậy khi mạch nối xing ta tách ra một pha để giải.

4.6.1 Nguồn nối sao nối xing

Này là trường hợp thông gặp nhất. Dây ON gọi là dây trung tính (hình 4-6b và hình 4-6a). Nối với mạch nối xing ta luôn có quan hệ

$$\dot{I}_0 = \dot{I}_A + \dot{I}_B + \dot{I}_C = 0$$

Vì thế máy trung tính không có tải dùng, có thể bỏ máy trung tính. Nên thế máy trung tính của tải nối xing luôn luôn trung với nên thế của trung tính nguồn nối xing.

4.6.2 Giải mạch điện ba pha tải nối hình sao nối xing

a. Khi không xét tổng trở nội dung dây (hình 4-16a).

Nên áp đặt lên mỗi pha tải là $U_p = \frac{U_d}{\sqrt{3}}$

Tổng trở pha tải: $Z_p = \sqrt{R_p^2 + X_p^2}$

R_p, X_p – nên trở nên kháng mỗi pha tải.

U_d – nên áp đặt của mạch điện ba pha.

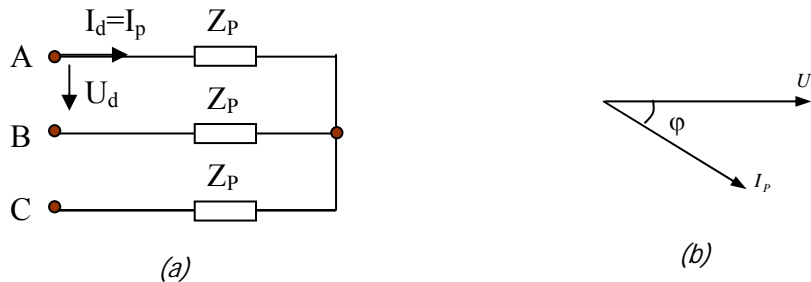
Dòng nên pha của tải:

$$I_p = \frac{U_p}{Z_p} = \frac{U_d}{\sqrt{3}\sqrt{R_p^2 + X_p^2}}$$

Góc lệch pha φ giữa nên áp pha và dòng nên pha là $\varphi = \arctg \frac{X_p}{R_p}$

Vì tải nối hình sao nên dòng nên dây bằng dòng nên pha: $I_d = I_p$

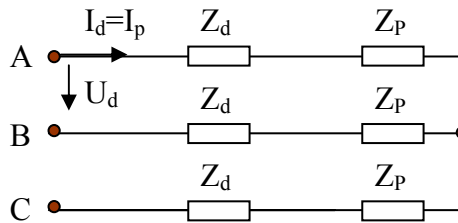
Nhà đồ vectơ trên hình 4-16b.



Hình 4-16: Tải hình sao nối xing

b. Khi xét tổng trở nội dung dây pha. Cách tính toán cũng tương tự, nhưng phải gộp tổng trở nội dung dây với tổng trở pha tính dòng nên pha và dây:

$$I_d = I_p = \frac{U_d}{\sqrt{3}\sqrt{(R_d + R_p)^2 + (X_d + X_p)^2}}$$



Hình 4-17: Tải hình sao nối xing có xét tổng trở nội dung dây pha

Trong $R_d + j X_d$

R_d, X_d – nên trở nên kháng nội dung dây (hình 4-17).

hoặc $Z_d =$

4.6.3 Giải mạch điện ba pha tải đối xứng tam giác nối vòng

a. Khi không xét tổng trở nội dung dây:

Nhiên áp pha tại bảng nhiên

áp dây (hình 4-18):

$$U_p = U_d$$

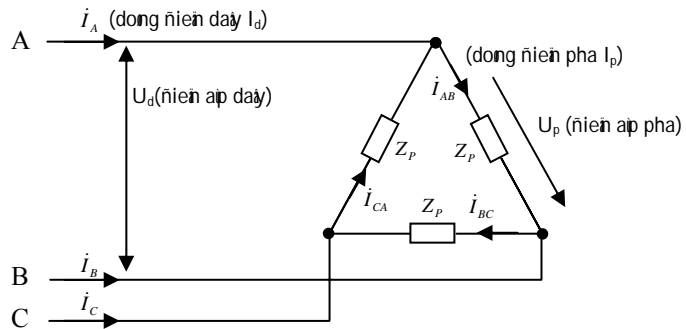
Dòng nhiên pha tại tải

$$I_p = \frac{U_p}{Z_p} = \frac{U_d}{\sqrt{R_p^2 + X_p^2}}$$

Góc lệch pha φ giữa
nhiên áp pha và dòng nhiên pha
tổng ồng.

$$\varphi = \arctg \frac{X_p}{R_p}$$

Dòng nhiên dây: $I_d = \sqrt{3} \cdot I_p$



Hình 4-18 : Mạch ba pha tam giác nối vòng

b. Khi coi xét tổng trở nội dung dây: Trên hình 6-19, ta biến đổi tổng trở tam giác **nối vòng** thành hình sao **nối vòng** như sau:

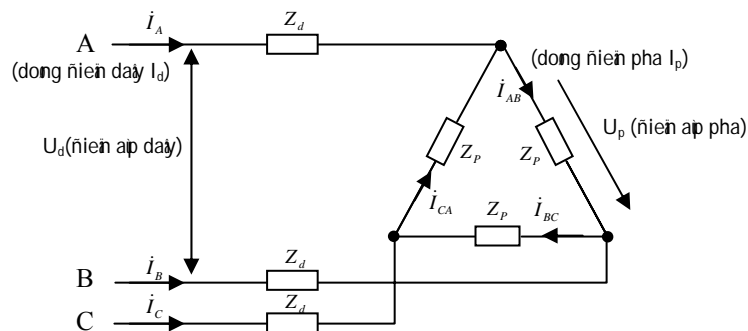
Tổng trở mỗi pha lúc nối tam giác: $Z_\Delta = R_p + jX_p$

Biến đổi hình tam giác sang hình sao: $Z_Y = \frac{Z_\Delta}{3} = \frac{R_p}{3} + j\frac{X_p}{3}$

Sau đó giải nhờ các kết quả trên. Dòng nhiên dây là:

$$I_d = \frac{U_d}{\sqrt{3} \sqrt{\left(R_d + \frac{R_p}{3}\right)^2 + \left(X_d + \frac{X_p}{3}\right)^2}}$$

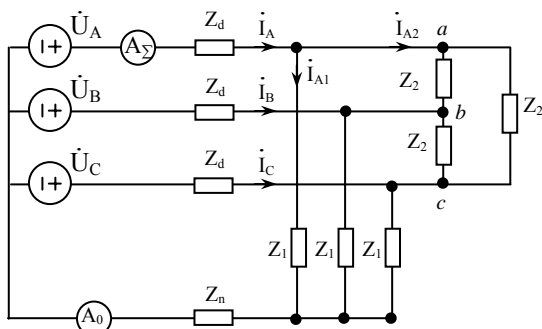
Dòng nhiên pha của tải khi nối tam giác: $I_p = \frac{I_d}{\sqrt{3}}$



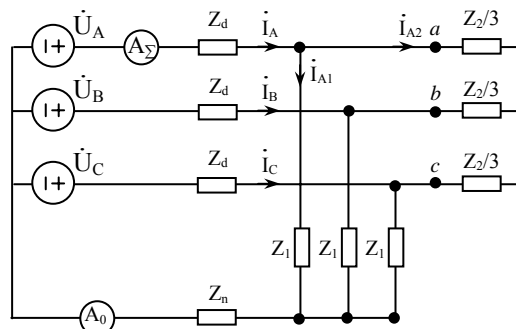
Hình 4-19 : Mạch ba pha tam giác nối vòng coi xét tổng trở nội dung dây

Ví dụ 4-1: Mạch điện 3 pha (hình 4-20a) được cung cấp bởi nguồn 3 pha đối xứng **thứ tự thuận**, biết áp pha hiệu dụng $U_A = 100 \angle 0^\circ (V)$, $Z_d = j50 \Omega$; $Z_1 = Z_n = 100 \Omega$; $Z_2 = 300 \Omega$.

