

CHƯƠNG 2: PHƯƠNG PHÁP CÁC THÀNH PHẦN ĐỐI XỨNG

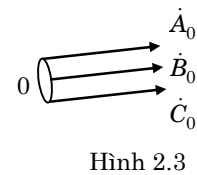
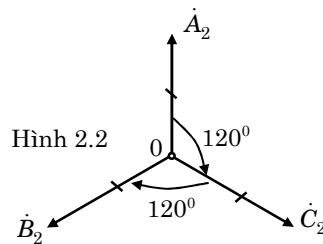
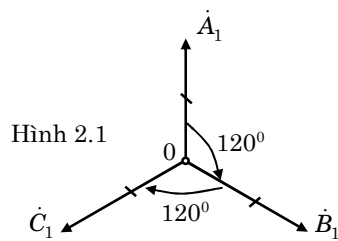
2.1 Tóm tắt lý thuyết

2.1.1 Khái niệm về các thành phần đối xứng

- Một hệ trạng thái được gọi là đối xứng thứ tự thuận nếu giá trị của các pha bằng nhau nhưng mỗi pha vượt trước pha kế tiếp góc 120° , ký hiệu là: A_1, B_1, C_1 (hình 2.1).

- Một hệ trạng thái được gọi là đối xứng thứ tự ngược nếu giá trị của các pha bằng nhau nhưng mỗi pha chậm sau pha kế tiếp góc 120° , ký hiệu là: A_2, B_2, C_2 (hình 2.2).

- Một hệ trạng thái được gọi là đối xứng thứ tự không nếu trị số, phương, chiều của các pha như nhau, ký hiệu là: A_0, B_0, C_0 (hình 2.3).



2.1.2 Nội dung phương pháp thành phần đối xứng

- Coi hệ thống là tuyến tính đối với các trạng thái không đối xứng.
- Phân tích trạng thái không đối xứng thành các thành phần đối xứng.
- Ứng với mỗi thành phần đối xứng phụ tải động có 1 giá trị nhất định.
- Tách riêng thành từng bài toán đối xứng thành phần để giải.
- Tổng hợp kết quả.

2.1.3 Công thức tổng hợp

$$\begin{cases} \dot{A} = \dot{A}_1 + \dot{A}_2 + \dot{A}_0 \\ \dot{B} = \dot{B}_1 + \dot{B}_2 + \dot{B}_0 = a^2 \dot{A}_1 + a \dot{A}_2 + \dot{A}_0 \\ \dot{C} = \dot{C}_1 + \dot{C}_2 + \dot{C}_0 = a \dot{A}_1 + a^2 \dot{A}_2 + \dot{A}_0 \end{cases} \quad (2.1)$$

2.1.4 Công thức phân tích

$$\begin{cases} \dot{A}_0 = \frac{1}{3}(\dot{A} + \dot{B} + \dot{C}) \\ \dot{A}_1 = \frac{1}{3}(\dot{A} + a\dot{B} + a^2\dot{C}) \\ \dot{A}_2 = \frac{1}{3}(\dot{A} + a^2\dot{B} + a\dot{C}) \end{cases} \quad (2.2)$$

2.1.5 Tính chất của các thành phần đối xứng

1. Tổng 3 lượng pha của hệ thống không đối xứng bằng 3 lần thành phần đối xứng thứ tự không.

$$\dot{A}_0 = \frac{1}{3}(\dot{A} + \dot{B} + \dot{C}) \quad (2.3)$$

Dựa vào tính chất ta có: Dòng điện đi qua dây trung tính bằng 3 lần dòng điện đối xứng thứ tự không.

$$\dot{I}_N = \dot{I}_A + \dot{I}_B + \dot{I}_C = 3\dot{I}_{A_0}$$

2. Hiệu 2 lượng pha của hệ thống không đối xứng không chứa thành phần đối xứng thứ tự không.

$$\dot{A} - \dot{B} = (\dot{A}_1 + \dot{A}_2 + \dot{A}_0) - (a^2\dot{A}_1 + a\dot{A}_2 + \dot{A}_0) = \dot{A}_1(1 - a^2) + \dot{A}_2(1 - a) \quad (2.4)$$

Dựa vào tính chất ta có: Điện áp dây không chứa thành phần đối xứng thứ tự không.

$$\begin{aligned} \dot{U}_{AB} &= \dot{U}_A - \dot{U}_B = (\dot{U}_{A_1} + \dot{U}_{A_2} + \dot{U}_{A_0}) - (a^2\dot{U}_{A_1} + a\dot{U}_{A_2} + \dot{U}_{A_0}) \\ &= \dot{U}_{A_1}(1 - a^2) + \dot{U}_{A_2}(1 - a) \end{aligned}$$

2.1.6 Các bước phân tích mạch điện 3 pha không đối xứng với phụ tải động

- Phân tích nguồn không đối xứng thành các thành phần đối xứng. Ứng với mỗi thành phần đối xứng của nguồn, phụ tải động có một giá trị xác định.

- Tách riêng thành từng bài toán đối xứng thành phần. Với mỗi bài toán đối xứng thành phần ta tách riêng một pha để tính.

- Tổng hợp kết quả lại ta sẽ được đáp ứng của mạch điện đối với nguồn không đối xứng.

2.1.7 Các bước phân tích mạch điện 3 pha bị sự cố

- Viết hệ phương trình mô tả sự cố theo các thành phần đối xứng của 1 pha (hệ gồm có 3 phương trình).

