

Chương 3. Máy biến áp làm việc với tải không đối xứng

3.1. Đại cương

3.2. Mạch điện thay thế và tổng trở của máy biến áp đối với các thành phần đối xứng

3.3. Tải không đối xứng của máy biến áp

3.4. Ngắn mạch không đối xứng của máy biến áp

3.1. Đại cương



Tải không đối xứng của mba là tải không phân phối đều cho cả ba pha, làm cho dòng điện trong ba pha không bằng nhau, gây ảnh hưởng xấu đến tình trạng làm việc bình thường trong mba như:

- + Điện áp dây và pha sẽ không đối xứng.
- + Tổn hao phụ trong dây quấn và lõi thép tăng lên.
- + Độ chênh nhiệt của mba vượt quá qui định.

Để nghiên cứu tình trạng làm việc không đối xứng của mba ta dùng phương pháp phân lượng đối xứng. Hệ thống dòng điện không đối xứng của mba $\dot{I}_a, \dot{I}_b, \dot{I}_c$ được phân tích thành ba hệ thống dòng điện đối xứng:

- + Thứ tự thuận: $\dot{I}_{a1}, \dot{I}_{b1}, \dot{I}_{c1}$
- + Thứ tự ngược: $\dot{I}_{a2}, \dot{I}_{b2}, \dot{I}_{c2}$
- + Thứ tự không: $\dot{I}_{a0}, \dot{I}_{b0}, \dot{I}_{c0}$

và quan hệ giữa chúng ta đã học ở phần "lý thuyết mạch điện" như sau :

$$\dot{I}_a = \dot{I}_{a1} + \dot{I}_{a2} + \dot{I}_{a0}$$

$$\dot{I}_b = \dot{I}_{b1} + \dot{I}_{b2} + \dot{I}_{b0} = a^2 \dot{I}_{a1} + a \dot{I}_{a2} + \dot{I}_{a0}$$

$$\dot{I}_c = \dot{I}_{c1} + \dot{I}_{c2} + \dot{I}_{c0} = a \dot{I}_{a1} + a^2 \dot{I}_{a2} + \dot{I}_{a0}$$

Viết lại ở dạng ma trận:

$$\begin{pmatrix} \dot{I}_a \\ \dot{I}_b \\ \dot{I}_c \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & a^2 & a \\ 1 & a & a^2 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \dot{I}_{a0} \\ \dot{I}_{a1} \\ \dot{I}_{a2} \end{pmatrix}$$



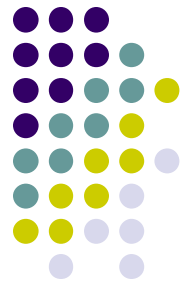
và

$$\begin{pmatrix} \dot{I}_{a0} \\ \dot{I}_{a1} \\ \dot{I}_{a2} \end{pmatrix} = \frac{1}{3} \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & a & a^2 \\ 1 & a^2 & a \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \dot{I}_a \\ \dot{I}_b \\ \dot{I}_c \end{pmatrix}$$

Trong đó: $a = e^{j120^\circ}$, $a^2 = e^{j240^\circ}$ và $1 + a + a^2 = 0$.