- Xác định giá trị I_A, I_B, I_C .
- Xác định số chỉ của dụng cụ đo A_Σ và A_0 .
- Tìm công suất P tiêu thụ trên tải mỗi pha Z_1 và Z_2 suy ra công suất tổng P_Σ ba pha.



Hình 4-20a



Hình 4-20b

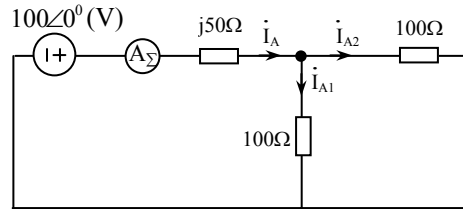
Nhận xét thấy tại cửa mạch còn một phần dạng tam giác, ta biến nó về dạng hình sao nhỏ sau:

Từ hình 4-20b, ta coi mạch ba pha nguồn nối xồng, tại nối xồng ta sẽ giải cho mạch pha A với số đo mạch nhỏ hình 4-20c và hình 4-20d, trong đó bởi Z_n , vì dòng qua Z_n bằng không.

Ta để dạng tìm nó để các dòng điện

$$i_A = \frac{100\angle 0}{50 + j50} = \sqrt{2}\angle -45^\circ (A)$$

$$i_{A1} = i_{A2} = \frac{\sqrt{2}}{2}\angle -45^\circ (A)$$

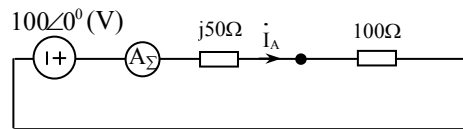


Hình 4-20c

Từ i_A suy ra:

$$i_B = \sqrt{2}\angle -165^\circ (A)$$

$$i_C = \sqrt{2}\angle 75^\circ (A)$$



Hình 4-20d

Số đo của dòng hoà A_Σ là $\sqrt{2}$ (amp)

Số đo của dòng hoà A_0 là 0 (vì mạch ba pha nguồn nối xồng tại nối xồng)

$$P_{z1} = 100 * \left(\frac{\sqrt{2}}{2}\right)^2 = 50 (W)$$

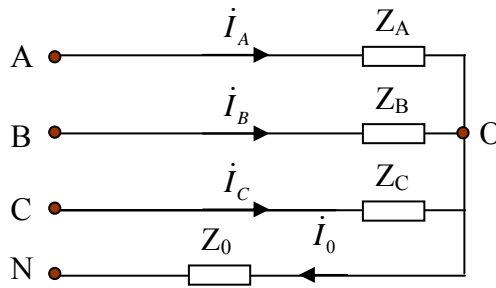
$$P_{z2} = 100 * \left(\frac{\sqrt{2}}{2}\right)^2 = 50 (W)$$

Công suất tác dụng toàn mạch sẽ là $P = 3(50 + 50) = 300 (W)$

4.7. CÁCH GIẢI MẠCH BA PHA KHÔNG NỐI XỒNG

Khi tại không nối xồng $Z_A \neq Z_B \neq Z_C$ hoặc nguồn không nối xồng (hình 4-21) thì dòng điện và điện áp trên các pha sẽ bất nối xồng. Ta phân biệt hai trường hợp:

1. Tại các pha không nối liền hệ hoặc nối với nhau.
2. Tại các pha nối liền hệ hoặc nối với nhau



Hình 4-21: Phụ tải hình sao có dây trung tính

Nếu với các tải không cân hoặc cả ta coi mạch ba pha không nối xing là mạch phức tạp gồm nhiều nguồn sức điện động và giải theo các phương pháp đã trình bày ở chương III. Nếu với tải cân hoặc cả ta phải phân tích bài toán không nối xing thành các bài toán nối xing, ta sẽ trình bày ở mục 4.8.

4.7.1 Tải nối hình sao, có dây trung tính tổng trở Z_0 (hình 4-21)

Để giải mạch điện trên, ta nên dùng phương pháp điện áp hai nhánh (thế nhánh). Ta coi điện áp giữa hai điểm trung tính O và N (điểm trung tính nguồn)

$$U_{ON} = \frac{U_A Y_A + U_B Y_B + U_C Y_C}{Y_A + Y_B + Y_C + Y_0} \tag{4-24}$$

Trong đó $Y_A = \frac{1}{Z_A}; Y_B = \frac{1}{Z_B}; Y_C = \frac{1}{Z_C}; Y_0 = \frac{1}{Z_0}$ Là tổng dẫn phức các pha của tải và dây trung tính.

Trường hợp nguồn nối xing thì:

$$U_A = U_P e^{-j0}; U_B = U_P e^{-j120}, U_C = U_P e^{j120}$$

Thay vào công thức (4-24) ta có

$$U_{ON} = U_P \frac{Y_A + Y_B e^{-j120} + Y_C e^{j120}}{Y_A + Y_B + Y_C + Y_0} \tag{4-25}$$

Sau khi tính được U_{ON} theo công thức (4-25) ta tính điện áp trên các pha tải:

$$U'_A = U_A - U_{ON}$$

$$U'_B = U_B - U_{ON}$$

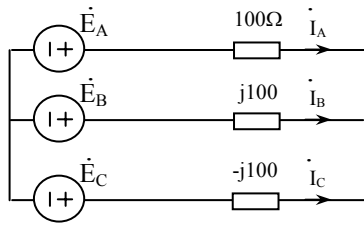
$$U'_C = U_C - U_{ON}$$

Và dòng điện:

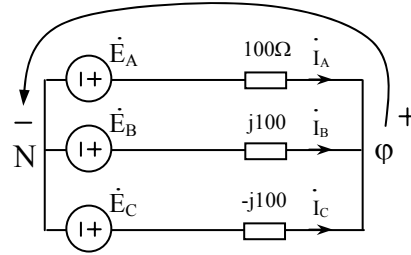
$$I_A = \frac{U'_A}{Z_A} = U'_A \cdot Y_A; \quad I_B = \frac{U'_B}{Z_B} = U'_B \cdot Y_B; \quad I_C = \frac{U'_C}{Z_C} = U'_C \cdot Y_C$$

$$I_0 = \frac{U_{ON}}{Z_0} = U_{ON} \cdot Y_0 \quad \text{hoặc} \quad I_0 = I_A + I_B + I_C$$

Ví dụ 4-2: Cho nguồn ba pha nối xing thời tới thuận với nguồn hiệu dụng phức $\dot{E}_A = 220 \angle 0^\circ (V)$, phụ tải trên các pha cho như hình 4-22a. Xác định dòng điện trên các pha và công suất biểu kiến của nguồn.