- Thay thế chỗ sự cố bằng hệ thống dòng điện và điện áp không đối xứng mắc nối tiếp với đường dây (sự cố dọc) hoặc mắc song song với đường dây (sự cố ngang); biểu diễn hệ thống dòng áp này theo các thành phần đối xứng của 1 pha (trùng với pha đã biểu diễn ở bước 1).

- Tách thành các bài toán đối xứng thành phần để giải, trong mỗi bài toán đối xứng thành phần ta giữ nguyên điện áp và dòng điện ở chỗ sự cố, thay thế phần còn lại bằng máy phát điện tương đương, sau đó viết các phương trình mạch điện sự cố (viết được 3 hoặc 2 phương trình theo mạch điện có hoặc không có bài toán đối xứng thứ tự không).

- Giải hệ phương trình mô tả sự cố và mạch điện sự cố, ta tìm được các thành phần đối xứng của 1 pha ở chỗ sự cố. Dựa vào sơ đồ tách riêng 1 pha của các bài toán đối xứng thành phần để tìm các thành phần đối xứng của điện áp và dòng điện 1 pha ở các bộ phận trong mạch điện.

- Tổng hợp kết quả, ta tìm được điện áp và dòng điện ở các bộ phận trong mạch điện.

Chú ý:

1. Trường hợp sự cố ngang không chạm đất sẽ không có bài toán đối xứng thứ tự không.
2. Trường hợp tải nối tam giác hoặc tải nối sao không có dây trung tính đều vắng mặt ở bài toán đối xứng thứ tự không.

3. Khi thay thế chỗ sự cố bằng hệ thống dòng áp đối xứng của 1 pha thì ta có thể biểu diễn chúng theo các thành phần đối xứng của dòng áp ở một pha tùy ý (pha A, pha B hoặc pha C).

4. Đối với sự cố phức tạp như vừa đứt dây vừa chạm đất, được coi như mạch điện vừa bị sự cố dọc, vừa bị sự cố ngang và hệ phương trình mô tả sự cố gồm hệ phương trình sự cố dọc cộng với hệ phương trình sự cố ngang (hệ có 6 phương trình).

2.1.8 Công suất mạch điện 3 pha theo các thành phần đối xứng

$$\tilde{S} = 3\dot{U}_{A_1}\hat{I}_{A_1} + 3\dot{U}_{A_2}\hat{I}_{A_2} + 3\dot{U}_{A_0}\hat{I}_{A_0} = \tilde{S}_{1(3pha)} + \tilde{S}_{2(3pha)} + \tilde{S}_{0(3pha)} \quad (2.5)$$

2.1.9 Sóng hài bậc cao trong mạch điện 3 pha

- Điện áp nguồn của mạch điện 3 pha có thể bị méo. Khi phân tích nguồn thành tổng các sóng điều hòa bậc cao, ngoài tần số ω còn có các tần số: $3\omega, 5\omega, 7\omega, \dots$

- Sóng bậc $3n$ tương ứng với thành phần đối xứng thứ tự không.
- Sóng bậc $3n+1$ tương ứng với thành phần đối xứng thứ tự thuận.
- Sóng bậc $3n+2$ tương ứng với thành phần đối xứng thứ tự ngược.

* Một số tính chất của dòng điện, điện áp trong mạch 3 pha đối xứng không sin:

1. Nếu nguồn 3 pha đối xứng không sin nối tam giác hở thì điện áp trên 2 cực của nó khi hở mạch U_{AZ} sẽ gồm tất cả các sóng điều hòa bậc $3n$ của của điện áp pha, nên về trị số hiệu dụng:

$$U_{AZ} = 3\sqrt{U_3^2 + U_9^2 + U_{15}^2 + \dots}$$

2. Dòng điện trong dây trung tính chỉ chứa các sóng điều hòa bậc $3n$ của dòng điện dây, do đó:

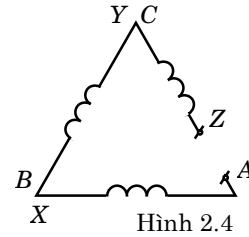
$$I_N = 3\sqrt{I_3^2 + I_9^2 + I_{15}^2 + \dots}$$

3. Điện áp pha có thể gồm tất cả các sóng điều hòa, do đó:

$$U_f = \sqrt{U_1^2 + U_3^2 + U_5^2 + U_7^2 + U_9^2 \dots}$$

4. Điện áp dây không thể có thành phần thứ tự không, tức là không chứa sóng điều hòa bậc $3n$, nên:

$$U_d = \sqrt{3}\sqrt{U_1^2 + U_5^2 + U_7^2 + U_{11}^2 \dots}$$



2.2 Bài tập giải mẫu

Bài tập 1: Phân tích hệ thống điện áp 3 pha không đối xứng sau thành các thành phần đối xứng pha A:

$$e_A(t) = 220\sqrt{2} \sin(100t + 150^\circ) \text{ (V)}$$

$$e_B(t) = 100\sqrt{2} \sin(100t + 50^\circ) \text{ (V)}$$

$$e_C(t) = 220\sqrt{2} \sin(100t + 100^\circ) \text{ (V)}$$

Giải:

$$\begin{aligned} \dot{E}_{A_1} &= \frac{1}{3}(\dot{E}_A + a\dot{E}_B + a^2\dot{E}_C) \\ &= \frac{1}{3}(220\angle 150^\circ + 1\angle 120^\circ \cdot 100\angle 50^\circ + 1\angle 240^\circ \cdot 220\angle 100^\circ) = 32,46\angle 147,65^\circ \text{ (V)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \dot{E}_{A_2} &= \frac{1}{3}(\dot{E}_A + a^2\dot{E}_B + a\dot{E}_C) \\ &= \frac{1}{3}(220\angle 150^\circ + 1\angle 240^\circ \cdot 100\angle 50^\circ + 1\angle 120^\circ \cdot 220\angle 100^\circ) = 116,07\angle -158,9^\circ \text{ (V)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \dot{E}_{A_0} &= \frac{1}{3}(\dot{E}_A + \dot{E}_B + \dot{E}_C) \\ &= \frac{1}{3}(220\angle 150^\circ + 100\angle 50^\circ + 220\angle 100^\circ) = 145,17\angle 112,16^\circ \text{ (V)} \end{aligned}$$

