

CHƯƠNG 4

NGẮN MẠCH TRONG HỆ THỐNG ĐIỆN

Bài 4-1 Khái niệm chung

Bài 4-2 Đặc điểm dòng điện ngắn mạch

Bài 4-3 Tính toán ngắn mạch đối xứng

Bài 4-4 Sự cố bất đối xứng

Bài 4-6 Hạn chế dòng điện ngắn mạch trong các trang bị điện

BÀI 4-1 KHÁI NIỆM CHUNG

1. Định nghĩa và đặc tính

□ Định nghĩa:

Ngắn mạch chỉ hiện tượng:

- Các dây pha chạm nhau
- Dây pha chạm đất
- Dây pha chạm dây trung tính (lưới có trung tính nối đất)

BÀI 4-1 KHÁI NIỆM CHUNG

1. Định nghĩa và đặc tính

Đặc tính:

Khi xảy ra ngắn mạch:

- Tổng trở hệ thống giảm xuống
- Dòng điện tăng lên, điện áp giảm xuống

Mức độ giảm tổng trở, tăng của dòng điện hay giảm của điện áp phụ thuộc vào vị trí điểm ngắn mạch.

BÀI 4-1 KHÁI NIỆM CHUNG

2. Phân loại

- a. Ngắn mạch ba pha, $N^{(3)}$
- b. Ngắn mạch hai pha, $N^{(2)}$
- c. Ngắn mạch một pha, $N^{(1)}$
- d. Ngắn mạch hai pha nối đất, $N^{(1,1)}$

BÀI 4-1 KHÁI NIỆM CHUNG

2. Phân loại

Loại NM	Hình qui ước	Kí hiệu	X.suất (%)
Ngắn mạch ba pha		$N^{(3)}$	5
Ngắn mạch hai pha		$N^{(2)}$	10
Ngắn mạch một pha		$N^{(1)}$	65
Ngắn mạch hai pha nối đất		$N^{(1,1)}$	20

BÀI 4-1 KHÁI NIỆM CHUNG

3. Nguyên nhân và hậu quả của ngấn mạch

□ Nguyên nhân:

- ✓ sét đánh vào đường dây
- ✓ cành cây rơi vào đường dây
- ✓ cách điện bị già cỗi
- ✓ nhân viên vận hành thao tác sai, đào đường...

BÀI 4-1 KHÁI NIỆM CHUNG

3. Nguyên nhân và hậu quả của ngắn mạch

□ Hậu quả:

- ✓ gây phát nóng cục bộ
- ✓ sinh ra lực điện động gây hư hỏng khí cụ điện...
- ✓ gây ra sụt áp
- ✓ Gây ra mất đồng bộ giữa các máy phát \Rightarrow mất ổn định hệ thống
- ✓ sinh ra dòng thứ tự không \Rightarrow gây nhiễu loạn đường dây thông tin
- ✓ gián đoạn cung cấp điện

BÀI 4-1 KHÁI NIỆM CHUNG

4. Mục đích tính toán ngắn mạch

- a. So sánh và lựa chọn các sơ đồ nối điện, trang thiết bị
- b. Tính toán giá trị khởi động relay
- c. Xác định ảnh hưởng của đường dây điện đối với đường dây thông tin
- d. Giải dòng ngắn mạch và phân tích các loại sự cố trong hệ thống điện

Bài 4-2 ĐẶC ĐIỂM DÒNG ĐIỆN NGẮN MẠCH

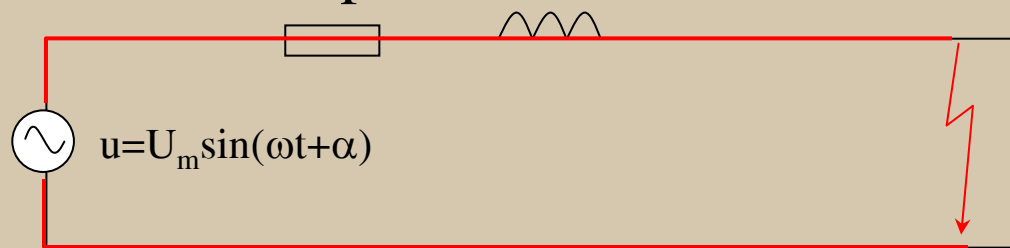
- 4.2.1 Ngắn mạch với nguồn cung cấp không đổi (điểm ngắn mạch xa nguồn)
- 4.2.2 Ngắn mạch xảy ra gần đầu cực phát phát đồng bộ
- 4.2.3 Đặc tính ngắn mạch của tải động cơ
- 4.2.4 Đặc tính ngắn mạch của mạng điện công nghiệp

4.2.1 Ngắn mạch với nguồn cung cấp không ỏi

- a. Hệ thống một pha không tải
- b. Hệ thống một pha cĩ tải
- c. Hệ thống ba pha

4.2.1 Ngắn mạch với nguồn cung cấp không ồi

a. Hệ thống một pha không tải



Phương trình vi phân mô tả quan hệ u, i :

$$u = ir + L \frac{di}{dt}$$

4.2.1 Ngắn mạch với nguồn cung cấp không ồi

a. Hệ thống một pha không tải

Dạng iện ngắn mạch:

$$i_N = \frac{U_m}{Z} \left[\sin(\omega t + \alpha - \varphi_N) - \sin(\alpha - \varphi_N) \times e^{-\left(\frac{r}{L}\right)t} \right]$$

$$i_N = \sqrt{2} \times I'' \left[\sin(\omega t + \alpha - \varphi_N) - \sin(\alpha - \varphi_N) \times e^{-\frac{t}{T_{dc}}} \right]$$

$$i_N = \sqrt{2} \times I'' \sin(\omega t + \alpha - \varphi_N) - \sqrt{2} \times I'' \sin(\alpha - \varphi_N) \times e^{-\frac{t}{T_{dc}}}$$

$$\Rightarrow i_N = i_{ac} + i_{dc}$$

Trong ã:

U_m : iện p của mạng iện

$Z = \sqrt{(\omega L)^2 + r^2}$: tổng trở n.m

α : gĩc pha ban đầu của iện p

φ_N : gĩc lệch pha giữa u và I

$T_{dc} = L/r$: hằng số thời gian n.m

i_N : trị số tức thời của dạng n.m

I_{ac} : thành phần chu kỳ (x.chiều)

I_{dc} : thành phần một chiều

I'' : dạng n.m siêu qũ ộ

4.2.1 Ngắn mạch với nguồn cung cấp không ỏi

a. Hệ thống một pha không tải

$$i_N = \sqrt{2} \times I'' \sin(\omega t + \alpha - \varphi_N) - \sqrt{2} \times I'' \sin(\alpha - \varphi_N) \times e^{-\frac{t}{T_{dc}}}$$

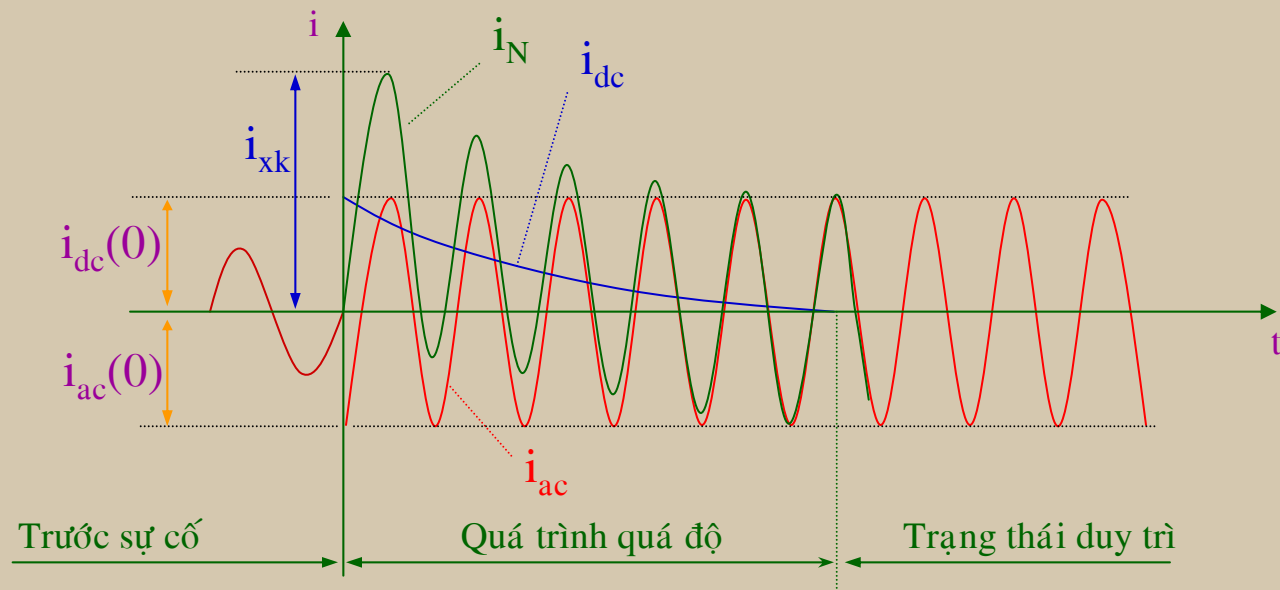
$$i_{ac} = \sqrt{2} \times I'' \sin(\omega t + \alpha - \varphi_N)$$

$$i_{dc} = -\sqrt{2} \times I'' \sin(\alpha - \varphi_N) \times e^{-\frac{t}{T_{dc}}}$$