Hình 4-22a



Hình 4-22b

Dùng phương pháp thế năng, chọn thế năng ϕ làm điểm thế hai điểm trung tính nguồn và trung tính tải nhờ hình 4-22b. Ta có phương trình sau:

$$\phi \left(\frac{1}{100} + \frac{1}{j100} + \frac{1}{-j100} \right) = \frac{220 \angle 0^\circ}{100} + \frac{220 \angle -120^\circ}{j100} + \frac{220 \angle 120^\circ}{-j100}$$

$$\phi = 220 \angle 0^\circ + 220 \angle -210^\circ + 220 \angle 210^\circ = 220(1 - \sqrt{3}) \angle 0^\circ (V)$$

Dùng phương trình K2 cho pha A ta có:

$$-E_A + I_A 100 + \phi = 0$$

$$\Rightarrow I_A = \frac{220 \angle 0^\circ - 220(1 - \sqrt{3}) \angle 0^\circ}{100} = 2,2\sqrt{3} \angle 0^\circ (A)$$

Tương tự cho pha B và C ta có:

$$I_B = \frac{220 \angle -120^\circ - 220(1 - \sqrt{3}) \angle 0^\circ}{j100} = 1,1[-\sqrt{3} + j(3 - 2\sqrt{3})](A)$$

$$I_C = \frac{220 \angle 120^\circ - 220(1 - \sqrt{3}) \angle 0^\circ}{-j100} = 1,1[-\sqrt{3} + j(-3 + 2\sqrt{3})](A)$$

$$\tilde{S}_A = E_A \cdot I_A^* = 220 \angle 0^\circ \cdot 2,2\sqrt{3} \angle 0^\circ = 838 (VA) \Rightarrow P_A = 838 (W); Q_A = 0 (Var)$$

$$\tilde{S}_B = E_B \cdot I_B^* = (220 \angle -120^\circ) * [1,1(-\sqrt{3} - j(3 - 2\sqrt{3}))] = 302,5 + j302,5 (VA)$$

$$\Rightarrow P_B = 302,5 (W); Q_B = 302,5 (Var)$$

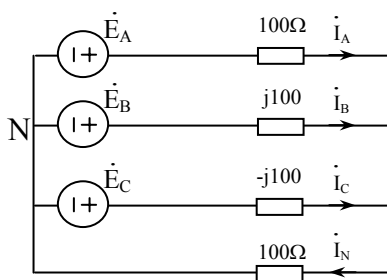
$$\tilde{S}_C = E_C \cdot I_C^* = (220 \angle 120^\circ) * [1,1(-\sqrt{3} - j(-3 + 2\sqrt{3}))] = 302,5 - j302,5 (VA)$$

$$\Rightarrow P_C = 302,5 (W); Q_C = -302,5 (Var)$$

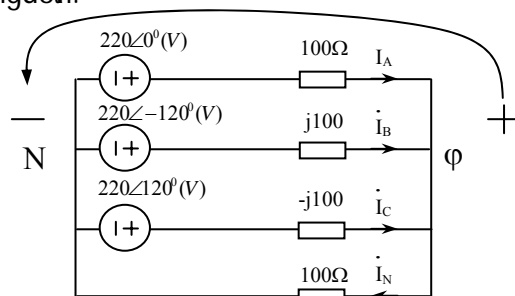
$$\tilde{S}_\Sigma = \tilde{S}_A + \tilde{S}_B + \tilde{S}_C = 838 + (302,5 + j302,5) + (302,5 - j302,5) = 1443 (VA)$$

$$P_\Sigma = 1443 (W); Q_\Sigma = 0 (Var)$$

Ví dụ 4-3: Cho mạch điện ba pha 4 dây nối xong thỏa thuận với hiệu dụng phức: $E_A = 220 \angle 0^\circ (V)$, phân tải trên các pha cho nhờ hình 4-23a. Xác định dòng điện trên các pha và công suất biểu kiến của nguồn.



Hình 4-23a



Hình 4-23b

Dùng phương pháp thế nhánh, chọn thế nhánh ϕ làm điện thế hai điểm trung tính nguồn và trung tính tải nhờ hình 4-23b. Ta có phương trình sau:

$$\phi \left(\frac{1}{100} + \frac{1}{j100} + \frac{1}{-j100} + \frac{1}{100} \right) = \frac{220 \angle 0^\circ}{100} + \frac{220 \angle -120^\circ}{j100} + \frac{220 \angle 120^\circ}{-j100}$$

$$\rightarrow \phi = 110(1 - \sqrt{3}) \angle 0^\circ (V)$$

$$K2: -220 \angle 0^\circ + I_A 100 + \phi = 0 \rightarrow I_A = \frac{220 \angle 0^\circ - 110(1 - \sqrt{3})}{100} = 1,1(1 + \sqrt{3}) \angle 0^\circ (A)$$

Tổng tải ta có:

$$I_B = \frac{220 \angle -120^\circ - 110(1 - \sqrt{3})}{j100} = [-1,1\sqrt{3} + j1,1(2 - \sqrt{3})] = -1,9 + j0,3 = 1,92 \angle 171^\circ (A)$$

$$I_C = \frac{220 \angle 120^\circ - 110(1 - \sqrt{3})}{-j100} = [-1,1\sqrt{3} - j1,1(2 - \sqrt{3})] = -1,9 - j0,3 = 1,92 \angle -171^\circ (A)$$

$$I_N = \frac{110(1 - \sqrt{3})}{100} = 1,1(1 - \sqrt{3}) \angle 0^\circ (A)$$

$$\tilde{S}_A = \dot{E}_A \cdot I_A^* = 220 \angle 0^\circ \cdot 1,1(1 + \sqrt{3}) \angle 0^\circ = 661 (VA)$$

$$\rightarrow P_A = 661 (W) \text{ (phải)} \quad Q_A = 0 (Var)$$

$$\tilde{S}_B = \dot{E}_B \cdot I_B^* = (220 \angle -120^\circ) \cdot [-1,1\sqrt{3} - j1,1(2 - \sqrt{3})] = 152 + j395 (VA)$$

$$\rightarrow P_B = 152 (W) \text{ (phải)} \quad Q_B = 395 (Var) \text{ (phải)}$$

$$\tilde{S}_C = \dot{E}_C \cdot I_C^* = (220 \angle 120^\circ) \cdot [-1,1\sqrt{3} + j1,1(2 - \sqrt{3})] = 152 - j395 (VA)$$

$$\rightarrow P_C = 152 (W) \text{ (phải)} \quad Q_C = -395 (Var) \text{ (thu)}$$

$$\tilde{S}_\Sigma = \tilde{S}_A + \tilde{S}_B + \tilde{S}_C = 661 + (152 + j395) + (152 - j395) = 965 (VA)$$

$$P_\Sigma = 965 (W); \quad Q_\Sigma = 0 (Var)$$

Xác định công suất trên các phần tử

Công suất tải dùng:

$$P_A = 100 * (1,1(1 + \sqrt{3}))^2 = 902 (W) \text{ (phải)}$$

$$P_N = 100 * (1,1(1 - \sqrt{3}))^2 = 64 (W) \text{ (phải)}$$

Công suất phản kháng:

$$Q_B = 100 * (1,92)^2 = 369 (Var) \text{ (phải)}$$

$$Q_C = -100 * (1,92)^2 = -369 (Var) \text{ (thu)}$$

Nghiệm lại định luật cân bằng công suất:

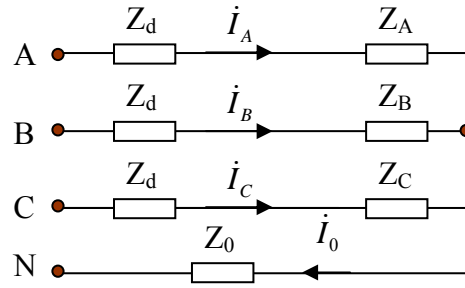
Tổng công suất tải dùng phải: $661 + 152 + 152 \approx$ Tổng công suất tải dùng thu: $902 + 64$

Tổng công suất phản kháng phải: $395 + 369 \approx$ Tổng công suất phản kháng thu: $395 + 369$

4.7.2 Nếu xét đến tổng trở Z_d của các dây dẫn pha (hình 4-24).

Phương pháp tính toán vẫn như trên, nhưng lúc này tổng trở các pha phải gồm cả tổng trở dây dẫn Z_d .

$$\begin{aligned} \text{Vì vậy: } Y_A &= \frac{1}{Z_A + Z_d} \\ Y_B &= \frac{1}{Z_B + Z_d} \\ Y_C &= \frac{1}{Z_C + Z_d} \end{aligned}$$



Hình 4-24: Phụ tải hình sao có dây trung tính

4.7.3 Khi tổng trở dây trung tính $Z_0 = 0$

Điện áp trung tính tại O trung với điện áp trung tính của nguồn N và điện áp trên các pha của tải bằng điện áp pha tổng cộng với nguồn. Rõ ràng là không có dây trung tính nên điện áp ba pha trên tải nối xống.

Tính dòng điện trong các pha, ta áp dụng định luật Ohm cho từng pha:

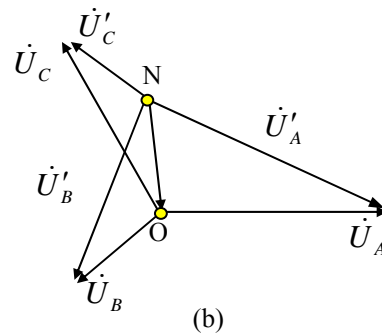
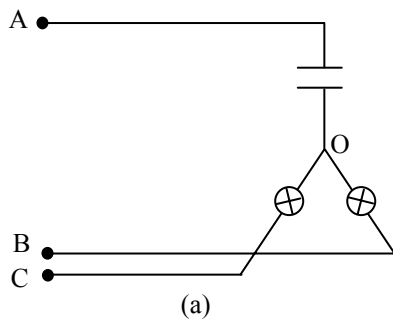
$$\dot{I}_A = \frac{\dot{U}_A}{Z_A}; \dot{I}_B = \frac{\dot{U}_B}{Z_B}; \dot{I}_C = \frac{\dot{U}_C}{Z_C}$$

4.7.4 Khi dây trung tính hoặc nối hoặc không có dây trung tính ($Z_0 = \infty; Y_0 = 0$)

Điện áp U_{ON} có thể rất lớn, do nối điện áp trên các pha tại khác điện áp pha nguồn rất nhiều có thể gây nên quá điện áp ở một pha nào đó

Ví dụ: giả thiết có tải ba pha không nối xống: Pha A là một tụ điện thuần điện dung, tổng dẫn phức của pha A là $Y_A = \frac{1}{-jX_A} = jb$. Hai pha B và C là hai bóng

lên có tổng dẫn $Y_B = Y_C = \frac{1}{R} = g$. Nguồn điện ba pha nối xống, điện áp pha là U_p (hình 4-25). Tính điện áp nhất lên mỗi bóng lên.



hình 4-25: tải ba pha hình sao không nối xống

Dùng phương pháp thế năng. Vì điện áp nguồn nối xống, theo công thức (4-25):

$$\dot{U}_{ON} = \dot{U}_P \frac{jb + ge^{-j120^\circ} + ge^{j120^\circ}}{jb + g + g}$$

Trong đó

$$e^{-j120^\circ} = \cos(-120^\circ) + j\sin(-120^\circ) = -0,5 - j0,866$$

$$e^{j120^\circ} = \cos 120^\circ + j\sin 120^\circ = -0,5 + j0,866$$

$$\dot{U}_A = U_P$$

$$\dot{U}_B = U_P e^{-j120^\circ} = U_P(-0,5 - j0,866)$$

$$\dot{U}_C = U_P e^{+j120^\circ} = U_P(-0,5 + j0,866)$$

Thay vào công thức trên ta có:

$$\dot{U}_{ON} = \dot{U}_P \frac{j b + g(-0,5 - j0,866) + g(-0,5 + j0,866)}{j b + g + g}$$

Nếu chọn $g = b$ thì:

$$\dot{U}_{ON} = \dot{U}_P(-0,2 + j0,6)$$

Ta suy ra điện áp đặt lên bóng đèn ở pha B:

$$\dot{U}'_B = \dot{U}_B - \dot{U}_{ON} = \dot{U}_P(-0,5 - j0,866) - \dot{U}_P(-0,2 + j0,6) = \dot{U}_P(-0,3 - j1,466)$$

Vectơ số trị: $U'_B = \sqrt{0,3^2 + 1,466^2} = 1,5U_P$

Tương tự, ta có điện áp đặt lên bóng đèn ở pha C:

$$\dot{U}'_C = \dot{U}_C - \dot{U}_{ON} = \dot{U}_P(-0,5 + j0,866) - \dot{U}_P(-0,2 + j0,6) = \dot{U}_P(-0,3 + j0,266)$$

Vectơ số trị: $U'_C = U_P \sqrt{0,3^2 + 0,266^2} = 0,4U_P$

Ở hình vectơ điện áp các pha tại hình 4-25b.

Ta nhận thấy điện áp đặt lên bóng đèn pha B lớn hơn điện áp đặt lên bóng đèn pha C, cho nên bóng đèn pha B sáng hơn bóng đèn pha C. Ta có thể dùng thiết bị này để làm đèn chỉ số thời gian. Muốn biết thời gian của một hệ thống nào đó nên cần chú ý thời gian của nó vào hệ thống điện áp này. Nếu giờ pha của nó vào nhanh hơn dung lượng A thì nó vào bóng đèn sáng rồi sẽ là pha B và pha nó vào bóng đèn tại sẽ là pha C.

4.7.5 Cách giải mạch điện ba pha tại nối hình tam giác không nối xuyến

Trường hợp tại không nối xuyến nối hình tam giác, nguồn điện có điện áp dây là U_{AB}, U_{BC}, U_{CA} (hình 4-25).