Bài tập 2: Phân tích hệ thống dòng điện 3 pha không đối xứng sau thành các thành phần đối xứng: $\dot{I}_{AB} = 12\angle 45^\circ$ (A); $\dot{I}_{BC} = 12\angle -85^\circ$ (A); $\dot{I}_{CA} = 0$ (A)

Giải:

$$\begin{aligned} \dot{I}_{AB_1} &= \frac{1}{3}(\dot{I}_{AB} + a\dot{I}_{BC} + a^2\dot{I}_{CA}) \\ &= \frac{1}{3}(12\angle 45^\circ + 1\angle 120^\circ \cdot 12\angle -85^\circ + 1\angle 240^\circ \cdot 0) = 8\angle 40^\circ \text{ (A)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \dot{I}_{AB_2} &= \frac{1}{3}(\dot{I}_{AB} + a^2\dot{I}_{BC} + a\dot{I}_{CA}) \\ &= \frac{1}{3}(12\angle 45^\circ + 1\angle 240^\circ \cdot 12\angle -85^\circ + 1\angle 120^\circ \cdot 0) = 4,58\angle 100^\circ \text{ (A)} \end{aligned}$$

$$\dot{I}_{AB_0} = \frac{1}{3}(\dot{I}_{AB} + \dot{I}_{BC} + \dot{I}_{CA}) = \frac{1}{3}(12\angle 45^\circ + 12\angle -85^\circ + 0) = 3,38\angle -20^\circ \text{ (A)}$$

Bài tập 3: Hệ phương trình mô tả sự cố khi đứt dây pha C?

$$\begin{cases} \dot{U}_A = \dot{U}_{A_1} + \dot{U}_{A_2} + \dot{U}_{A_0} = 0 \\ \dot{U}_B = a^2\dot{U}_{A_1} + a\dot{U}_{A_2} + \dot{U}_{A_0} = 0 \\ \dot{I}_C = a\dot{I}_{A_1} + a^2\dot{I}_{A_2} + \dot{I}_{A_0} = 0 \end{cases}$$

Bài tập 4: Hệ phương trình mô tả sự cố khi ngắn mạch dây pha C và pha B?

$$\begin{cases} \dot{I}_A = \dot{I}_{A_1} + \dot{I}_{A_2} + \dot{I}_{A_0} = 0 \\ \dot{U}_B = a^2\dot{U}_{A_1} + a\dot{U}_{A_2} + \dot{U}_{A_0} = 0 \\ \dot{U}_C = a\dot{U}_{A_1} + a^2\dot{U}_{A_2} + \dot{U}_{A_0} = 0 \end{cases}$$

Bài tập 5: Hệ phương trình mô tả sự cố khi ngắn mạch chạm đất dây pha A và pha B?

$$\begin{cases} \dot{U}_A = \dot{U}_{A_1} + \dot{U}_{A_2} + \dot{U}_{A_0} = 0 \\ \dot{U}_B = a^2 \dot{U}_{A_1} + a \dot{U}_{A_2} + \dot{U}_{A_0} = 0 \\ \dot{I}_C = a \dot{I}_{A_1} + a^2 \dot{I}_{A_2} + \dot{I}_{A_0} = 0 \end{cases}$$

Bài tập 6: Viết biểu thức sức điện động $e_B(t)$, $e_C(t)$ của nguồn đối xứng không sin biết sức điện động pha A:

$$e_A(t) = 45\sqrt{2} \sin(100t + 15^\circ) + 20\sqrt{2} \sin(30t + 50^\circ) + 5\sqrt{2} \sin(50t + 30^\circ) \quad (V)$$

Giải:

$$e_B(t) = 45\sqrt{2} \sin(100t - 105^\circ) + 20\sqrt{2} \sin(30t + 50^\circ) + 5\sqrt{2} \sin(50t + 150^\circ) \quad (V)$$

$$e_C(t) = 45\sqrt{2} \sin(100t + 135^\circ) + 20\sqrt{2} \sin(30t + 50^\circ) + 5\sqrt{2} \sin(50t - 90^\circ) \quad (V)$$

Bài tập 7: Cho mạch điện 3 pha như hình 2.5. Biết:

- Nguồn không đối xứng có các sức điện động:

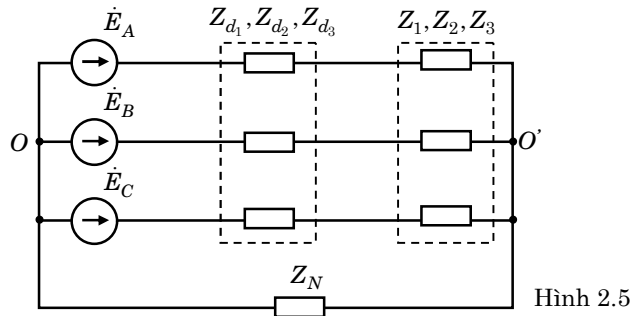
$$\dot{E}_A = 220 \angle 40^\circ \quad (V), \quad \dot{E}_B = 380 \angle -80^\circ \quad (V), \quad \dot{E}_C = 0 \quad (V)$$