- Nếu $\alpha - \varphi_N = 0$ hay $\alpha - \varphi_N = \pi$ thì không tồn tại i_{dc}
- Nếu $\alpha - \varphi_N = \pi/2$ hay $\alpha - \varphi_N = -\pi/2$ thì i_{dc} chỉ giữ trị ban đầu cực ại

4.2.1 Ngắn mạch với nguồn cung cấp không ồi

a. Hệ thống một pha không tải



4.2.1 Ngắn mạch với nguồn cung cấp không ỏi

a. Hệ thống một pha không tải

Dòng điện ngắn mạch gồm có hai thành phần:

- ✓ Thành phần chu kỳ (xoay chiều)
- ✓ Thành phần không chu kỳ (một chiều)

4.2.1 Ngắn mạch với nguồn cung cấp không ồi

a. Hệ thống một pha không tải

- ✓ Dòng điện ngắn mạch xung kích i_{xk} : xuất hiện sau nửa chu kỳ (0.01s)

$$i_{xk} = i_{ac}(0.01) + i_{dc}(0.01)$$

$$\Rightarrow i_{xk} = -\sqrt{2} \times I'' \sin(\alpha - \varphi_N) \left(1 + e^{-\frac{0.01}{T_{dc}}} \right)$$

Giả thiết $\alpha=0$; $\varphi_N=\pi/2 \Rightarrow \sin(\alpha-\varphi_N)=-1$

$$\Rightarrow i_{xk} = \sqrt{2} \times I'' \left(1 + e^{-\frac{0.01}{T_{dc}}} \right) = k_{xk} \times \sqrt{2} \times I''$$

Với $1 \leq k_{xk} \leq 2$

4.2.1 Ngắn mạch với nguồn cung cấp không ỏi

a. Hệ thống một pha không tải

✓ Trị số hiệu dụng dòng điện nm toàn phần I_{Nt} :

$$I_{Nt} = \sqrt{I_{ac}^2 + I_{dc}^2(t)}$$

✓ Hằng số thời gian T_{dc} :

$$T_{dc} = \frac{L}{r} = \frac{\omega L}{\omega r} = \frac{\left(\frac{X_L}{r}\right)}{\omega} = \frac{X_L}{r} \times 3,18 \times 10^{-3} \text{ s}$$

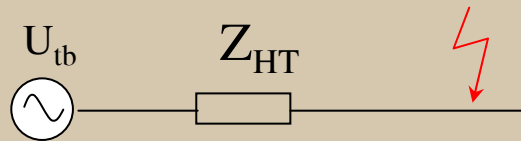
4.2.1 Ngắn mạch với nguồn cung cấp không ồi

a. Hệ thống một pha không tải

✓ Công suất ngắn mạch: $S_{Nt} = \sqrt{3} \cdot U_{tb} \cdot I_{tt} = \frac{U_{tb}^2}{Z_{HT}}$

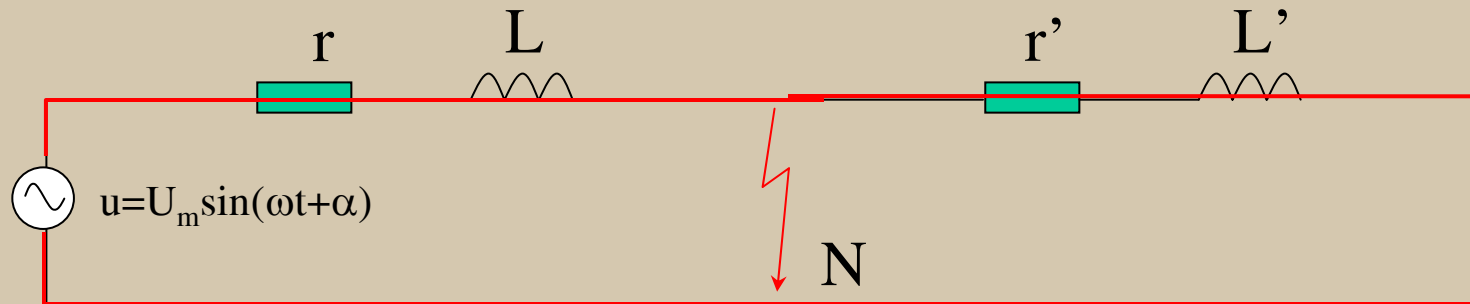
S_N được dùng để:

- ❑ Chọn lựa máy cắt $S_{MC} \geq S_{Nt}$
- ❑ Tính tổng trở của hệ thống tới điểm có công suất nm S_{Nt}



4.2.1 Ngắn mạch với nguồn cung cấp không ồi

b. Hệ thống một pha có tải



Khi ngắn mạch tại N , mạch bị chia ra làm hai phần:

- phía có nguồn r, L
- phía không có nguồn r', L'

4.2.1 Ngắn mạch với nguồn cung cấp không ồi

b. Hệ thống một pha có tải

✓ Xét mạch phía không có nguồn:

$$u = ir' + L' \frac{di}{dt} = 0$$

Phương trình:

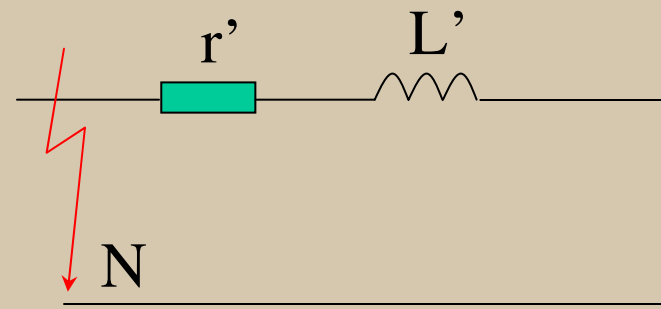
Giải ra dòng điện trong mạch:

$$i = C e^{-\frac{t}{T'_{dc}}} \quad \text{với} \quad T'_{dc} = \frac{L'}{r'}$$

Lúc xảy ra ngắn mạch $t=0$ thì $C=i_0$

$$i = i_0 e^{-\frac{t}{T'_{dc}}}$$

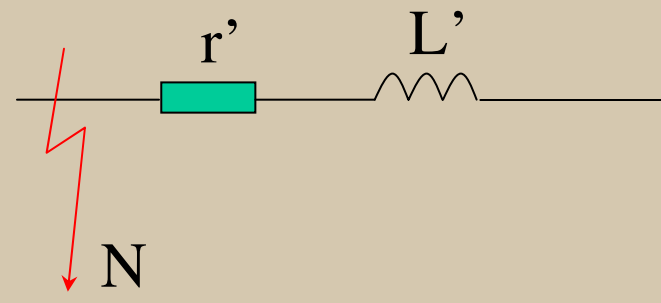
i_0 là dòng điện lúc $t=0$, đó chính là dòng phụ tải trước ngắn mạch.