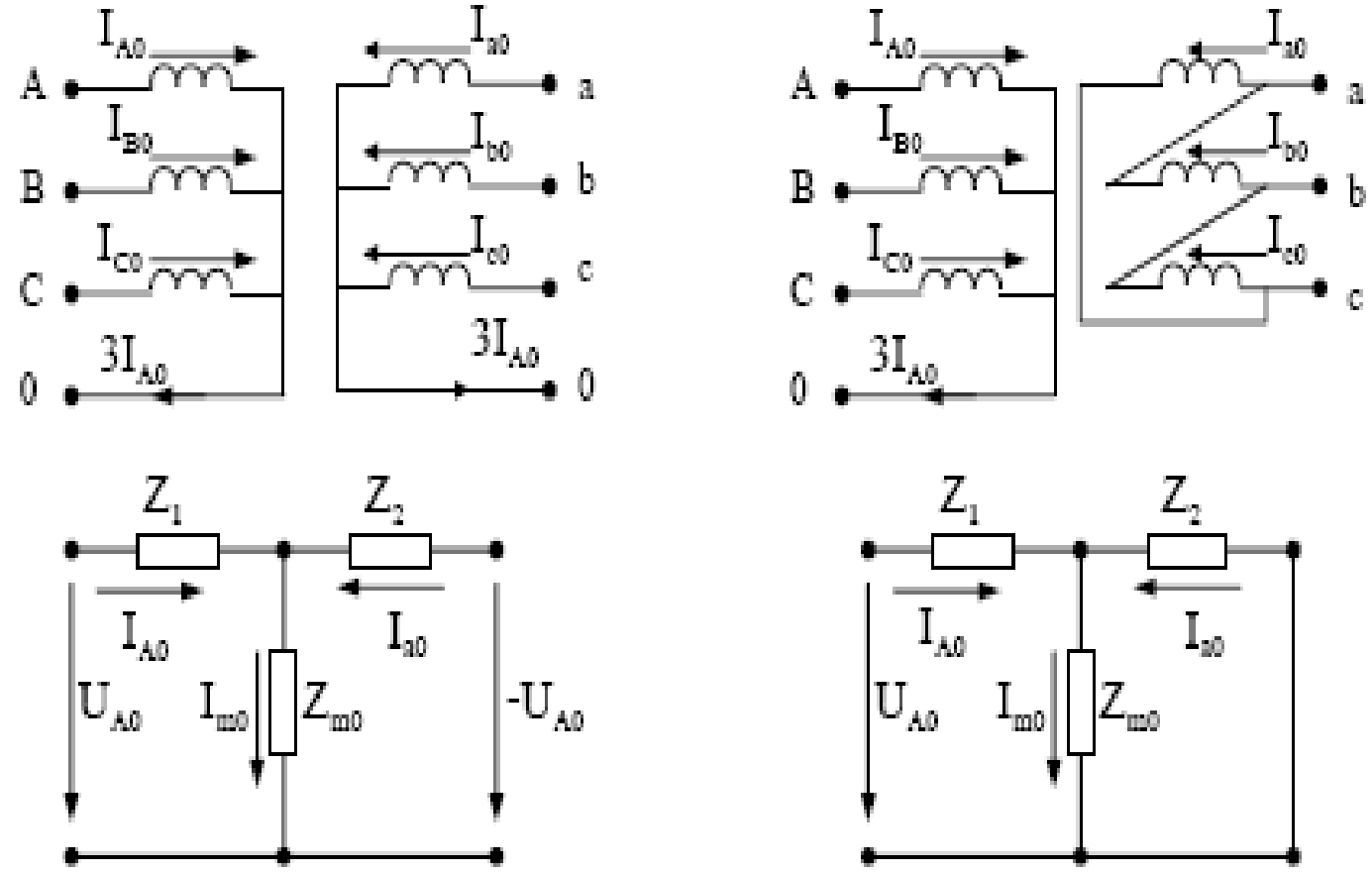
Chú ý :

- Khi tải mba không đối xứng, bao giờ cũng phân tích thành các thành phần: TT thuận, TT ngược và TT không. Riêng thành phần TT không trong mba do có trị số bằng nhau và trùng pha về thời gian nên chỉ tồn tại khi mba nối Y_0 và Δ .
- Phương pháp phân lượng đối xứng dựa trên cơ sở nguyên lý xếp chồng, nên khi áp dụng nguyên lý đó ta giả thiết mạch từ mba không bão hòa.
- Khi phân tích ta xem như đã qui đổi từ phía thứ cấp về phía sơ cấp và để đơn giản ta bỏ qua dấu phẩy.



3.2. Mạch điện thay thế và tổng trở của máy biến áp đối với các thành phần đối xứng

+ *Đối với hệ thống dòng điện thứ tự thuận* : Hệ thống dòng điện này đối xứng nên mạch điện thay thế và các tham số của mba như đã xét ở chương 3.



Hình 5.1 Mạch điện thay thế máy biến áp đối với thành phần thứ tự không
a. Nối Y/Y₀; b. Nối Y/Δ



+ **Đối với hệ thống dòng điện thứ tự ngược** : dòng này có tác dụng hoàn toàn giống dòng điện thứ tự thuận vì nếu đổi 2 trong ba pha phía sơ và phía thứ thì hiện tượng trong mba không có gì thay đổi nên mạch điện thay thế và các tham số của mba không khác gì so với dòng điện thứ tự thuận.