- Tải động có tổng trở pha đối với các thành phần đối xứng là:

$$Z_1 = 80 + j100 \quad (\Omega); \quad Z_2 = 100 + j120 \quad (\Omega); \quad Z_0 = 50 + j50 \quad (\Omega)$$

- Đường dây pha và dây trung tính có tổng trở: $Z_{d_1} = Z_{d_2} = Z_{d_0} = Z_N = j15 \quad (\Omega)$

Yêu cầu: Tính dòng điện trong các pha và dòng điện trong dây trung tính của mạch điện?



Hình 2.5

Giải:

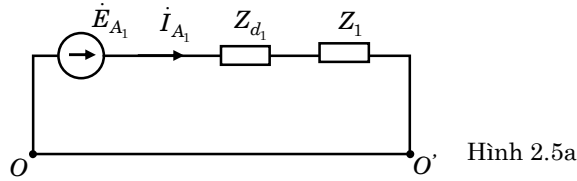
1. Phân tích nguồn không đối xứng thành các thành phần đối xứng:

$$\begin{aligned} \dot{E}_{A_0} &= \frac{1}{3}(\dot{E}_A + \dot{E}_B + \dot{E}_C) = \frac{1}{3}(220 \angle 40^\circ + 380 \angle -80^\circ) \\ &= 78,172 - j77,6045 = 110,15 \angle -44,79^\circ \quad (V) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \dot{E}_{A_1} &= \frac{1}{3}(\dot{E}_A + a \dot{E}_B + a^2 \dot{E}_C) = \frac{1}{3}(220 \angle 40^\circ + 1 \angle 120^\circ \cdot 380 \angle -80^\circ) \\ &= 153,209 + j128,558 = 220 \angle 40^\circ \quad (V) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \dot{E}_{A_2} &= \frac{1}{3}(\dot{E}_A + a^2 \dot{E}_B + a \dot{E}_C) = \frac{1}{3}(220 \angle 40^\circ + 1 \angle 240^\circ \cdot 380 \angle -80^\circ) \\ &= -62,85 + j90,46 = 110,15 \angle 124,79^\circ \quad (V) \end{aligned}$$

2. Bài toán đối xứng thứ tự thuận: Sơ đồ tách riêng pha A (hình 2.5a).

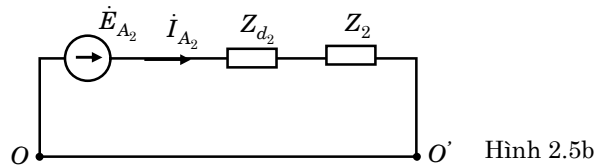


$$\dot{I}_{A_1} = \frac{\dot{E}_{A_1}}{Z_{d_1} + Z_1} = \frac{153,209 + j127,558}{j15 + 80 + j100} = 1,372 - j0,3778 = 1,423 \angle -15,4^\circ \text{ (A)}$$

$$\dot{I}_{B_1} = a^2 \dot{I}_{A_1} = 1,423 \angle -15,4^\circ - 120^\circ = 1,423 \angle -135,4^\circ \text{ (A)}$$

$$\dot{I}_{C_1} = a \dot{I}_{A_1} = 1,423 \angle -15,4^\circ + 120^\circ = 1,423 \angle 104,6^\circ \text{ (A)}$$

3. Bài toán đối xứng thứ tự ngược: Sơ đồ tách riêng pha A (hình 2.5b).

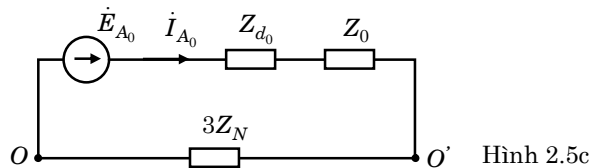


$$\dot{I}_{A_2} = \frac{\dot{E}_{A_2}}{Z_{d_2} + Z_2} = \frac{-62,85 + j90,46}{j15 + 100 + j120} = 0,21 + j0,62 = 0,66 \angle 71,32^\circ \text{ (A)}$$

$$\dot{I}_{B_2} = a \dot{I}_{A_2} = 0,66 \angle 71,32^\circ + 120^\circ = 0,66 \angle 191,32^\circ \text{ (A)}$$

$$\dot{I}_{C_2} = a^2 \dot{I}_{A_2} = 0,66 \angle 71,32^\circ - 120^\circ = 0,66 \angle -48,68^\circ \text{ (A)}$$