4.2.1 Ngắn mạch với nguồn cung cấp không ổi

b. Hệ thống một pha có tải

$$i = i_0 e^{-\frac{t}{T'_{dc}}}$$



Kết luận:

- ✓ Dòng quá độ cực đại bằng dòng phụ tải (lúc $t=0$) nên không nguy hiểm đối với mạch điện
- ✓ Dòng quá độ tắt dần nhanh chóng với hằng số thời gian T'_{dc}

4.2.1 Ngắn mạch với nguồn cung cấp không ồi

b. Hệ thống một pha có tải

✓ Xét mạch phía có nguồn:

$$u = ir + L \frac{di}{dt}$$

Phương trình:

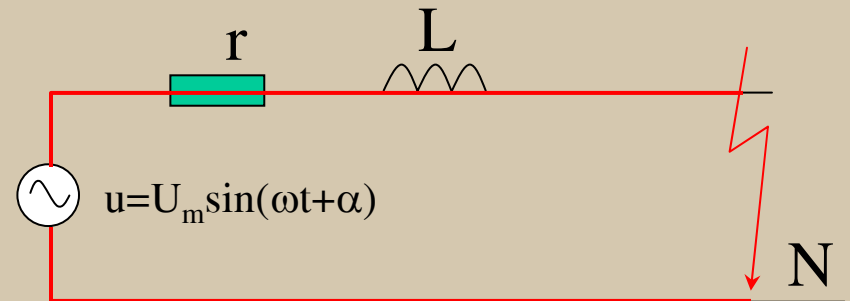
$u(t) = U_m \sin(\omega t + \alpha)$ là điện áp nguồn

$$i_N = \sqrt{2} \times I'' \sin(\omega t + \alpha - \varphi_N) + \left[I_m \sin(\alpha - \varphi_N) - \sqrt{2} \times I'' \sin(\alpha - \varphi_N) \right] \times e^{-\frac{t}{T_{dc}}}$$

Giải ra:

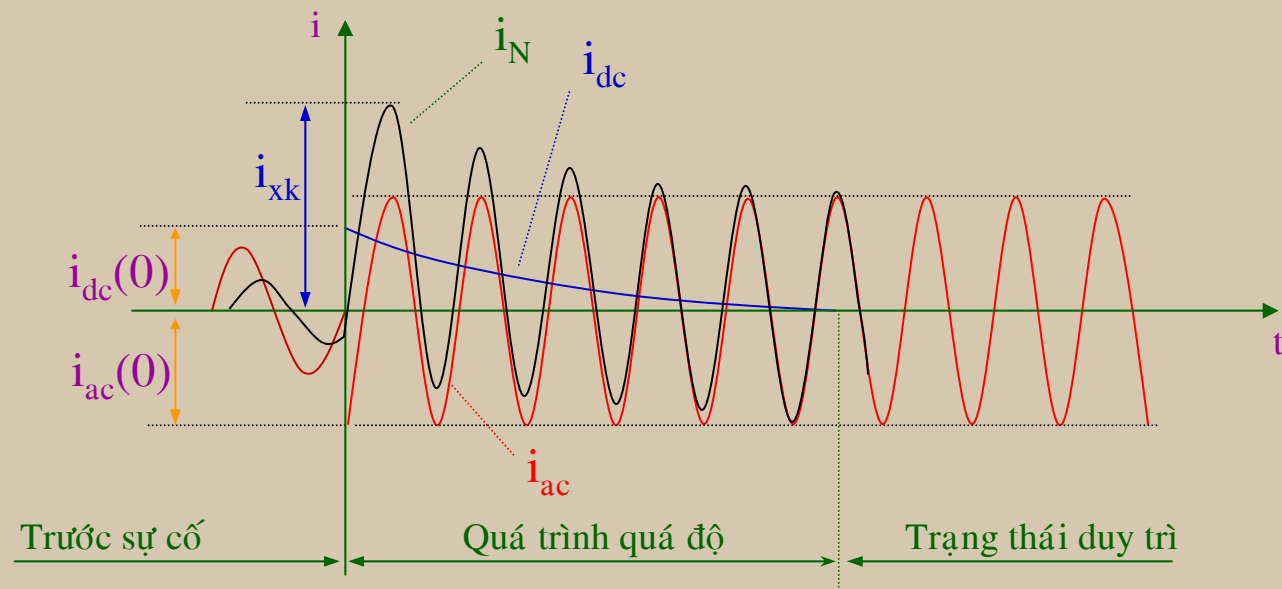
φ : góc lệch pha giữa u và I trước nm

I_m : biên độ dòng phụ tải trước khi xảy ra nm



4.2.1 Ngắn mạch với nguồn cung cấp không ồi

b. Hệ thống một pha có tải



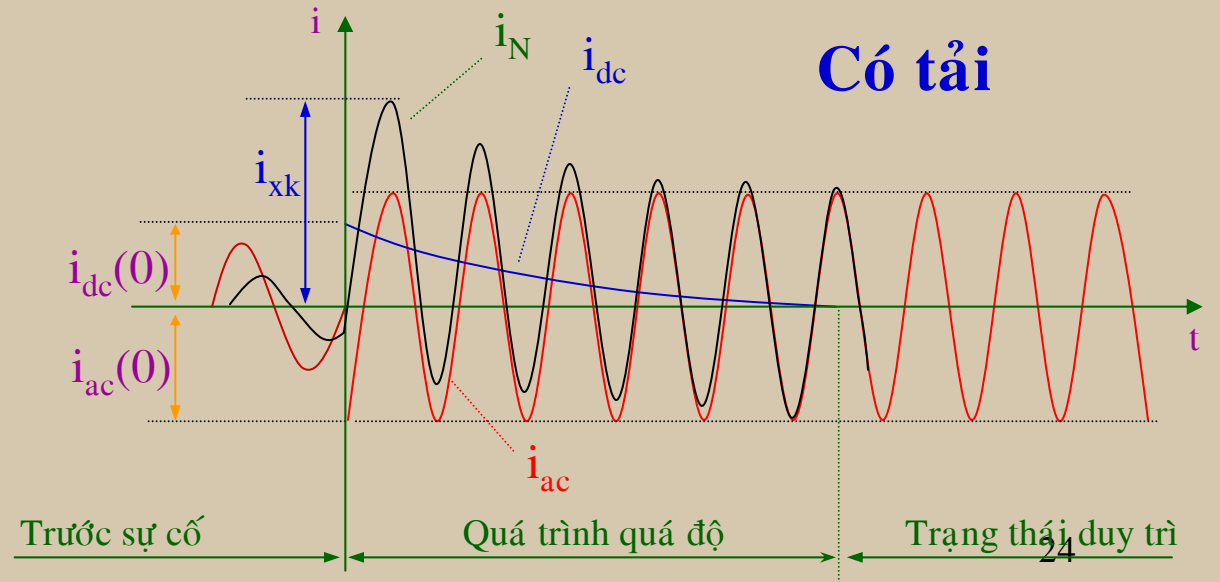
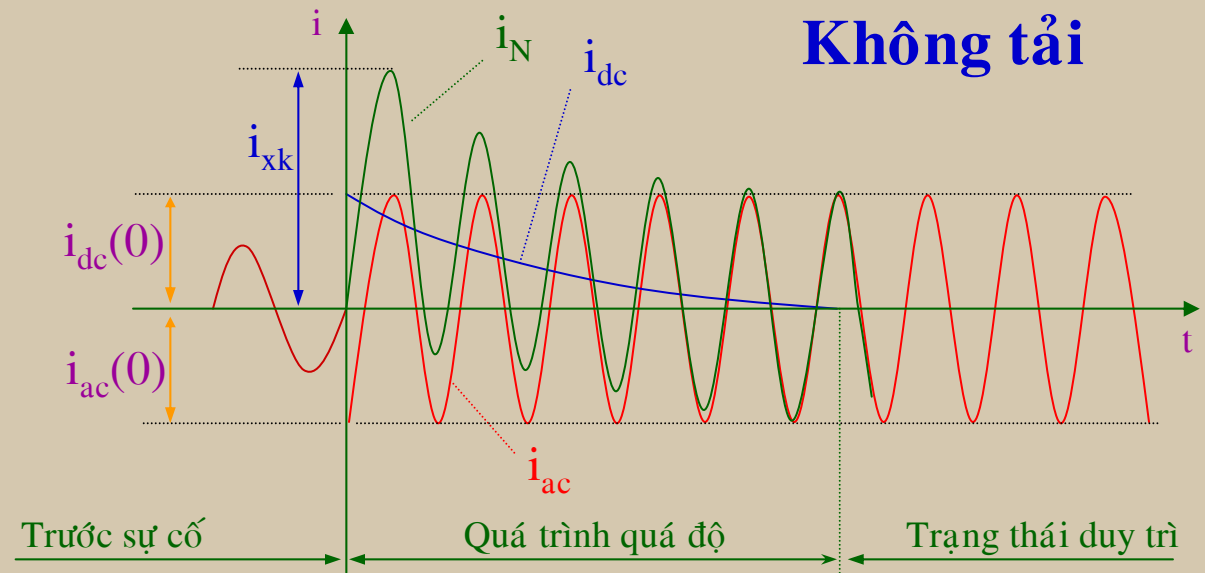
So sánh dòng ngắn mạch khi có tải và khi không tải

✓ Thành phần dòng nm xoay chiều bằng nhau.