Nếu không xét tổng trở của các dây dẫn pha, điện áp đặt lên các pha tại là điện áp dây nguồn, do đó ta tính ngay dòng điện trong các pha tại.

$$\dot{I}_{AB} = \frac{\dot{U}_{AB}}{Z_{AB}}$$

$$\dot{I}_{BC} = \frac{\dot{U}_{BC}}{Z_{BC}}$$

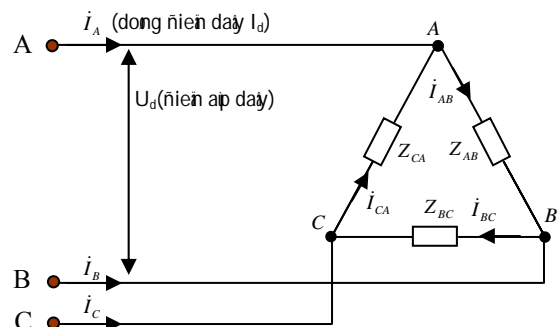
$$\dot{I}_{CA} = \frac{\dot{U}_{CA}}{Z_{CA}}$$

Áp dụng định luật Kirchhoff 1 tại các nhánh ta có dòng điện dây:

$$\dot{I}_A = \dot{I}_{AB} - \dot{I}_{CA}$$

$$\dot{I}_B = \dot{I}_{BC} - \dot{I}_{AB}$$

$$\dot{I}_C = \dot{I}_{CA} - \dot{I}_{BC}$$



Hình 4-25 : Mạch ba pha tam giác không nối xuyến

Neu trong hop coi xet tong trôicuâ các đâý dâñ pha ta nhâ biêñ nôi tông nôi tông tã nôi tam giãc thanh hình sao.

Ví dui 4-4: Cho mạch ñiêñ ba pha nôi xõng thõu tõi thuañ vớì hiêù dũng phõic $\dot{E}_A = 220\angle 0^\circ (V)$, phõu tã trêñ các pha cho nhõ hình 4-26a. Xãc ñinh dõng ñiêñ trêñ các pha và công sũt biêù kiêñ cũã nguõn.

Biêñ nôi tam giãc sang hình sao ta cũnhõ hình 4-26b.

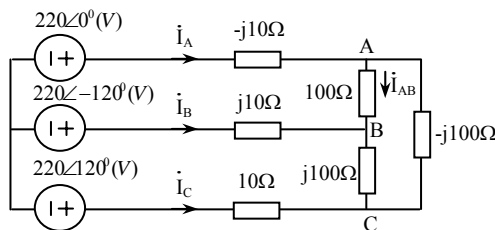
$$\dot{\phi} \left(\frac{1}{-j110} + \frac{1}{j110} + \frac{1}{110} \right) = \frac{220\angle 0^\circ}{-j110} + \frac{220\angle -120^\circ}{j110} + \frac{220\angle 120^\circ}{110}$$

$$\rightarrow \dot{\phi} = [-110(1 + \sqrt{3}) + j110(3 + \sqrt{3})](V)$$

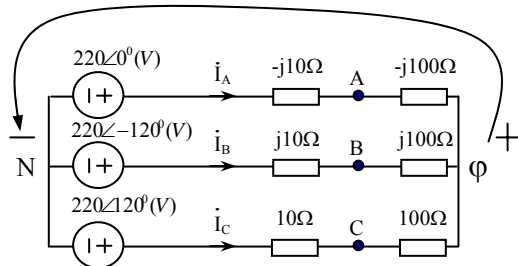
K2:

$$-220\angle 0^\circ + \dot{I}_A(-j110) + \dot{\phi} = 0 \quad \rightarrow$$

$$\dot{I}_A = \frac{220\angle 0^\circ + 110(1 + \sqrt{3}) - j110(3 + \sqrt{3})}{-j110} = (3 + \sqrt{3})(1 + j) = 6,69\angle 45^\circ (A)$$



Hình 4-26a



Hình 4-26b

Tõng tõi ta cũ

$$\dot{I}_B = \frac{220\angle -120^\circ + 110(1 + \sqrt{3}) - j110(3 + \sqrt{3})}{j110} = [-(3 + 2\sqrt{3}) - j\sqrt{3}] = 6,69\angle -165^\circ (A)$$

$$\dot{I}_C = \frac{220\angle 120^\circ + 110(1 + \sqrt{3}) - j110(3 + \sqrt{3})}{110} = [\sqrt{3} - j3] = 3,463\angle -60^\circ (A)$$

K2 ta cũ

$$-\dot{U}_{AB} + \dot{I}_A(-j110) - \dot{I}_B * (j100) = 0 \rightarrow \dot{U}_{AB} = 100(3 + j\sqrt{3})$$

$$\rightarrow \dot{I}_{AB} = \frac{\dot{U}_{AB}}{100} = (3 + j\sqrt{3}) = 3,463\angle 30^\circ (A)$$

$$K1 \dot{I}_{BC} = \dot{I}_B + \dot{I}_{AB} = -2\sqrt{3} = 3,463\angle 180^\circ (A)$$

$$\dot{I}_{CA} = \dot{I}_C + \dot{I}_{BC} = [-\sqrt{3} - j3] = 3,464\angle -120^\circ (A)$$

Tìm công sũt tãc dũng, công sũt phãn khãng trêñ các phãn tõi

$$\tilde{S}_A = \dot{E}_A \cdot \dot{I}_A^* = 220\angle 0^\circ \cdot (3 + \sqrt{3})(1 - j) = (1041 - j1041)(VA)$$

$$\rightarrow P_A = 1041(W) \text{ (phãt)} \quad Q_A = -1041(Var) \text{ (thu)}$$

$$\tilde{S}_B = \dot{E}_B \cdot \dot{I}_B^* = (220\angle -120^\circ) * [-(3 + 2\sqrt{3}) + j\sqrt{3}] = (1041 + j1041)(VA)$$

$$\rightarrow P_B = 1041(W) \text{ (phãt)} \quad Q_B = 1041(Var) \text{ (phãt)}$$

$$\tilde{S}_C = \dot{E}_C \cdot \dot{I}_C^* = (220 \angle 120^\circ) * [\sqrt{3} + j3] = -762(\text{VA})$$

$$\rightarrow P_C = -762(\text{W}) \text{ (thu)} \quad Q_C = 0(\text{Var})$$

$$\tilde{S}_\Sigma = \tilde{S}_A + \tilde{S}_B + \tilde{S}_C = (1041 - j1041) + (1041 + j1041) + (-762) = 1320(\text{VA})$$

$$P_\Sigma = 1320(\text{W}); Q_\Sigma = 0(\text{Var})$$

Xác định công suất trên các phần tử

Công suất tải dùng:

$$P_C = 10 * (3,463)^2 = 120(\text{W}) \text{ (phải)}$$

$$P_{AB} = 100 * (3,463)^2 = 1200(\text{W}) \text{ (phải)}$$

Công suất phản kháng:

$$Q_A = -10 * (6,69)^2 = -448(\text{Var}) \text{ (thu)}$$

$$Q_B = 10 * (6,69)^2 = 448(\text{Var}) \text{ (phải)}$$

$$Q_{BC} = 100 * (3,463)^2 = 1200(\text{Var}) \text{ (phải)}$$

$$Q_{CA} = -100 * (3,463)^2 = -1200(\text{Var}) \text{ (thu)}$$

Nghiệm lại định luật cân bằng công suất:

Tổng công suất tải dùng phải: $1041 + 1041 \approx$ Tổng công suất tải dùng thu: $1200 + 120 + 762$

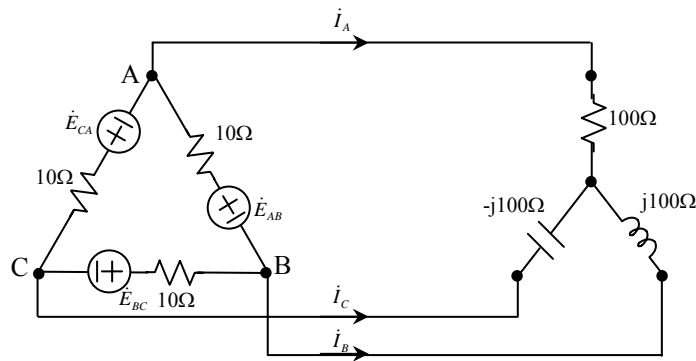
Tổng công suất phản kháng phải: $1041 + 448 + 1200 \approx$ Tổng công suất phản kháng thu: $1041 + 448 + 1200$