4. Bài toán đối xứng thứ tự không: Sơ đồ tách riêng pha A (hình 2.5c).



$$\begin{aligned} \dot{I}_{A_0} &= \frac{\dot{E}_{A_0}}{Z_{d_0} + Z_0 + 3Z_N} = \frac{78,172 - j77,6045}{j15 + 50 + j50 + 3 \cdot j10} \\ &= -0,317 - j0,855 = 0,912 \angle -110,34^\circ \text{ (A)} \end{aligned}$$

$$\dot{I}_{B_0} = \dot{I}_{C_0} = 0,912 \angle -110,34^\circ \text{ (A)}$$

5. Xếp chồng - dòng điện trong các pha là:

$$\dot{I}_A = \dot{I}_{A_1} + \dot{I}_{A_2} + \dot{I}_{A_0} = 1,265 - j0,6118 = 1,465 \angle -25,8^\circ \text{ (A)}$$

$$\dot{I}_B = \dot{I}_{B_1} + \dot{I}_{B_2} + \dot{I}_{B_0} = 2,8 \angle -134,86^\circ \text{ (A)}$$

$$\dot{I}_C = \dot{I}_{C_1} + \dot{I}_{C_2} + \dot{I}_{C_0} = 0,24 \angle 173,06^\circ \text{ (A)}$$

$$\dot{I}_N = 3\dot{I}_{A_0} = \dot{I}_A + \dot{I}_B + \dot{I}_C = 2,736 \angle -110,34^\circ \text{ (A)}$$

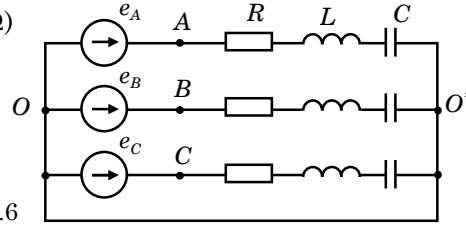
Bài tập 8: Cho mạch điện 3 pha đối xứng không sin hình 2.6:

- Nguồn đối xứng không sin, có sức điện động pha A:

$$e_A(t) = 200\sqrt{2} \sin \omega t + 50\sqrt{2} \sin(3\omega t - 30^\circ) + 30\sqrt{2} \sin(5\omega t - 45^\circ) \quad (\text{V})$$

- Tải đối xứng có: $3\omega L = \frac{1}{3\omega C} = 15 \quad (\Omega)$; $R = 30 \quad (\Omega)$

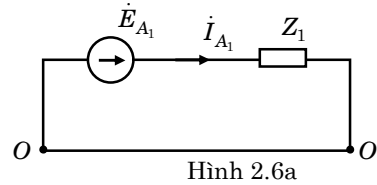
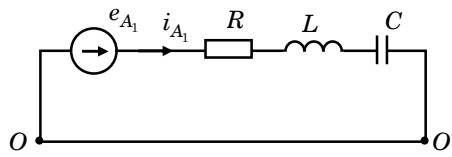
Tính dòng điện trong các pha của tải?



Hình 2.6

Giải:

Cho từng thành phần của nguồn tác động, đối với mỗi thành phần của nguồn ta chuyển sang sơ đồ phức và tách riêng pha A để tính, tương ứng với sơ đồ hình 2.6a, 2.6b, 2.6c. Từ sơ đồ ta tính được:



Hình 2.6a

$$Z_1 = R + j(\omega L - \frac{1}{\omega C}) = 30 + j(5 - 45) = 30 - j40 \quad (\Omega)$$

$$\dot{I}_{A_1} = \frac{\dot{E}_{A_1}}{Z_1} = \frac{200\angle 0^\circ}{30 - j40} = 2,4 + j3,2 = 4\angle 53,13^\circ \quad (\text{A})$$

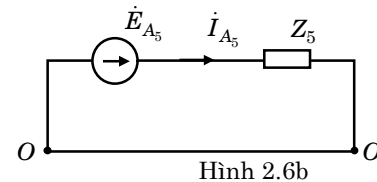
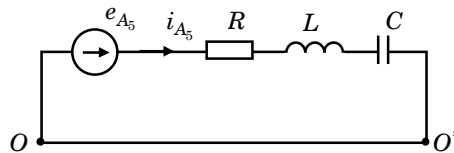
$$\dot{I}_{C_1} = 4\angle 53,13^\circ + 120^\circ = 4\angle 173,13^\circ \quad (\text{A})$$

$$\dot{I}_{B_1} = 4\angle 53,13^\circ - 120^\circ = 4\angle -66,87^\circ \quad (\text{A})$$

$$i_{A_1}(t) = 4\sqrt{2} \sin(\omega t + 53,13^\circ) \quad (\text{A})$$

$$i_{B_1}(t) = 4\sqrt{2} \sin(\omega t - 66,87^\circ) \quad (\text{A})$$

$$i_{C_1}(t) = 4\sqrt{2} \sin(\omega t + 173,13^\circ) \quad (\text{A})$$



Hình 2.6b

$$Z_5 = R + j(5\omega L - \frac{1}{5\omega C}) = 30 + j(25 - 9) = 30 + j16 \quad (\Omega)$$

$$\dot{I}_{A_5} = \frac{\dot{E}_{A_5}}{Z_5} = \frac{30\angle -45^\circ}{30 + j16} = 0,26 - j0,84 = 0,88\angle -73^\circ \quad (\text{A})$$