+ **Đối với hệ thống dòng điện thứ tự không** : hệ thống dòng điện thứ tự không 3 pha sinh ra trong mba từ thông thứ tự không Φ_{t0} trùng pha về thời gian.

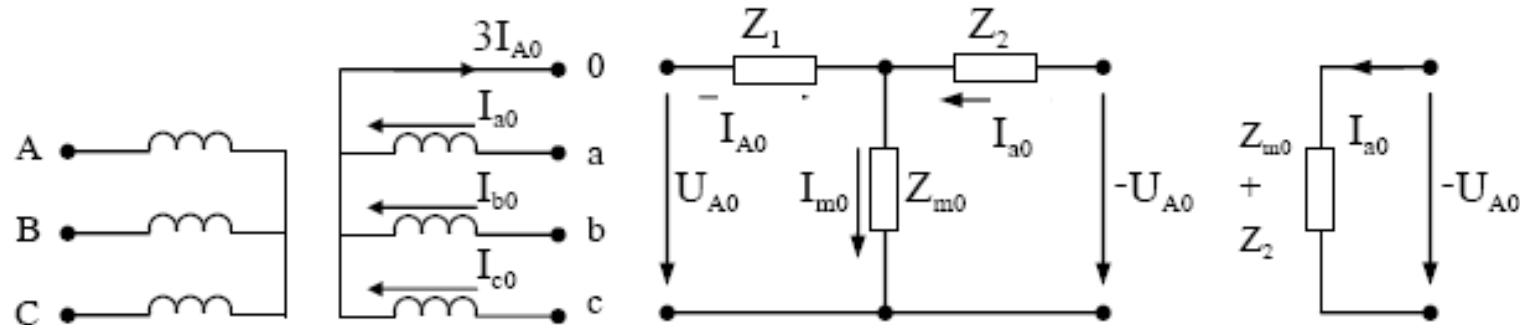
- Tổ mba 3 pha: Từ thông Φ_{t0} khép mạch qua lõi thép nên dòng $I_{a0} = I_{b0} = I_{c0}$ dù nhỏ cũng đủ sinh ra Φ_{t0} lớn vì từ trở thép nhỏ.
- Mba 3 pha ba trụ: Φ_{t0} khép mạch qua vật liệu không phải sắt từ nên Φ_{t0} nhỏ hơn trên.

Từ thông Φ_{t0} sinh ra trong dây quấn sơ cấp và thứ cấp các sđđ tự cảm và hồ cảm và ta thành lập sơ đồ thay thế hình T tương tự như đối với trường hợp dòng điện thứ tự thuận. Xét trường hợp có dòng điện thứ tự không như sau :

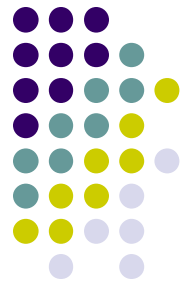
- Khi mba nối Y_0/Y_0 hoặc Y_0/Δ :

Dòng thứ tự không tồn tại ở cả dây quấn sơ cấp và thứ cấp nên mạch điện thay thế đối với phân lượng thứ tự không không có gì khác dạng mạch điện thay thế của phân lượng thứ tự thuận.

- Khi mba nối Y/Y₀ :



Hình 5.2 Mạch điện thay thế máy biến áp nối Y/Y₀ đối với thành phần thứ tự không



Sơ cấp không có dây trung tính nên $\dot{I}_{A0} = 0$ và phía này xem như hở mạch.

* Ta thấy ở các mạch điện thay thế trên:

+ $Z_1 = r_1 + jx_1$ và $Z_2 = r_2 + jx_2$: như tổng trở thứ tự thuận và ngược.

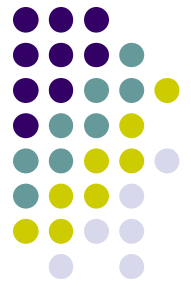
+ Z_{m0} : tổng trở từ hóa thứ tự không phụ thuộc vào cấu tạo mạch từ:

— Mạch từ tổ mba 3 pha: $Z_{m0} = Z_m$.