✓ Thành phần một chiều: khi có tải nhỏ hơn.

⇒ i_{xk} khi không tải lớn hơn khi có tải

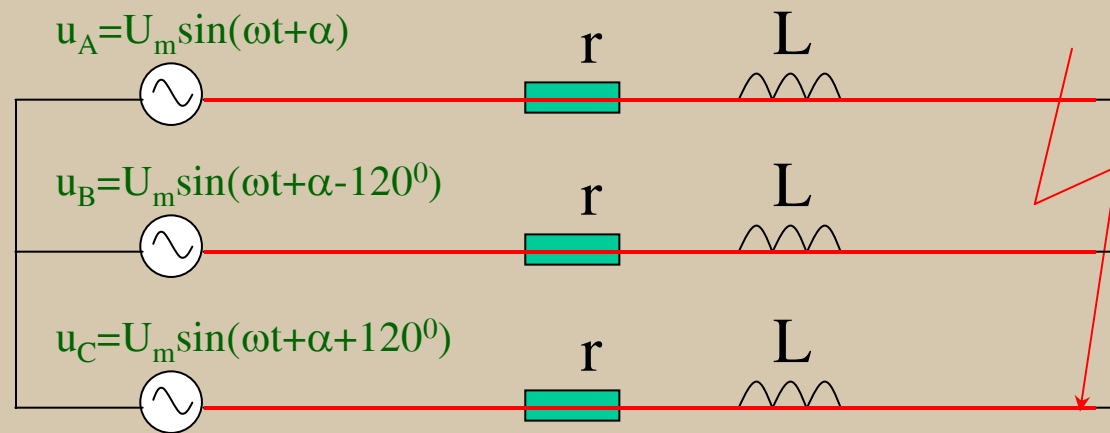
Trong tính toán thường giả thiết hệ thống đang vận hành không tải



4.2.1 Ngắn mạch với nguồn cung cấp không ỏi

b. Hệ thống ba pha

Xét hệ thống ba pha như hình vẽ



4.2.1 Ngắn mạch với nguồn cung cấp không ồi

b. Hệ thống ba pha

- ✓ Giả thiết trước ngắn mạch, hệ thống đang vận hành không tải.
- ✓ Khi ngắn mạch xảy ra, dòng ngắn mạch chạy trên từng pha:

$$i_{AN} = \sqrt{2} \times I'' \sin(\omega t + \alpha - \varphi_N) - \sqrt{2} \times I'' \sin(\alpha - \varphi_N) \times e^{-\frac{t}{T_{dc}}}$$

$$i_{BN} = \sqrt{2} \times I'' \sin(\omega t + \alpha - \varphi_N - 120^\circ) - \sqrt{2} \times I'' \sin(\alpha - \varphi_N - 120^\circ) \times e^{-\frac{t}{T_{dc}}}$$

$$i_{CN} = \sqrt{2} \times I'' \sin(\omega t + \alpha - \varphi_N + 120^\circ) - \sqrt{2} \times I'' \sin(\alpha - \varphi_N + 120^\circ) \times e^{-\frac{t}{T_{dc}}}$$

4.2.4 Ngắn mạch với nguồn cung cấp không ỏi

b. Hệ thống ba pha

4.2.2 Ngắn mạch xảy ra gần đầu cực máy phát điện đồng bộ

- a. Kháng trở đồng bộ, quá độ, siêu quá độ của máy phát điện
- b. Trị hiệu dụng của dòng điện ngắn mạch
- c. Mô hình máy phát điện đồng bộ dùng để tính toán ngắn mạch

4.2.2 Ngắn mạch xảy ra gần đầu cực máy phát điện đồng bộ

a. Kháng trở đồng bộ, quá độ, siêu quá độ của máy phát điện

- ✓ Khi ngắn mạch xảy ra gần đầu cực MFĐB, dòng điện trong máy phát ban đầu có biên độ lớn nhất, sau đó giảm dần, cuối cùng đạt giá trị không đổi.
- ✓ Giá trị không đổi đó được gọi là dòng ngắn mạch duy trì.

4.2.2 Ngắn mạch xảy ra gần đầu cực máy phát điện đồng bộ

a. Kháng trở đồng bộ, quá độ, siêu quá độ của máy phát điện

Người ta chia làm ba giai đoạn để nghiên cứu:

- Giai đoạn siêu quá độ: I”
- Giai đoạn quá độ: I’
- Giai đoạn duy trì: I

4.2.2 Ngắn mạch xảy ra gần đầu cực máy phát điện đồng bộ

a. Kháng trở đồng bộ, quá độ, siêu quá độ của máy phát điện

Để đơn giản trong quá trình tính toán, người ta đưa ra giả thiết:

- ✓ Sức điện động của máy phát là hằng số
- ✓ Sự suy giảm dòng ngắn mạch là do sự gia tăng của điện kháng máy phát

4.2.2 Ngắn mạch xảy ra gần đầu cực máy phát điện đồng bộ

a. Kháng trở đồng bộ, quá độ, siêu quá độ của máy phát điện

Với ba giai đoạn khảo sát I'' , I' , I ở trên. Mô hình MFĐB sẽ là:

- Điện kháng siêu quá độ x''_d tương ứng với dòng nm siêu quá độ I''
- Điện kháng quá độ x'_d tương ứng với dòng nm quá độ I'
- Điện kháng đồng bộ x_d tương ứng với dòng nm duy trì I

4.2.2 Ngắn mạch xảy ra gần đầu cực máy phát điện đồng bộ

b. Trị hiệu dụng dòng điện ngắn mạch

- Trị hiệu dụng thành phần AC: $I_{AC} = I_d + \Delta I' + \Delta I''$

I_d là thành phần xác lập duy trì

$\Delta I'$, $\Delta I''$ là độ gia tăng dòng do thành phần dòng quá độ và siêu quá độ

- Thành phần DC:
$$i_{dc} = \sqrt{2} \cdot I'' e^{-\frac{t}{T_{dc}}}$$

- Trị hiệu dụng dòng ngắn mạch toàn phần:

$$I = \sqrt{I_{ac}^2 + I_{dc}^2}$$

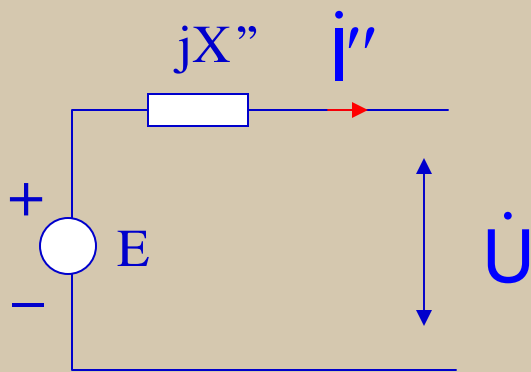
4.2.2 Ngắn mạch xảy ra gần đầu cực máy phát điện đồng bộ

c. Mô hình máy phát điện

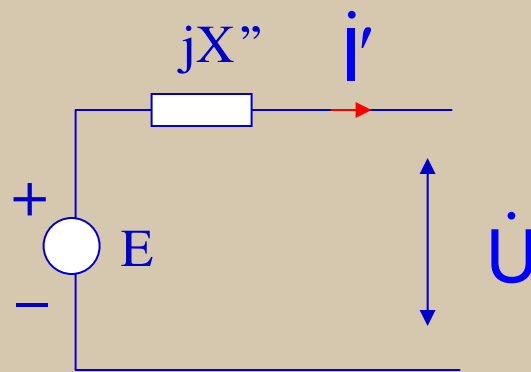
- Để tính toán ngắn mạch, mô hình MFĐ được biểu diễn bởi một sức điện động mắc nối tiếp với một điện kháng
 - ✓ Điện kháng x''_d , x'_d , hoặc x_d
 - ✓ Sức điện động E lấy bằng trị số khi máy phát không tải