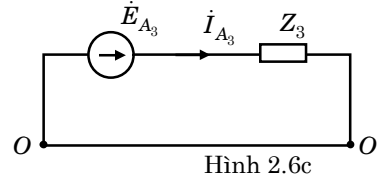
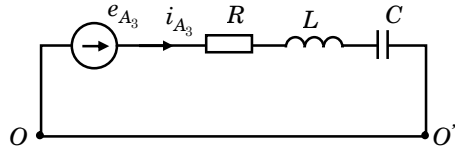
$$\dot{I}_{C_5} = 0,88\angle -73^\circ - 120^\circ = 0,88\angle -193^\circ \quad (\text{A})$$

$$\dot{I}_{B_5} = 0,88\angle -73^\circ + 120^\circ = 0,88\angle 47^\circ \quad (\text{A})$$

$$i_{A_5}(t) = 0,88\sqrt{2} \sin(5\omega t - 73^\circ) \quad (\text{A})$$

$$i_{C_5}(t) = 0,88\sqrt{2} \sin(5\omega t - 193^0) \quad (A)$$

$$i_{B_5}(t) = 0,88\sqrt{2} \sin(5\omega t + 47^0) \quad (A)$$



Hình 2.6c

$$Z_3 = R + j(3\omega L - \frac{1}{3\omega C}) = 30 + j(15 - 15) = 30 \quad (\Omega)$$

$$\dot{I}_{A_3} = \frac{\dot{E}_{A_3}}{Z_3} = \frac{50\angle -30^0}{30} = 1,67\angle -30^0 \quad (A)$$

$$\dot{I}_{B_3} = \dot{I}_{C_3} = 1,67\angle -30^0 \quad (A)$$

$$i_{A_3}(t) = i_{B_3}(t) = i_{C_3}(t) = 1,67\sqrt{2} \sin(3\omega t - 30^0) \quad (A)$$

* Xếp chồng kết quả:

$$\begin{aligned} i_A(t) &= i_{A_1}(t) + i_{A_3}(t) + i_{A_5}(t) \\ &= 4\sqrt{2} \sin(\omega t + 53,13^0) + 1,67\sqrt{2} \sin(3\omega t - 30^0) + 0,88\sqrt{2} \sin(5\omega t - 73^0) \quad (A) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} i_B(t) &= i_{B_1}(t) + i_{B_3}(t) + i_{B_5}(t) \\ &= 4\sqrt{2} \sin(\omega t - 66,87^0) + 1,67\sqrt{2} \sin(3\omega t - 30^0) + 0,88\sqrt{2} \sin(5\omega t + 47^0) \quad (A) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} i_C(t) &= i_{C_1}(t) + i_{C_3}(t) + i_{C_5}(t) \\ &= 4\sqrt{2} \sin(\omega t + 173,13^0) + 1,67\sqrt{2} \sin(3\omega t - 30^0) + 0,88\sqrt{2} \sin(5\omega t - 193^0) \quad (A) \end{aligned}$$

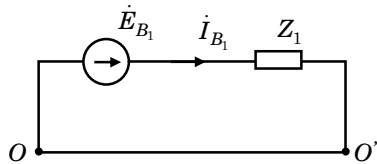
Bài tập 9: Cho mạch điện 3 pha đối xứng không sin hình 2.7. Hãy tính dòng điện trong pha B của tải và dòng điện trên dây trung tính, biết:

- Nguồn đối xứng không sin, có sức điện động pha B:

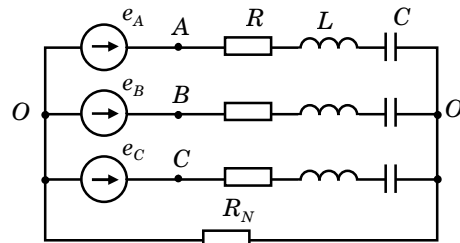
$$e_B(t) = 216\sin(\omega t - 135^0) + 82\sqrt{2}\sin(3\omega t + 117,2^0) + 72\sin(5\omega t + 135^0) \quad (V)$$

- Tải đối xứng có: $\omega L = 9 \quad (\Omega)$; $\frac{1}{\omega C} = 45 \quad (\Omega)$; $R = 36 \quad (\Omega)$

- Dây trung tính có: $R_N = 1 \quad (\Omega)$.



Hình 2.7a



Hình 2.7

Giải:

1. Cho thành phần bậc 1 của nguồn tác động, tách riêng pha B, ta có sơ đồ mạch điện pha B hình 2.7a. Từ sơ đồ ta tính được: $\dot{E}_{B_1} = 108\sqrt{2}\angle -135^0 \quad (V)$

$$Z_1 = R + j(\omega L - \frac{1}{\omega C}) = 36 - j36 \quad (\Omega)$$

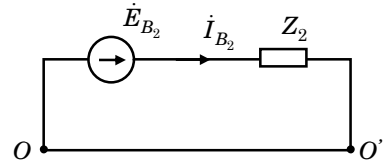
$$\dot{I}_{B_1} = \frac{\dot{E}_{B_1}}{Z_1} = 3\angle -90^0 \quad (A) \quad \Rightarrow \quad i_{B_1}(t) = 3\sqrt{2} \sin(\omega t - 90^0) \quad (A)$$

2. Cho thành phần bậc 5 của nguồn tác động, tách riêng pha B, ta có sơ đồ mạch điện pha B hình 2.7b. Từ sơ đồ ta tính được:

$$\dot{E}_{B_5} = 36\sqrt{2}\angle 135^0 \text{ (V)}$$

$$Z_5 = R + j(5\omega L - \frac{1}{5\omega C}) = 36 + j36 \text{ (\Omega)}$$

$$\dot{I}_{B_5} = \frac{\dot{E}_{B_5}}{Z_2} = 1\angle 90^0 \text{ (A)} \Rightarrow i_{B_5}(t) = \sqrt{2} \sin(5\omega t + 90^0) \text{ A}$$