— Mạch từ mba 3 pha ba trụ: Z_{m0} nhỏ (thường $Z_{m0} = (7-15)Z_n$)

+ Sđđ thứ tự không do từ thông Φ_{t0} sinh ra như sau :

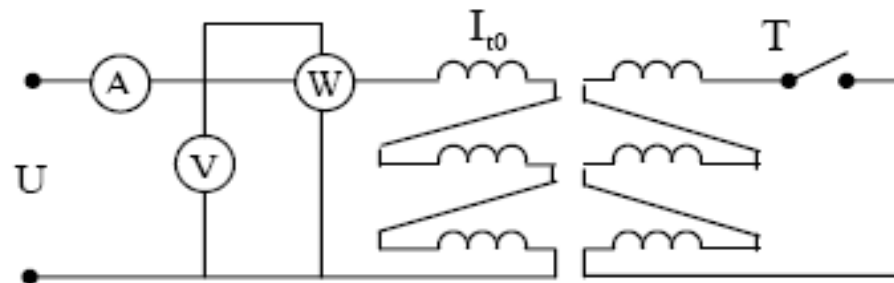
$$\dot{E}_{t0} = -Z_{m0}\dot{I}_{m0} \quad (5.3)$$



+ Khi mba nối Y_0/Y_0 hoặc Y_0/Δ : cả sơ cấp và thứ cấp đều có dòng TT K nên dòng $\dot{I}_{A0} \approx -\dot{I}_{a0}$ vậy \dot{I}_{m0} để sinh ra Φ_{t0} rất nhỏ. Trong trường hợp này $Z_{m0} = 0$ và $Z_n = Z_1 + Z_2$.

Xác định tổng trở thứ tự không Z_{t0} bằng thí nghiệm :

Hình 5.3 Sơ đồ nối dây xác định tổng trở thứ tự không máy biến áp



T: mở, nếu phía thứ cấp không có dòng thứ tự không.

T: đóng, nếu phía thứ cấp có dòng thứ tự không.

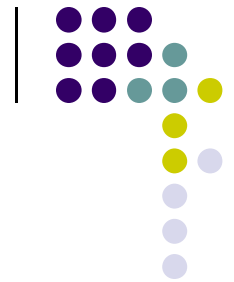
Theo số liệu đo được ta tính:

$$Z_{t0} = \frac{U}{3I} \quad ; \quad (5.4)$$

$$r_{t0} = \frac{P}{3I^2} \quad (5.5)$$

$$x_{t0} = \sqrt{Z_{t0}^2 - r_{t0}^2} \quad . \quad (5.6)$$

3.3. Tải không đối xứng của máy biến áp



5.3.1. Khi có dòng điện thứ tự không:

1. Trường hợp dây quấn nối Y/Y_0 :

Khi tải không đối xứng ta có:

$$\text{Sơ: } \dot{I}_A + \dot{I}_B + \dot{I}_C = 0 \quad (5.7)$$

$$\text{Thứ: } \dot{I}_a + \dot{I}_b + \dot{I}_c = \dot{I}_d \quad (5.8)$$

Phân tích dòng điện phía sơ cấp và thứ cấp thành các thành phần, ta có:

+ Các dòng điện từ hóa TT thuận và ngược $\dot{I}_{m1}, \dot{I}_{m2}$ của các pha sẽ sinh ra các sđđ $\dot{E}_A, \dot{E}_B, \dot{E}_C$.

+ Còn dòng điện từ hóa TT không $\dot{I}_{a0} = \dot{I}_{b0} = \dot{I}_{c0} = \dot{I}_d/3$ tồn tại ở phía thứ cấp không được cân bằng vì $\dot{I}_{a0} = \dot{I}_{b0} = \dot{I}_{c0} = 0$ sẽ sinh ra Φ_{t0} và sđđ \dot{E}_{m0} tương đối lớn.

Phương trình cân bằng điện áp phía sơ cấp là:

$$\left. \begin{aligned} \dot{U}_A &= \dot{I}_A Z_1 - \dot{E}_A - \dot{E}_{m0} \\ \dot{U}_B &= \dot{I}_B Z_1 - \dot{E}_B - \dot{E}_{m0} \\ \dot{U}_C &= \dot{I}_C Z_1 - \dot{E}_C - \dot{E}_{m0} \end{aligned} \right\} \quad (5.9)$$

do $\dot{E}_A + \dot{E}_B + \dot{E}_C = 0$ và $\dot{I}_A + \dot{I}_B + \dot{I}_C = 0$ nên:

$$\dot{U}_A + \dot{U}_B + \dot{U}_C = -3\dot{E}_{m0} = 3\dot{I}_{m0}Z_{m0} \quad (5.10)$$

Khi dây quấn nối Y, ta có:

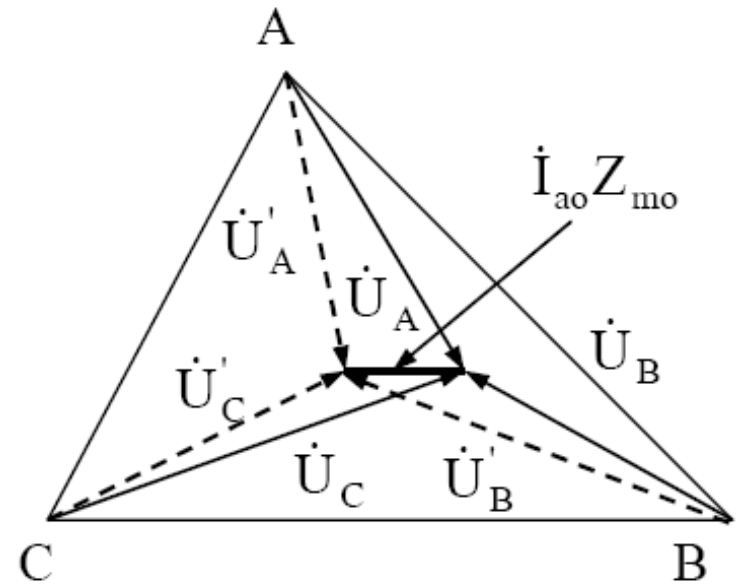
$$\left. \begin{aligned} \dot{U}_{AB} &= \dot{U}_A - \dot{U}_B \\ \dot{U}_{BC} &= \dot{U}_B - \dot{U}_C \\ \dot{U}_{CA} &= \dot{U}_C - \dot{U}_A \end{aligned} \right\} (5.11)$$

Tính:

$$\begin{aligned} \dot{U}_{CA} - \dot{U}_{AB} &= (\dot{U}_C - \dot{U}_A) - (\dot{U}_A - \dot{U}_B) \\ &= \dot{U}_A + \dot{U}_B + \dot{U}_C - 3\dot{U}_A \\ &= 3\dot{I}_{m0}Z_{m0} - 3\dot{U}_A = 3(\dot{I}_{A0}Z_{m0} - \dot{U}_A) \end{aligned}$$

Vậy:

$$\left. \begin{aligned} \dot{U}_A &= \frac{\dot{U}_{AB} - \dot{U}_{CA}}{3} + \dot{I}_{a0}Z_{m0} = \dot{U}'_A + \dot{I}_{a0}Z_{m0} \\ \dot{U}_B &= \frac{\dot{U}_{BC} - \dot{U}_{AB}}{3} + \dot{I}_{b0}Z_{m0} = \dot{U}'_B + \dot{I}_{b0}Z_{m0} \\ \dot{U}_C &= \frac{\dot{U}_{CA} - \dot{U}_{BC}}{3} + \dot{I}_{c0}Z_{m0} = \dot{U}'_C + \dot{I}_{c0}Z_{m0} \end{aligned} \right\} (5.12)$$



Hình 5-4 Điện áp không đối xứng do điểm trung tính bị xô dịch

Từ đồ thị vectơ hình 5.4 ta thấy : Ảnh hưởng của dòng điện thứ tự không làm cho điểm trung tính của điện áp sơ cấp bị lệch đi một khoảng bằng $\dot{I}_{a0}Z_{m0}$

Phương trình cân bằng điện áp phía thứ cấp là:

$$\begin{aligned} -\dot{U}_a &= \dot{U}_A - \dot{I}_A Z_1 + \dot{I}_a Z_2 \\ &= \dot{U}'_A + Z_{mo} \dot{I}_{Ao} - (\dot{I}_{A1} + \dot{I}_{A2}) Z_1 + (\dot{I}_{a1} + \dot{I}_{a2} + \dot{I}_{ao}) Z_2 \end{aligned}$$