4.2.2 Ngắn mạch xảy ra gần đầu cực máy phát điện đồng bộ

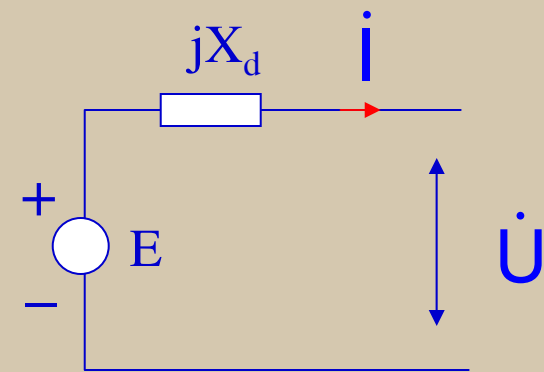
c. Mô hình máy phát điện



Siêu quá độ



Quá độ



Duy trì

4.2.3 Đặc tính ngắn mạch của tải động cơ

- a. Động cơ đồng bộ, máy bù đồng bộ
- b. Động cơ không đồng bộ

4.2.3 Đặc tính ngắn mạch của tải động cơ

a. Động cơ đồng bộ, máy bù đồng bộ

□ Đặc điểm dòng điện ngắn mạch:

- ✓ Mô hình giống như máy phát
- ✓ Khi bị ngắn mạch ở đầu cực, động cơ bị mất nguồn, nhưng nguồn kích từ vẫn còn và rôto vẫn còn quay trong thời gian ngắn.
- ✓ Do đó, động cơ trở thành máy phát cung cấp dòng ngắn mạch trong giai đoạn siêu quá độ và quá độ.

4.2.3 Đặc tính ngắn mạch của tải động cơ

a. Động cơ đồng bộ, máy bù đồng bộ

- Sức điện động siêu quá độ và quá độ của động cơ:

$$\dot{E}'_m = \dot{U}_g - jX'_{dm} \dot{I}_L$$

$$\dot{E}''_m = \dot{U}_g - jX''_{dm} \dot{I}_L$$

Với U_g là điện áp đầu cực của động cơ

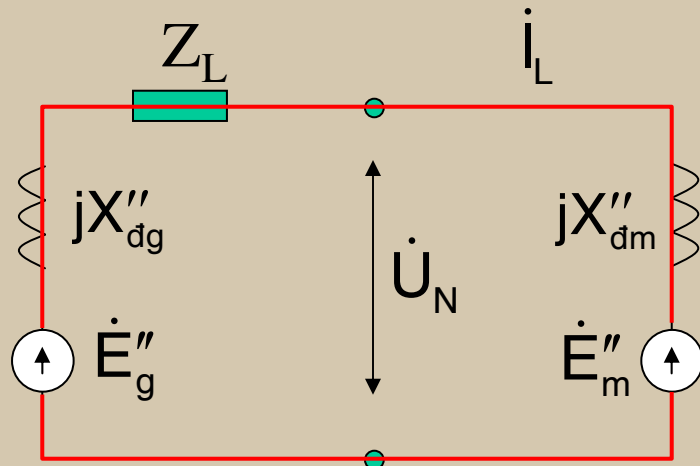
4.2.3 Đặc tính ngắn mạch của tải động cơ

a. Động cơ đồng bộ, máy bù đồng bộ

- Tính toán dòng ngắn mạch trong hệ thống có chứa máy phát và động cơ đang mang tải có thể dựa trên hai phương pháp:
 - ✓ Tính toán dựa trên sức điện động (E' hoặc E'')
 - ✓ Sử dụng định lý Thevenin

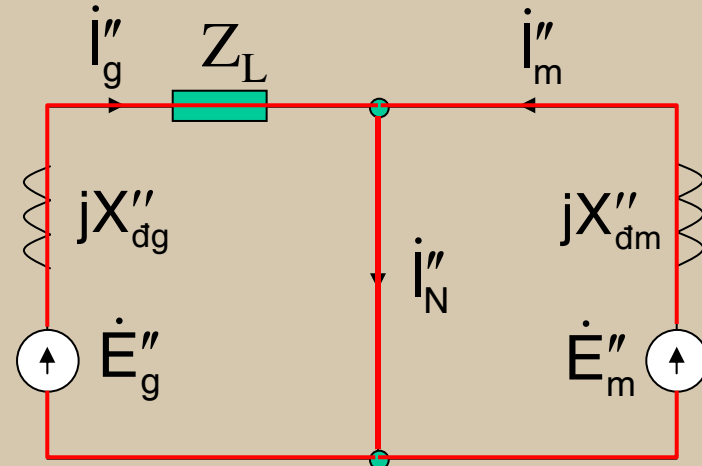
✓ Tính toán dựa trên sức điện động (E' hoặc E'')

Trước sự cố



Trung tính

Sau sự cố



Trung tính

Sức điện động của máy phát :

$$\dot{E}_g'' = \dot{U}_N + (Z_L + jX_{dg}'') \dot{i}_L$$

Sức điện động của động cơ :

$$\dot{E}_m'' = \dot{U}_N - jX_{dm}'' \dot{i}_L$$

Dòng ngắn mạch:

$$\dot{i}_g'' = \frac{\dot{E}_g''}{Z_L + jX_{dg}''} = \frac{\dot{U}_N}{Z_L + jX_{dg}''} + \dot{i}_L$$

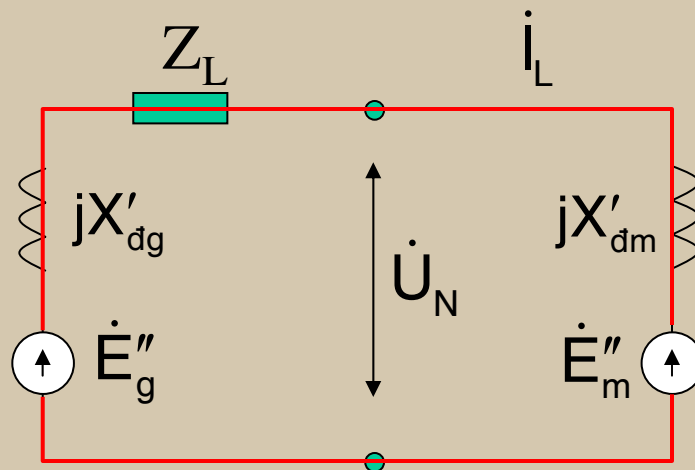
$$\dot{i}_m'' = \frac{\dot{E}_m''}{jX_{dm}''} = \frac{\dot{U}_N}{jX_{dg}''} - \dot{i}_L$$

Dòng ngắn mạch tổng:
9/12/2010

$$\dot{i}_N'' = \dot{i}_g'' + \dot{i}_m'' = \frac{\dot{U}_N}{Z_L + jX_{dg}''} + \frac{\dot{U}_N}{jX_{dm}''}$$

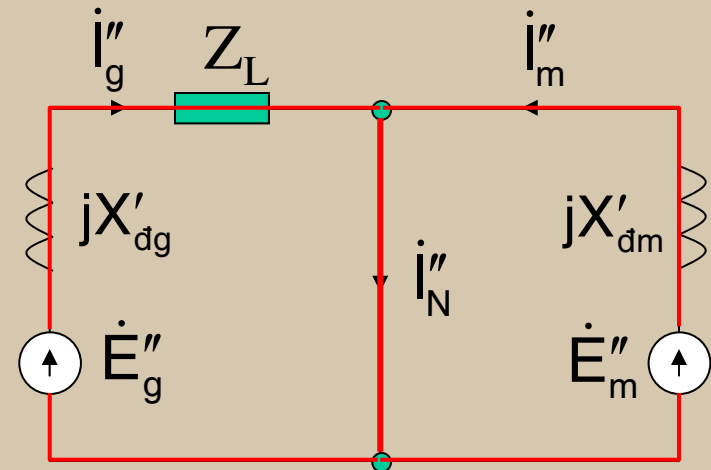
✓ Tính toán dòng ngắn mạch sử dụng định lý Thevenin:

Trước sự cố



Trung tính

Sau sự cố



Trung tính

Nguồn áp tương đương Thevenin là:

$$\dot{U}_N$$

Tổng trở tương đương Thevenin:

$$Z_{th} = \frac{jX''_{dm} (Z_L + jX''_{dg})}{jX''_{dm} + Z_L + jX''_{dg}}$$

Dòng ngắn mạch:

$$i''_N = \frac{\dot{U}_N}{Z_{Th} + 0} = \frac{(jX''_{dm} + Z_L + jX''_{dg}) \dot{U}_N}{jX''_{dm} (Z_L + jX''_{dg})}$$