Hình 2.7b

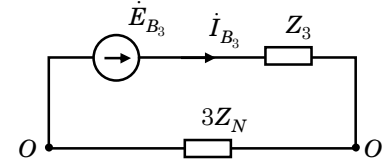
3. Cho thành phần bậc 3 của nguồn tác động, tách riêng pha B, ta có sơ đồ mạch điện pha B hình 2.7c. Từ sơ đồ ta tính được:

$$\dot{E}_{B_3} = 82\angle 117,2^0 \text{ (V)}$$

$$Z_3 = R + j(3\omega L - \frac{1}{3\omega C}) = 36 + j12 \text{ (\Omega)}$$

$$Z_N = 1 \text{ (\Omega)}$$

$$\dot{I}_{B_3} = \frac{\dot{E}_{B_3}}{Z_3 + 3Z_N} = 2\angle 100^0 \text{ (A)} \Rightarrow i_{B_3}(t) = 2\sqrt{2} \sin(3\omega t + 100^0) \text{ (A)}$$



Hình 2.7c

4. Dòng điện trên tải pha B và dòng điện trên dây trung tính:

$$i_B(t) = i_{B_1}(t) + i_{B_3}(t) + i_{B_5}(t)$$

$$= 3\sqrt{2} \sin(\omega t - 90^0) + 2\sqrt{2} \sin(3\omega t + 100^0) + \sqrt{2} \sin(5\omega t + 90^0) \text{ (A)}$$

$$i_N(t) = 3i_{B_3}(t) = 6\sqrt{2} \sin(3\omega t + 100^0) \text{ (A)}$$

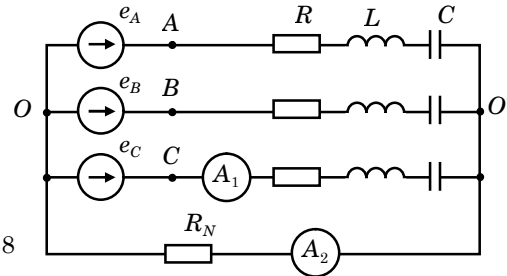
Bài tập 10: Cho mạch điện 3 pha đối xứng không sin hình 2.8. Hãy tính số chỉ của các đồng hồ đo, biết:

- Nguồn đối xứng không sin, có sức điện động pha C:

$$e_C(t) = 432\sqrt{2} \sin(\omega t + 60^0) + 275\sqrt{2} \sin(3\omega t - 90^0) + 144\sqrt{2} \sin(5\omega t - 60^0) \text{ (V)}$$

- Tải đối xứng có: $\omega L = 18 \text{ (\Omega)}$; $\frac{1}{\omega C} = 90 \text{ (\Omega)}$; $R = 72\sqrt{3} \text{ (\Omega)}$

- Dây trung tính có: $R_N = 2\sqrt{3} \text{ (\Omega)}$



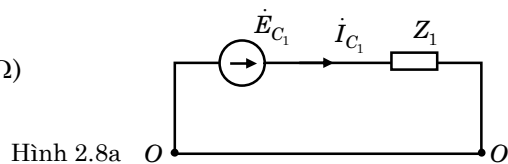
Hình 2.8

Giải:

1. Cho thành phần bậc 1 của nguồn tác động, tách riêng pha C, ta có:

$$\dot{E}_{C_1} = 432\angle 60^0 \text{ (V)}$$

$$Z_1 = R + j(\omega L - \frac{1}{\omega C}) = 72\sqrt{3} - j72 \text{ (\Omega)}$$



Hình 2.8a

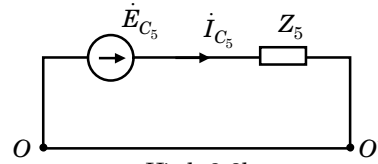
$$\dot{I}_{C_1} = \frac{\dot{E}_{C_1}}{Z_1} = 3 \angle 90^0 \text{ (A)}$$

2. Cho thành phần bậc 5 của nguồn tác động, tách riêng pha C, ta có:

$$\dot{E}_{C_5} = 144 \angle -60^0 \text{ (V)}$$

$$Z_5 = R + j(5\omega L - \frac{1}{5\omega C}) = 72\sqrt{3} + j72 \text{ (\Omega)}$$

$$\dot{I}_{C_5} = \frac{\dot{E}_{C_5}}{Z_5} = 1 \angle -90^0 \text{ (A)}$$



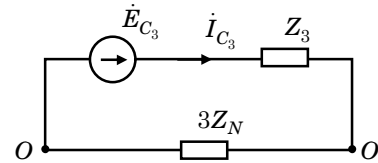
Hình 2.8b

3. Cho thành phần bậc 3 của nguồn tác động, tách riêng pha C, ta có:

$$\dot{E}_{C_3} = 275 \angle -90^0 \text{ (V)}$$

$$Z_3 = R + j(3\omega L - \frac{1}{3\omega C}) = 72\sqrt{3} + j24 \text{ (\Omega)}; Z_N = 2\sqrt{3} \text{ (\Omega)}$$

$$\dot{I}_{C_3} = \frac{\dot{E}_{C_3}}{Z_3 + 3Z_N} = 2 \angle -100^0 \text{ (A)}$$



Hình 2.8c

4. Số chỉ của các đồng hồ đo:

$$I_{\text{ampe}_2} = 6 \text{ (A)}$$

$$I_{\text{ampe}_1} = \sqrt{3^2 + 2^2 + 1^2} = \sqrt{14} = 3,74 \text{ (A)}$$

2.3 Bài tập vận dụng

Bài tập 1: Cho nguồn điện 3 pha đối xứng thứ tự thuận, biết sức điện động pha A:

$$e_A(t) = 220\sqrt{2} \sin(100t + 60^0) \text{ (V)}. \text{ Viết biểu thức sức điện động pha B và pha C?}$$