4.7.6 Cách giải mạch điện ba pha nguồn tam giác tải nối hình sao không nối xing:

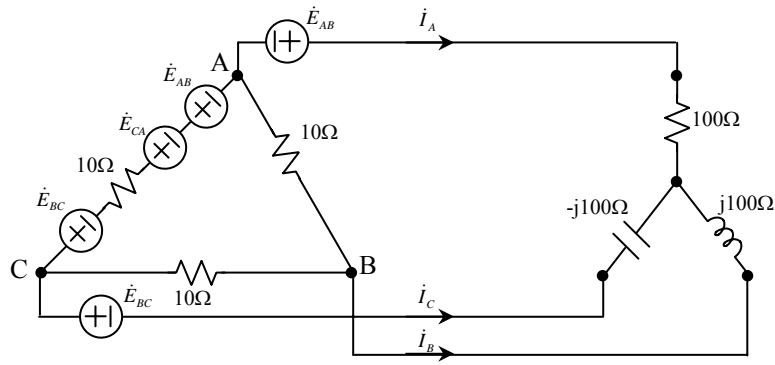
Biến nối nguồn ba pha tam giác sang hình sao, bằng cách thực hiện phép dịch chuyển nguồn áp \dot{E}_{AB} và \dot{E}_{BC} như hình vẽ... sau đó giải mạch nhờ trường hợp mạch có nguồn và tải bất nối xing hình sao.

Ví dụ 4-5: cho mạch điện ba pha (hình 4-27a) với nguồn tam giác nối xing thoi thoi thuận, $\dot{E}_{AB} = 380 \angle 0^\circ (\text{V})$; $\dot{E}_{BC} = 380 \angle -120^\circ (\text{V})$ $\dot{E}_{CA} = 380 \angle 120^\circ (\text{V})$. Xác định dòng điện trên các pha.

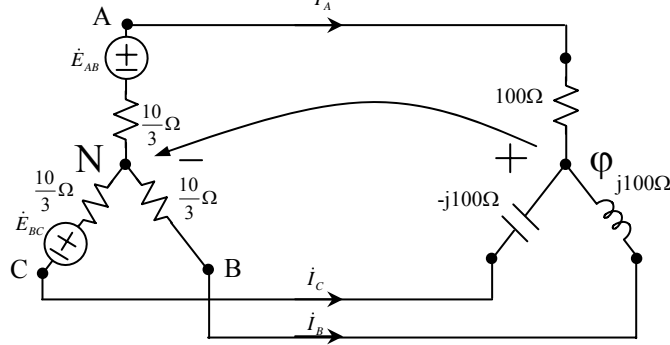
Giải Dùng phép biến nối, dịch chuyển nguồn như hình 4-27b và hình 4-27c.



Hình 4-27a



Hình 4-27b



Hình 4-27c

$$\phi \left(\frac{1}{\frac{10}{3} + 100} + \frac{1}{\frac{10}{3} + j100} + \frac{1}{\frac{10}{3} - j100} \right) = \frac{\dot{E}_{AB}}{\frac{10}{3} + 100} - \frac{\dot{E}_{BC}}{\frac{10}{3} - j100}$$

$$\phi \left(\frac{3}{310} + \frac{3}{10 + j300} + \frac{3}{10 - j300} \right) = \frac{3.380 \angle 0^\circ}{310} - \frac{3.380 \angle -120^\circ}{10 - j300}$$

$$\rightarrow \phi = \frac{901(62700 - j11982)}{963(10 - j300)} = 43,84 + j194,08 = 198,97 \angle 77,27^\circ \text{ (V)}$$

$$\rightarrow i_B = \frac{-\phi}{\frac{10}{3} + j100} = \frac{-3 * 901(62700 - j11982)}{963(10 - j300)(10 + j300)} = -1,953 + j0,373 = 1,99 \angle 169,2^\circ \text{ (A)}$$

$$i_A = \frac{\dot{E}_{AB} - \phi}{\frac{10}{3} + 100} = \frac{380 \angle 0^\circ - \frac{901(62700 - j11982)}{963(10 - j300)}}{\frac{310}{3}} = 3,25 - j1,88 = 3,75 \angle -30^\circ \text{ (A)}$$

$$i_c = \frac{-\dot{E}_{BC} - \varphi}{\frac{10}{3} - j100} = \frac{-380 \angle -120^\circ - \frac{901(62700 - j11982)}{963(10 - j300)}}{\frac{10 - j300}{3}} = 1,924 - j0,503$$

$$= 1,99 \angle -14,7^\circ \text{ (A)}$$

4.8. PHƯƠNG PHÁP CÁC THÀNH PHẦN NỐI XẺNG.

4.8.1 Khái niệm

Trong nhiều trường hợp ta phải giải tích mạch điện ba pha không nối xêng, cụ thể là:

Mạch điện có nguồn điện ba pha nối xêng tại không nối xêng, khi nội dung điện đầy ba pha không nối xêng và điện áp trên tải không nối xêng.

Mạch điện có điện áp nguồn ba pha không nối xêng nên dòng điện ba pha và điện áp ba pha trên tải không nối xêng.

Các dạng sơ đồ nối một pha, ngắn mạch hai pha hay một pha nếu là các trạng thái không nối xêng.

Việc giải mạch điện không nối xêng bằng các phương pháp đã xét nói chung là phức tạp không tiện lợi. Do nội dung phương pháp các thành phần nối xêng cũng nêu ra để giải mạch ba pha không nối xêng, các bài tập trong trường hợp có hoặc không nối xêng.

Nội dung của phương pháp các thành phần nối xêng là:

- 1) Phân tích hệ ba pha (sức điện động, điện áp hay dòng điện) không nối xêng thành các thành phần nối xêng;
- 2) Giải mạch điện nối với từng thành phần nối xêng tại riêng rẽ
- 3) Dùng phương pháp xếp chồng các kết quả ta được đáp số của bài toán không nối xêng.

4.8.2 Phân tích hệ thống ba pha không nối xêng thành các thành phần nối xêng

a. Nhận nghĩa: hệ ba pha A, B, C (dòng điện, điện áp, sức điện động v.v...) được gọi là nối xêng nếu:

Chúng có mối nối bằng nhau: $A = B = C$.

Góc lệch pha giữa các pha bằng nhau.