Vì $\dot{I}_{A1} = -\dot{I}_{a1}$; $\dot{I}_{A2} = -\dot{I}_{a2}$ và $Z_{mo} + Z_o = Z_{to}$, cho nên :

$$-\dot{U}_a = \dot{U}'_A - \dot{I}_A Z_n + \dot{I}_{ao} Z_{to} \quad (5.13a)$$

Cũng tương tự , ta có :

$$-\dot{U}_b = \dot{U}'_B - \dot{I}_B Z_n + \dot{I}_{bo} Z_{to} \quad (5.13b)$$

$$-\dot{U}_c = \dot{U}'_C - \dot{I}_C Z_n + \dot{I}_{co} Z_{to} \quad (5.13c)$$

Ta thấy, từ các phương trình trên chúng ta thấy rằng, do có dòng điện thứ tự không nên điểm trung tính thứ cấp mba bị lệch một khoảng $\dot{I}_{ao} Z_{to}$ lớn hơn khoảng lệch sơ cấp $\dot{I}_{ao} Z_{mo}$. Thực tế, sự khác nhau không đáng kể, vì $Z_{mo} \approx Z_{to}$.

Như vậy : sự xô dịch điểm trung tính làm :

- Điện áp pha không đối xứng \rightarrow bất lợi cho tải dùng điện áp pha.

Để hạn chế xô dịch điểm trung tính, qui định :

- Dòng trong dây trung tính $I_d < 0,25 I_{dm}$.
- Với tổ mba ba pha không nối Y/Y_o vì Z_{mo} quá lớn.
- Còn mba ba pha ba trụ nối Y/Y với $S_{dm} < 6000 \text{kVA}$.

2. Trường hợp dây quấn nối Y_0/Y_0 và Y_0/Δ :

Trong trường hợp này dòng điện thứ tự không tồn tại cả hai phía sơ và thứ và cân bằng nhau nên không sinh ra từ thông Φ_{t0} và E_{t0} như vậy phương trình điện áp thứ cấp sẽ như sau:

$$\left. \begin{aligned} -\dot{U}_a &= \dot{U}'_A - \dot{I}_A Z_n \\ -\dot{U}_b &= \dot{U}'_B - \dot{I}_B Z_n \\ -\dot{U}_c &= \dot{U}'_C - \dot{I}_C Z_n \end{aligned} \right\} \quad (5.14)$$

$$\text{Vì: } \dot{I}_A + \dot{I}_B + \dot{I}_C = \dot{I}_d$$

Nên từ (5.14) ta suy ra được :

$$\dot{U}_a + \dot{U}_b + \dot{U}_c = Z_n \dot{I}_d \quad (5.15)$$

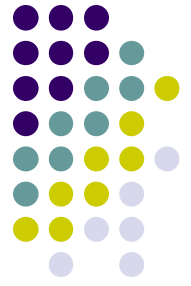
Điểm trung tính sẽ bị lệch một khoảng $I_{a0} Z_n = \frac{1}{3} I_d Z_n$. Sự xô dịch này là không đáng kể vì Z_n rất nhỏ.



5.3.2. Khi không có dòng điện thứ tự không:

Trường hợp này ứng với các tổ nối dây : Y/Y ; Δ/Y ; Y/ Δ ; Δ/Δ . Vì không có dòng điện thứ tự không, hơn nữa các dòng điện thứ tự thuận và ngược phía sơ cấp và thứ cấp cân bằng nhau nên không cần thiết phải phân tích thành phân lượng đối xứng mà chỉ cần dùng phương pháp thông thường để phân tích điện áp từng pha.

Chú ý : Khi tải không đối xứng, điện áp ΔU ở pha không bằng nhau, nhưng vì Z_n nhỏ nên sự không cân bằng về điện áp pha và đây là không nghiêm trọng. Trên thực tế, nếu tải không đối xứng với mức phân lượng thứ tự ngược và thứ tự thuận không quá 5% thì điện áp được xem như đối xứng.



5.4. NGẮN MẠCH KHÔNG ĐỐI XỨNG CỦA MBA

Ngắn mạch không đối xứng xảy ra khi do sự cố ở phía thứ cấp một pha bị nối tắt với dây trung tính, hai pha nối tắt nhau hoặc hai pha nối với dây trung tính. Những trường hợp kể trên có thể xem như là những trường hợp giới hạn của tải không đối xứng. Để phân tích các trường hợp ngắn mạch không đối xứng, ta cũng áp dụng phương pháp phân lượng đối xứng nói ở trên.

Hình 5.5 trình bày kết quả phân tích về sự phân phối dòng điện giữa các pha của một số trường hợp ngắn mạch khi không có dòng điện thứ tự không (hình 5.5a,b,c) và khi có dòng điện thứ tự không (hình 5.5d,e).