Bài tập 2: Cho hệ thống điện áp dây đối xứng thứ tự ngược, biết:

$$u_{AB_2}(t) = 120\sqrt{2} \sin(100t + 150^0) \text{ (V)}. \text{ Viết biểu thức điện áp } u_{BC_2}(t) \text{ và } u_{CA_2}(t)?$$

Bài tập 3: Cho nguồn điện 3 pha đối xứng thứ tự không, biết sức điện động pha B:

$$e_B(t) = 220\sqrt{2} \sin(100t - 150^0) \text{ (V)}. \text{ Viết biểu thức sức điện động pha A và pha C?}$$

Bài tập 4: Phân tích hệ thống dòng điện 3 pha không đối xứng sau thành các thành phần đối xứng: $\dot{I}_A = 9 \angle 45^0 \text{ (A)}$; $\dot{I}_B = 9 \angle 120^0 \text{ (A)}$; $\dot{I}_C = 0 \text{ (A)}$.

Bài tập 5: Phân tích nguồn điện 3 pha không đối xứng sau thành các thành phần đối xứng pha A:

$$\begin{cases} e_A(t) = 380\sqrt{2} \sin(314t + 120^0) \text{ (V)} \\ e_B(t) = 100\sqrt{2} \sin(314t - 50^0) \text{ (V)} \\ e_C(t) = 220\sqrt{2} \sin(314t + 100^0) \text{ (V)} \end{cases}$$

Bài tập 6: Viết hệ phương trình mô tả sự cố khi đứt dây pha C?

Bài tập 7: Viết hệ phương trình mô tả sự cố khi ngắn mạch dây pha A và pha C?

Bài tập 8: Viết hệ phương trình mô tả sự cố khi ngắn mạch chạm đất dây pha B và pha C?

Bài tập 9: Vẽ sơ đồ thay thế hệ thống dòng áp mất đối xứng tại nơi sự cố đứt dây pha B thành hệ thống dòng áp đối xứng?

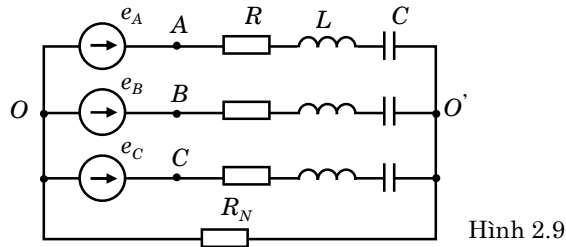
Bài tập 10: Vẽ sơ đồ thay thế hệ thống dòng áp mất đối xứng tại nơi cố ngắn mạch dây pha A và pha B thành hệ thống dòng áp đối xứng?

Bài tập 11: Cho mạch điện 3 pha đối xứng không sin hình 2.9. Hãy tính dòng điện trong pha C của tải và dòng điện trong dây trung tính, biết:

- Nguồn đối xứng không sin, có sức điện động pha C:

$$e_C(t) = 432\sqrt{2} \sin(\omega t + 60^\circ) + 275\sqrt{2} \sin(3\omega t - 90^\circ) + 144\sqrt{2} \sin(5\omega t - 60^\circ) \text{ (V)}$$

- Tải đối xứng có: $\omega L = 18 \text{ } (\Omega)$; $\frac{1}{\omega C} = 90 \text{ } (\Omega)$; $R = 72\sqrt{3} \text{ } (\Omega)$; $R_N = 2\sqrt{3} \text{ } (\Omega)$

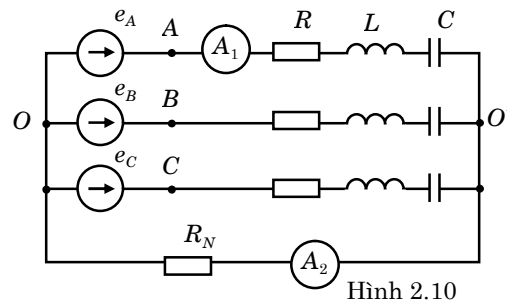


Bài tập 12: Cho mạch điện 3 pha đối xứng không sin hình 2.10. Hãy tính số chỉ của các đồng hồ đo, biết:

- Nguồn đối xứng không sin, có sức điện động pha A:

$$e_A(t) = 720 \sin(\omega t + 90^\circ) + 310\sqrt{2} \sin(3\omega t - 85^\circ) + 240 \sin(5\omega t - 90^\circ) \text{ (V)}$$

- Tải đối xứng có: $\omega L = 30 \text{ } (\Omega)$; $\frac{1}{\omega C} = 150 \text{ } (\Omega)$; $R = 120 \text{ } (\Omega)$; $R_N = 1 \text{ } (\Omega)$



Bài tập 13: Cho mạch điện 3 pha đối xứng không sin hình 2.11. Tính dòng điện trong các pha của tải và dòng điện trong dây trung tính, biết:

- Nguồn đối xứng không sin, có sức điện động pha C:

$$e_C(t) = 200\sqrt{2} \sin \omega t + 50\sqrt{2} \sin(3\omega t + 60^\circ) + 30\sqrt{2} \sin(5\omega t + 30^\circ) \text{ (V)}$$

- Tải đối xứng có:

$$3\omega L = \frac{1}{3\omega C} = 15 \text{ } (\Omega); R = 30 \text{ } (\Omega)$$