Có ba kiểu tạo thành hệ nối xêng (hình 4-28)

Hệ nối xêng thuận (hình 4-28a) sắp xếp theo trình tự $A_1, B_1, C_1 \dots$

Nếu coi $\dot{A}_1 = A_1 e^{j0} = A_1$ thì:

$$\dot{B}_1 = \dot{A}_1 e^{-j120^\circ} = A_1 e^{-j120^\circ} ; \dot{C}_1 = \dot{A}_1 e^{j120^\circ} = A_1 e^{j120^\circ} \quad (4-26)$$

Hệ nối xêng nghịch (hình 4-28b) sắp xếp theo trình tự A_2, B_2, C_2

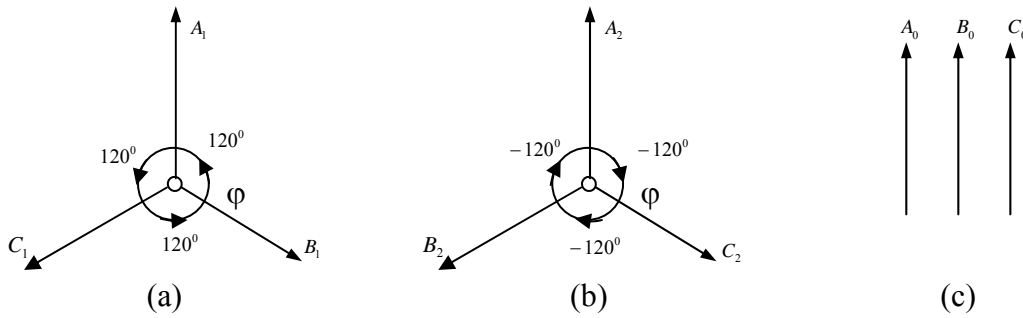
Nếu $\dot{A}_2 = A_2$ thì:

$$\dot{B}_2 = A_2 e^{j120^\circ} ; \dot{C}_2 = A_2 e^{-j120^\circ} \quad (4-27)$$

Nhờ vậy, hệ nối xêng nghịch có thể ngược so với hệ nối xêng thuận.

Hệ nối xêng theo trình tự không (hình 4-28c) ba pha có mối nối bằng nhau và góc lệch pha giữa các pha nếu bằng không, tức là

$$\dot{A}_0 = \dot{B}_0 = \dot{C}_0 \quad (4-28)$$



Hình 4-28: Hệ nối vòng thối thuận (a) nghịch (b) và không (c)

b. Hệ số pha

Định nghĩa: hệ số pha (*con gọi là toán tử pha*) ký hiệu là a, là một số phức có dạng:

$$a = e^{j120^\circ} = -\frac{1}{2} + j\frac{\sqrt{3}}{2} \quad (4-29)$$

Tính chất

Nhân một số phức với toán tử pha sẽ làm tăng argumen của số phức lên 120°
 $aZ = az e^{j\varphi} = e^{j120^\circ} \cdot z e^{j\varphi} = z e^{j(\varphi+120^\circ)}$ (4-30)

Nhờ vậy, nhân vectơ của a tức là quay vectơ nó đi 120°, còn nó dài vectơ không đổi.

Các lũy thừa của toán tử pha:

$$a^0 = 1; a^1 = a = -\frac{1}{2} + j\frac{\sqrt{3}}{2}$$

$$a^2 = e^{j120^\circ} \cdot e^{j120^\circ} = e^{j240^\circ} = e^{-j120^\circ} = -\frac{1}{2} - j\frac{\sqrt{3}}{2} \quad (4-31)$$

$$a^3 = e^{j360^\circ} = 1 = a^0$$

$$a^4 = a^3 \cdot a = 1 \cdot a = a$$

v.v...

Một số biểu thức của toán tử pha (hình 6-19):

$$1+a+a^2 = 1 + (-\frac{1}{2} + j\frac{\sqrt{3}}{2}) + (-\frac{1}{2} - j\frac{\sqrt{3}}{2}) = 0 \quad (4-32)$$

$$a-1 = \sqrt{3}e^{j150^\circ}; 1-a = \sqrt{3}e^{-j30^\circ}; 1-a^2 = \sqrt{3}e^{j30^\circ} \quad (4-33)$$

Biểu diễn các hệ nối vòng qua toán tử pha:

Hệ thối thuận: từ (4-26), thay $e^{j120^\circ} = a; e^{-j120^\circ} = a^2$

Ta có

$$\dot{A}_1 = \dot{B}_1 = a^2 \dot{A}_1; \dot{C}_1 = a \dot{A}_1 \quad (4-34)$$

Hệ thối nghịch: từ (4-27)

$$\dot{A}_2 = \dot{B}_2 = a \dot{A}_2; \dot{C}_2 = a^2 \dot{A}_2 \quad (4-35)$$

Hệ thối không: ta vẫn có $\dot{A}_0 = \dot{B}_0 = \dot{C}_0$

c. Phân tích hệ ba pha không nối xuyến ra các thành phần nối xuyến

Bài toán: cho hệ ba pha không nối xuyến A, B, C. Hãy tìm cách phân tích hệ này thành tổng của các thành phần nối xuyến.

Nhìn lyisau này sẽ cho phép tìm lời giải của bài toán này:

Nhận xét Mọi hệ ba pha không nối xuyến $\dot{A}, \dot{B}, \dot{C}$ nếu coi theo các lát cắt của ba thành phần nối xuyến: thành phần thời tới thuận $\dot{A}_1, \dot{B}_1, \dot{C}_1$ thời tới nghịch $\dot{A}_2 = \dot{B}_2 = \dot{C}_2$ và thời tới không $\dot{A}_0 = \dot{B}_0 = \dot{C}_0$. Cách phân tích nối xuyến nhất.

Thức vậy, nhất:

$$\dot{A} = \dot{A}_1 + \dot{A}_2 + \dot{A}_0; \dot{B} = \dot{B}_1 + \dot{B}_2 + \dot{B}_0; \dot{C} = \dot{C}_1 + \dot{C}_2 + \dot{C}_0 \quad (4-36)$$

Thay (4-34), (4-35) vào (4-28) và ta có:

$$\dot{A} = \dot{A}_1 + \dot{A}_2 + \dot{A}_0 \quad (4-37a)$$

$$\dot{B} = a^2 \dot{A}_1 + a \dot{A}_2 + \dot{A}_0 \quad (4-37b)$$

$$\dot{C} = a \dot{A}_1 + a^2 \dot{A}_2 + \dot{A}_0 \quad (4-37c)$$

Hệ (4-37) gồm ba phương trình bậc nhất, với ba ẩn số là $\dot{A}_1, \dot{A}_2, \dot{A}_0$; nhìn thộc của hệ khác không, nên hệ luôn luôn có một nghiệm duy nhất. Nhờ vậy, nếu cho $\dot{A}, \dot{B}, \dot{C}$ bao giờ ta cũng tìm được một bộ nghiệm duy nhất $\dot{A}_1, \dot{A}_2, \dot{A}_0$.

$$\dot{A}_0 = \frac{\dot{A} + \dot{B} + \dot{C}}{3} \quad (4-38)$$

$$\dot{A}_1 = \frac{\dot{A} + a\dot{B} + a^2\dot{C}}{3} \quad (4-39)$$

$$\dot{A}_2 = \frac{\dot{A} + a^2\dot{B} + a\dot{C}}{3} \quad (4-40)$$

Ví dụ 4-6: cho hệ điện áp ba pha nối pha C (hình 4-29). $\dot{U}_A = 120(\text{V})$; $\dot{U}_B = 120 \cdot e^{-j120^\circ} (\text{V})$; $\dot{U}_C = 0 (\text{V})$. Phân tích hệ này ra các thành phần nối xuyến.

Giải

Ta giải bài này bằng đồ thị vectơ. Ta có:

$$3\dot{U}_{AO} = \dot{U}_A + \dot{U}_B + \dot{U}_C = 120 e^{-j60^\circ} (\text{V}).$$

Từ đó $\dot{U}_{AO} = 40 e^{-j60^\circ} (\text{V})$.