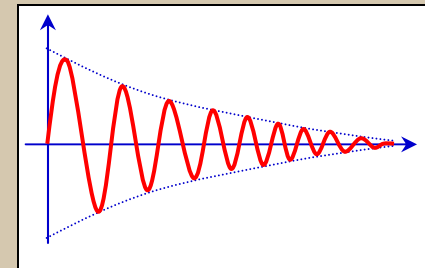
$$i''_N = i''_g + i''_m = \frac{\dot{U}_N}{Z_L + jX''_{dg}} + \frac{\dot{U}_N}{jX''_{dm}}$$

4.2.3 Đặc tính ngắn mạch của tải động cơ

a. Động cơ đồng bộ, máy bù đồng bộ

Kết luận

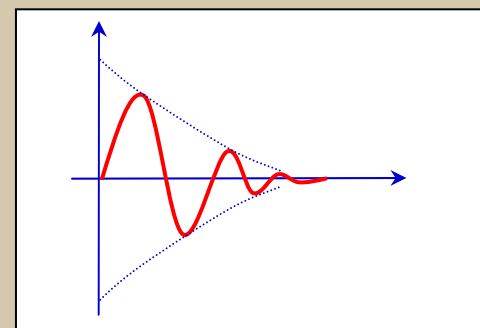
- Động cơ đồng bộ, máy bù đồng bộ cung cấp dòng ngắn mạch trong giai đoạn siêu quá độ và quá độ.
- Tính toán dòng ngắn mạch trong hệ thống có chứa máy phát và động cơ có thể dựa trên sức điện động hoặc định lý Thevenin.



4.2.3 Đặc tính ngắn mạch của tải động cơ

b. Động cơ không đồng bộ

- ❑ Cũng cung cấp dòng ngắn mạch
 - ❑ Do máy không có cuộn kích từ nên dòng ngắn mạch giảm rất nhanh
- ⇒ Động cơ cung cấp dòng ngắn mạch trong giai đoạn siêu quá độ, dòng nm xung kích.



4.2.4 Đặc tính ngắn mạch của mạng điện công nghiệp

Mạng điện công nghiệp có thể được cấp điện từ:

- Hệ thống điện (có điện áp không đổi)
- Máy phát điện đồng bộ (ở gần)

Phụ tải của mạng điện công nghiệp gồm có:

- Động cơ đồng bộ
- Động cơ không đồng bộ

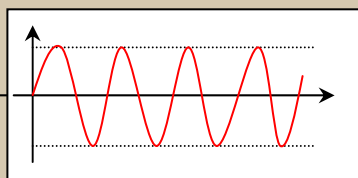
4.2.4 Đặc tính ngắn mạch của mạng điện công nghiệp

Do đó khi có ngắn mạch xảy ra trong mạng điện công nghiệp, dòng điện ngắn mạch có thể được cung cấp từ:

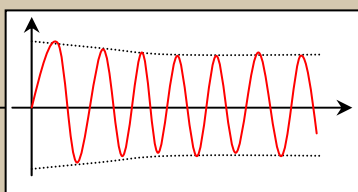
- Hệ thống điện (có điện áp không đổi)
- Máy phát điện đồng bộ (ở gần)
- Động cơ đồng bộ
- Động cơ không đồng bộ

4.2.4 Đặc tính ngắn mạch của mạng điện công nghiệp

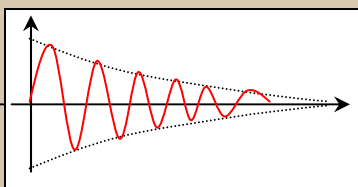
Hệ thống điện



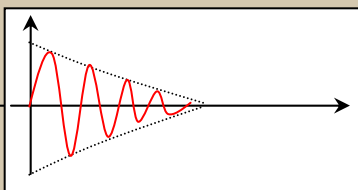
Máy phát



Đ.cơ đồng bộ



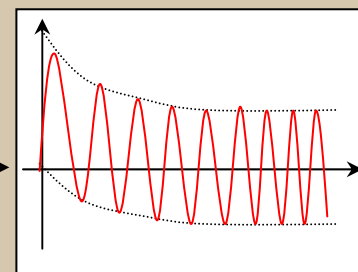
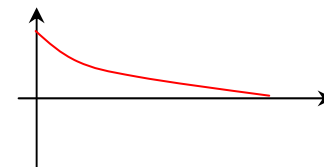
Đ.cơ KĐB



Đặc điểm
mạng

Tỉ số X/R

Thành phần
một chiều:



Bài 4-3 TÍNH TOÁN NGẮN MẠCH ĐỐI XỨNG

4.3.1 Giới thiệu

- Ngắn mạch ba pha là ngắn mạch đối xứng
- Chỉ cần tính dòng ngắn mạch cho một pha dây dẫn
- Sử dụng định lý Thevenin để tính ngắn mạch

Bài 4-3 TÍNH TOÁN NGẮN MẠCH ĐỐI XỨNG

4.3.1 Giới thiệu

□ Theo định lý Thevenin, dòng sự cố:

$$i_N^{(3)} = \frac{\dot{U}_{Th}}{Z_{Th} + Z_N} = \frac{\dot{U}_N(0)}{Z_{Th} + Z_N}$$

trong đó:

- ✓ U_{Th} hay $U_N(0)$ là điện áp tại chỗ ngắn mạch ở thời điểm trước ngắn mạch.
- ✓ Z_{Th} tổng trở vào tương đương nhìn từ chỗ sự cố
- ✓ Z_N tổng trở ngắn mạch

Bài 4-3 TÍNH TOÁN NGẮN MẠCH ĐỐI XỨNG

4.3.1 Giới thiệu

Để tính dòng ngắn mạch, sụt áp...:

- ✓ Xác định tổng trở của các phần tử (máy phát, máy biến áp, đường dây, cáp, kháng điện...).
- ✓ Có thể dựa trên nhãn máy hoặc tra sổ tay.
- ✓ Các đại lượng có thể tính theo đơn vị có tên (Ω), phần trăm hay tương đối.

Bài 4-3 TÍNH TOÁN NGẮN MẠCH ĐỐI XỨNG

4.3.1 Giới thiệu

Có 2 phương pháp tính ngắn mạch được sử dụng:

- ✓ Phương pháp đơn vị có tên
- ✓ Phương pháp đơn vị tương đối hay phần trăm
- ❑ Trong đó phương pháp đơn vị tương đối cho phép tính toán đơn giản nhất là khi hệ thống có thật nhiều cấp điện áp.
- ❑ Ngày nay phương pháp đơn vị tương đối thường được sử dụng.

Bài 4-3 TÍNH TOÁN NGẮN MẠCH ĐỐI XỨNG

4.3.2 Phương pháp tính trong hệ đơn vị có tên

- Các đại lượng dòng điện, điện áp, công suất, tổng trở đều được biểu diễn theo đúng đơn vị
- Nếu hệ thống có nhiều cấp điện áp thì tổng trở sẽ thay đổi bằng bình phương tỉ lệ của cấp điện áp.
- Do đó các giá trị tổng trở phải quy về một cấp điện áp.

Bài 4-3 TÍNH TOÁN NGẮN MẠCH ĐỐI XỨNG

4.3.2 Phương pháp tính trong hệ đơn vị có tên

Bài 4-3 TÍNH TOÁN NGẮN MẠCH ĐỐI XỨNG

4.3.3 Phương pháp tính trong hệ đơn vị tương đối

1. Hệ đại lượng tương đối:

Giá trị tương đối của một đại lượng được định nghĩa:

$$\text{Giá trị tương đối} = \frac{\text{Giá trị thực}}{\text{Giá trị cơ bản}}$$

- ✓ Giá trị thực: véctơ hay phức
- ✓ Giá trị cơ bản: luôn luôn thực

Bài 4-3 TÍNH TOÁN NGẮN MẠCH ĐỐI XỨNG

4.3.3 Phương pháp tính trong hệ đơn vị tương đối

1. Hệ đại lượng tương đối:

$$U_{*(cb)} = \frac{U}{U_{cb}}$$

$$I_{*(cb)} = \frac{I}{I_{cb}}$$

$$S_{*(cb)} = \frac{S}{S_{cb}}$$

$$X_{*(cb)} = \frac{X}{X_{cb}}$$

Bài 4-3 TÍNH TOÁN NGẮN MẠCH ĐỐI XỨNG

4.3.3 Phương pháp tính trong hệ đơn vị tương đối

1. Hệ đại lượng tương đối:

Chọn trước hai đại lượng S_{cb} , U_{cb} , từ đó tính I_{cb} , Z_{cb} (hay X_{cb})

- Công suất cơ bản S_{cb} : $S_{cb}=10, 100, 1000\dots$ MVA hoặc bằng $S_{đm}$ của nguồn.
- Điện áp cơ bản U_{cb} : thường chọn bằng điện áp trung bình định mức của các cấp.

Bài 4-3 TÍNH TOÁN NGẮN MẠCH ĐỐI XỨNG

4.3.3 Phương pháp tính trong hệ đơn vị tương đối

1. Hệ đại lượng tương đối:

- Dòng điện cơ bản và tổng trở cơ bản:

$$I_{cb} = \frac{S_{cb}}{\sqrt{3} \cdot U_{cb}}; \quad Z_{cb} = \frac{U_{cb}}{\sqrt{3} \cdot I_{cb}} = \frac{U_{cb}^2}{S_{cb}}$$

Tổng trở trong hệ đơn vị tương đối:

$$Z_{*(cb)} = \frac{Z}{Z_{cb}} = Z \times \frac{S_{cb}}{U_{cb}^2}$$

Trong đó: Z – điện kháng một pha (Ω)

$I_{cb}=(\text{kA}); U_{cb}(\text{kV}); S_{cb}(\text{MVA})$

Bài 4-3 TÍNH TOÁN NGẮN MẠCH ĐỐI XỨNG

4.3.3 Phương pháp tính trong hệ đơn vị tương đối

2. Chuyển đổi cơ bản trong hệ đơn vị tương đối:

- ❑ Thông số (Z) của các máy phát, máy biến áp, kháng điện thường được cho ở hai dạng:
 - phần trăm so với định mức của máy
 - giá trị tương đối với cơ bản là định mức của máy
- ❑ Tổng trở đường dây thường cho dưới dạng đơn vị có tên (Ω).

Bài 4-3 TÍNH TOÁN NGẮN MẠCH ĐỐI XỨNG

4.3.3 Phương pháp tính trong hệ đơn vị tương đối

2. Chuyển đổi cơ bản trong hệ đơn vị tương đối:

- Trong tính toán ngắn mạch, tất cả các thông số trên phải được biểu diễn trong cùng một hệ đơn vị tương đối trên một hệ cơ bản chung.
- ⇒ Phải chuyển đổi các giá trị tương đối từ hệ cơ bản định mức của thiết bị sang hệ cơ bản của bài toán.

Bài 4-3 TÍNH TOÁN NGẮN MẠCH ĐỐI XỨNG

4.3.3 Phương pháp tính trong hệ đơn vị tương đối

2. Chuyển đổi cơ bản trong hệ đơn vị tương đối:

Công thức chuyển đổi:
$$Z_*^{\text{cũ}} = \frac{Z(\Omega)}{Z_{\text{cb}}^{\text{cũ}}} \Rightarrow Z(\Omega) = Z_*^{\text{cũ}} \times Z_{\text{cb}}^{\text{cũ}}$$

$$\Rightarrow Z_*^{\text{mới}} = \frac{Z(\Omega)}{Z_{\text{cb}}^{\text{mới}}} = Z_*^{\text{cũ}} \frac{Z_{\text{cb}}^{\text{cũ}}}{Z_{\text{cb}}^{\text{mới}}}$$

$$\Rightarrow Z_*^{\text{mới}} = Z_*^{\text{cũ}} \frac{S_{\text{cb}}^{\text{mới}}}{S_{\text{cb}}^{\text{cũ}}} \left[\frac{U_{\text{cb}}^{\text{cũ}}}{U_{\text{cb}}^{\text{mới}}} \right]^2$$

Bài 4-3 TÍNH TOÁN NGẮN MẠCH ĐỐI XỨNG

4.3.3 Phương pháp tính trong hệ đơn vị tương đối

3. Tính điện kháng của các phần tử trong hệ thống:

□ Máy phát điện: có sẵn X''_d

$$X_{*(cb)}^{MF} = X''_d \cdot \frac{S_{cb}}{S_{đm}} \cdot \left[\frac{U_{đm}}{U_{cb}} \right]^2$$

Bài 4-3 TÍNH TOÁN NGẮN MẠCH ĐỐI XỨNG

4.3.3 Phương pháp tính trong hệ đơn vị tương đối

3. Tính điện kháng của các phần tử trong hệ thống:

□ Máy biến áp: có sẵn $U_N\%$

$$X_{*(cb)}^{MBA} = \frac{U_N\%}{100} \cdot \frac{S_{cb}}{S_{đm}} \cdot \left[\frac{U_{đm}}{U_{cb}} \right]^2$$

□ Máy biến áp ba cuộn dây:

$$U_{NC}\% = \frac{1}{2} (U_{NC-T}\% + U_{NC-H}\% - U_{NT-H}\%); \quad U_{NT}\% = \frac{1}{2} (U_{NC-T}\% + U_{NT-H}\% - U_{NC-H}\%)$$

$$U_{NH}\% = \frac{1}{2} (U_{NC-H}\% + U_{NT-H}\% - U_{NC-T}\%)$$

Bài 4-3 TÍNH TOÁN NGẮN MẠCH ĐỐI XỨNG

4.3.3 Phương pháp tính trong hệ đơn vị tương đối

3. Tính điện kháng của các phần tử trong hệ thống:

□ Kháng điện: có sẵn $U_{Kđm}$; $I_{Kđm}$; $X_K\%$

$$X_{*(cb)}^K = \frac{X_K\%}{100} \cdot \frac{I_{cb}}{I_{Kđm}} \cdot \frac{U_{Kđm}}{U_{cb}}$$

Bài 4-3 TÍNH TOÁN NGẮN MẠCH ĐỐI XỨNG

4.3.3 Phương pháp tính trong hệ đơn vị tương đối

3. Tính điện kháng của các phần tử trong hệ thống:

- Đường dây trên không và đường dây cáp: thông số thường được cho dưới dạng Ω/km .
 - ✓ Đường dây trên không $U=6\div 200\text{kV}$: $x_0=0,4\Omega/\text{km}$
 - ✓ Đường dây trên không $U<1000\text{V}$: $x_0=0,3\Omega/\text{km}$
 - ✓ Đường dây cáp $U=6\div 10\text{kV}$: $x_0=0,08\Omega/\text{km}$
 - ✓ Đường dây cáp $U=35\text{kV}$: $x_0=0,12\Omega/\text{km}$

Bài 4-3 TÍNH TOÁN NGẮN MẠCH ĐỐI XỨNG

4.3.3 Phương pháp tính trong hệ đơn vị tương đối

3. Tính điện kháng của các phần tử trong hệ thống:

- Đường dây trên không và đường dây cáp: thông số thường được cho dưới dạng Ω/km .

$$R_{*(cb)}^d = r_0 \cdot L \cdot \frac{S_{cb}}{U_{cb}^2}$$

$$X_{*(cb)}^d = x_0 \cdot L \cdot \frac{S_{cb}}{U_{cb}^2}$$

Bài 4-3 TÍNH TOÁN NGẮN MẠCH ĐỐI XỨNG

4.3.3 Phương pháp tính trong hệ đơn vị tương đối

4. Dòng điện, công suất ngắn mạch ba pha:

□ Bỏ qua điện trở R, dòng ngắn mạch ba pha:

$$I_{*Nk}^{(3)} = \frac{U_{*k}(0)}{X_{*Th}}$$

- $U_{*k}(0)$ điện áp tại nút k trước sự cố
- X_{*Th} điện kháng tương đương Thevenin nhìn từ điểm sự cố (nút k) về hệ thống

Bài 4-3 TÍNH TOÁN NGẮN MẠCH ĐỐI XỨNG

4.3.3 Phương pháp tính trong hệ đơn vị tương đối

4. Dòng điện, công suất ngắn mạch ba pha:

- Trong hệ đơn vị có tên: $I_{Nk}^{(3)} = I_{*Nk}^{(3)} \times I_{cb}$
- Công suất ngắn mạch: $S_N = I_{*Nk}^{(3)} \times U_{*k} \times S_{cb}$
- Nếu $U_{cb} = U_{đm}$ thì $U_{*k} = 1$; và nếu bỏ qua dòng tải trước sự cố thì: $U_{*k}(0) = 1$. Do đó:

$$S_N = \frac{S_{cb}}{X_{*Th}} \Rightarrow X_{*Th} = \frac{S_{cb}}{S_N}$$

Các bước tính toán ngắn mạch trong hệ đơn vị tương đối theo định lý Thevenin

1. Vẽ sơ đồ một sợi, ghi thông số các phần tử, đánh số các điểm nút của sơ đồ.
2. Chọn công suất cơ bản S_{cb} . Chọn tùy ý một điện áp cơ bản U_{cb1} và tính điện áp cơ bản khác theo U_{cb1} và tỉ số biến áp k tương ứng.
3. Tính tổng trở trong hệ tương đối cơ bản. Vẽ sơ đồ đẳng trị. Xây dựng sơ đồ tương đương Thevenin cho điểm sự cố và tính X^*Th .
4. Xác định dòng điện ngắn mạch.