Thành phần thời tới thuận:

$$3\dot{U}_{A1} = \dot{U}_A + a\dot{U}_B + a^2\dot{U}_C = \dot{U}_A + a\dot{U}_B + 0$$

Vectơ $a\dot{U}_B$ là vectơ \dot{U}_B quay đi 120° , do đó nằm trùng với \dot{U}_A (hình 4-29a).

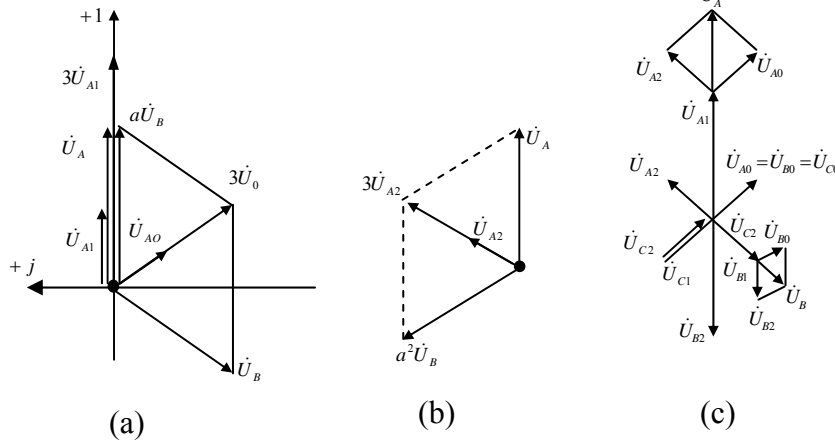
Từ đó $3\dot{U}_{A1} = 2\dot{U}_A = 2 \cdot 120 = 240$; Từ đó $\dot{U}_{A1} = 80\text{V}$.

Thành phần thời tới nghịch:

$$3\dot{U}_{A2} = \dot{U}_A + a^2\dot{U}_B + a\dot{U}_C = \dot{U}_A + a^2\dot{U}_B$$

Vectơ $a^2\dot{U}_B$ là vectơ \dot{U}_B quay đi 240° , trở thành véc tơ pha trùng với \dot{U}_A một góc 120° . Từ đó (hình 4-29b) $\rightarrow 3\dot{U}_{A2} = 120 e^{j60^\circ} (\text{V})$; suy ra $\dot{U}_{A2} = 40 e^{j60^\circ} (\text{V})$

Tổng hợp các thành phần nối xuyến, ta được lại hệ điện áp ban đầu (hình 6-20c).



Hình 4-29: Phân tích hệ điện áp ba pha nối một pha ra các thành phần nối vòng a) Xác định U_{A0} và U_{A1} ; b) Xác định U_{A2} ; c) Tổng hợp ba thành phần nối vòng

4.8.3 Tính chất của các thành phần nối vòng

a. Tổng ba dòng pha của hệ ba pha bằng ba lần thành phần thời tới không:

$$\dot{A} + \dot{B} + \dot{C} = 3\dot{A}_0$$

Nhieu này suy ra từ biểu thức (4-38). Từ đó ta có hai hệ quả sau:

- Dòng điện nối trên dây trung tính bằng ba lần dòng điện thời tới không.

Thật vậy, với mạch điện có dây trung tính

Ta có

$$\dot{I}_N = \dot{I}_A + \dot{I}_B + \dot{I}_C = 3\dot{I}_0 \quad (4-41)$$

Nhieu áp di nhien trung tính chính la nhieu áp thời tới không. Thật vậy, ta có

$$\dot{U}'_A = \dot{U}_A - \dot{U}'_{O'O}$$

$$\dot{U}'_B = \dot{U}_B - \dot{U}'_{O'O}$$

$$\dot{U}'_C = \dot{U}_C - \dot{U}'_{O'O}$$

Biết $\dot{U}'_{O'O} = -\dot{U}'_{O'O'}$. Cộng ba năng thức trên ta có

$$\dot{U}'_A + \dot{U}'_B + \dot{U}'_C = (\dot{U}_A + \dot{U}_B + \dot{U}_C) + 3\dot{U}'_{O'O'}$$

Biết: $\dot{U}_A, \dot{U}_B, \dot{U}_C$ la nhieu xing, nen $\dot{U}_A + \dot{U}_B + \dot{U}_C = 0$

$$\text{Mặt khác: } \dot{U}'_A + \dot{U}'_B + \dot{U}'_C = 3\dot{U}'_{O'O'}$$

$$\text{Suy ra: } \dot{U}'_{O'O'} = \dot{U}'_O$$

b. Hieu hai dòng pha của hệ sẽ không có thành phần thời tới không.

$$\dot{A} - \dot{B} = (\dot{A}_1 + \dot{A}_2 + \dot{A}_0) - (a^2 \dot{A}_1 + a \dot{A}_2 + \dot{A}_0) = \dot{A}_1(1 - a^2) + \dot{A}_2(1 - a)$$

Nhờ vậy, nhieu áp dây (bang hieu nhieu áp hai pha) không có thành phần thời tới không.

4.8.4 Các bước của phương pháp các thành phần nối vòng

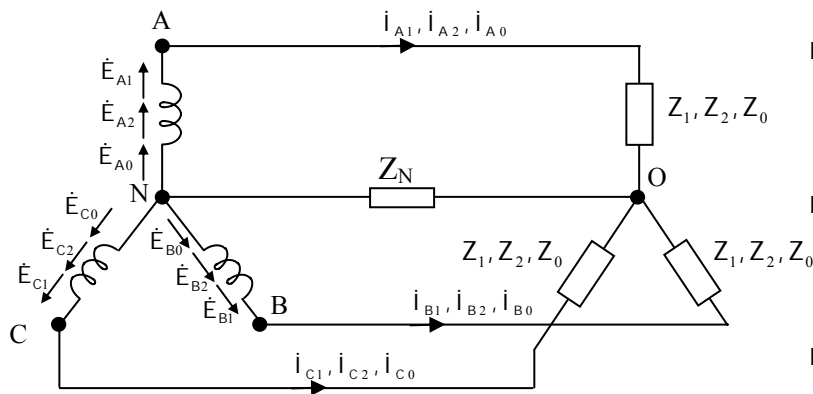
a. Phân tích nguồn ba pha không nối vòng thành các thành phần nối vòng thời tới thuận \dot{U}_1 , thời tới nghịch \dot{U}_2 và thời tới không \dot{U}_0 .

b. Xác định trở kháng thời tới thuận Z_1 , thời tới nghịch Z_2 , thời tới không tổng ồng với tải. Nếu phụ tải ba pha la phụ tải tính (không có hoăc nối giữa

các pha) trở kháng phụ tải không nối với nối với 3 thành phần nối với của nguồn. Nếu phụ tải ba pha nối với nối với giữa các pha (Gọi là phụ tải nối) thì $Z_1 \neq Z_2 \neq Z_0$.

c. Thành phần các số nối với nối với thuận, nghịch và không cho pha A để tính $i_{A1} = i_1; i_{A2} = i_2; i_{A0} = i_0$ (Số nối hình 4-30). Trong nối số nối với nối với không do dòng trong dây trung tính là $3I_0$, nên sẽ là Z_0 nối tiếp $3Z_N$. Con số nối với nối với thuận, nghịch dòng nối với nối với trong dây trung tính bằng không nên không nối Z_N .

d. Sau khi xác định nối với nối với I_1, I_2 và I_0 xếp chồng nối với nối với kết quả dòng và áp. Theo công thức (4-37a,b,c)



Hình 4-30