Bài 4-4 SỰ CỐ BẤT ĐỐI XỨNG

4.4.1 **Các thành phần đối xứng**

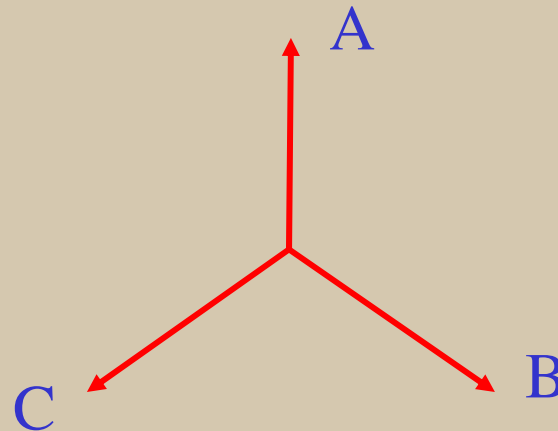
4.4.2 **Các mạch thứ tự và tổng trở thứ tự của các phần tử hệ thống điện**

4.4.3 **Tính toán sự cố bất đối xứng**

4.4.1 Các thành phần đối xứng

1. Giới thiệu các thành phần đối xứng

- ❑ Ký hiệu ba pha là A, B, C.
- ❑ Thứ tự pha theo chiều kim đồng hồ là ABC.



4.4.1 Các thành phần đối xứng

1. Giới thiệu các thành phần đối xứng

- Một hệ thống bất đối xứng bất kỳ có thể phân tích ra 3 thành phần đối xứng.
 - Thành phần thứ tự thuận
 - Thành phần thứ tự nghịch
 - Thành phần thứ tự không

4.4.1 Các thành phần đối xứng

1. Giới thiệu các thành phần đối xứng

□ Với đại lượng điện áp ba đầu bất kỳ $\dot{U}_A, \dot{U}_B, \dot{U}_C$

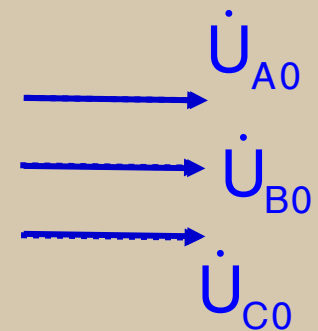
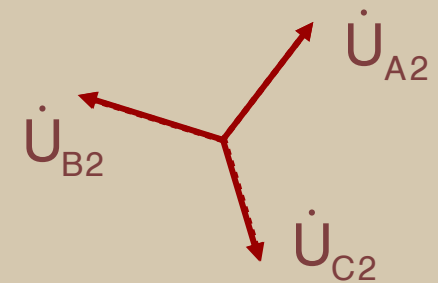
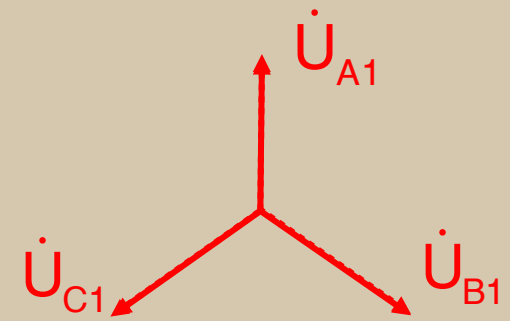
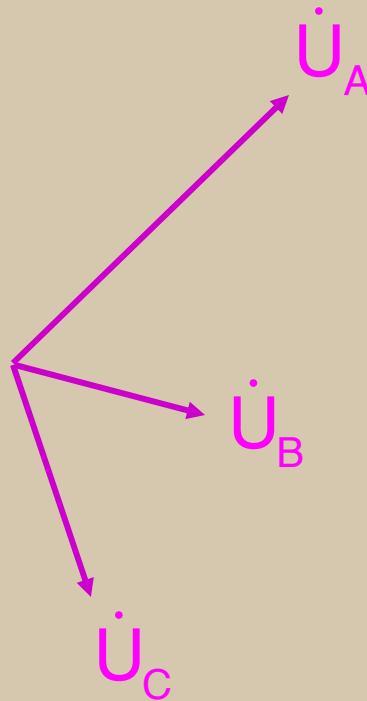
ta có thể phân tích thành:

- Thành phần thứ tự thuận $\dot{U}_{A1}, \dot{U}_{B1}, \dot{U}_{C1}$
- Thành phần thứ tự nghịch $\dot{U}_{A2}, \dot{U}_{B2}, \dot{U}_{C2}$
- Thành phần thứ tự không $\dot{U}_{A0}, \dot{U}_{B0}, \dot{U}_{C0}$

$$\dot{U}_A = \dot{U}_{A1} + \dot{U}_{A2} + \dot{U}_{A0}$$

$$\dot{U}_B = \dot{U}_{B1} + \dot{U}_{B2} + \dot{U}_{B0}$$

$$\dot{U}_C = \dot{U}_{C1} + \dot{U}_{C2} + \dot{U}_{C0}$$



4.4.1 Các thành phần đối xứng

2. Biểu diễn các thành phần đối xứng theo các đại lượng pha không đối xứng

- Để giảm bớt số lượng ẩn trong bài toán, các thành phần của U_A, U_B, U_C sẽ được biểu diễn theo toán tử $a=1\angle 120^\circ$:

$$\dot{U}_{B0} = \dot{U}_{C0} = \dot{U}_{A0}$$

$$\dot{U}_{B1} = a^2 \dot{U}_{A1}; \quad \dot{U}_{C1} = a \dot{U}_{A1}$$

$$\dot{U}_{B2} = a \dot{U}_{A2}; \quad \dot{U}_{C2} = a^2 \dot{U}_{A2}$$

4.4.1 Các thành phần đối xứng

2. Biểu diễn các thành phần đối xứng theo các đại lượng pha không đối xứng

□ Điện áp các pha được biểu diễn:

$$\begin{aligned} \dot{U}_A &= \dot{U}_{A0} + \dot{U}_{A1} + \dot{U}_{A2} \\ \dot{U}_B &= \dot{U}_{A0} + a^2\dot{U}_{A1} + a\dot{U}_{A2} \\ \dot{U}_C &= \dot{U}_{A0} + a\dot{U}_{A1} + a^2\dot{U}_{A2} \end{aligned} \quad \Rightarrow \quad \left| \begin{aligned} \dot{U}_{A0} &= \frac{1}{3}(\dot{U}_A + \dot{U}_B + \dot{U}_C) \\ \dot{U}_{A1} &= \frac{1}{3}(\dot{U}_A + a\dot{U}_B + a^2\dot{U}_C) \\ \dot{U}_{A2} &= \frac{1}{3}(\dot{U}_A + a^2\dot{U}_B + a\dot{U}_C) \end{aligned} \right.$$

4.4.1 Các thành phần đối xứng

2. Biểu diễn các thành phần đối xứng theo các đại lượng pha không đối xứng

□ Đối với dòng điện:

$$i_A = i_{A0} + i_{A1} + i_{A2}$$

$$i_B = i_{A0} + a^2 i_{A1} + a i_{A2}$$

$$i_C = i_{A0} + a i_{A1} + a^2 i_{A2}$$

\Rightarrow

$$i_{A0} = \frac{1}{3}(i_A + i_B + i_C)$$

$$i_{A1} = \frac{1}{3}(i_A + a i_B + a^2 i_C)$$

$$i_{A2} = \frac{1}{3}(i_A + a^2 i_B + a i_C)$$

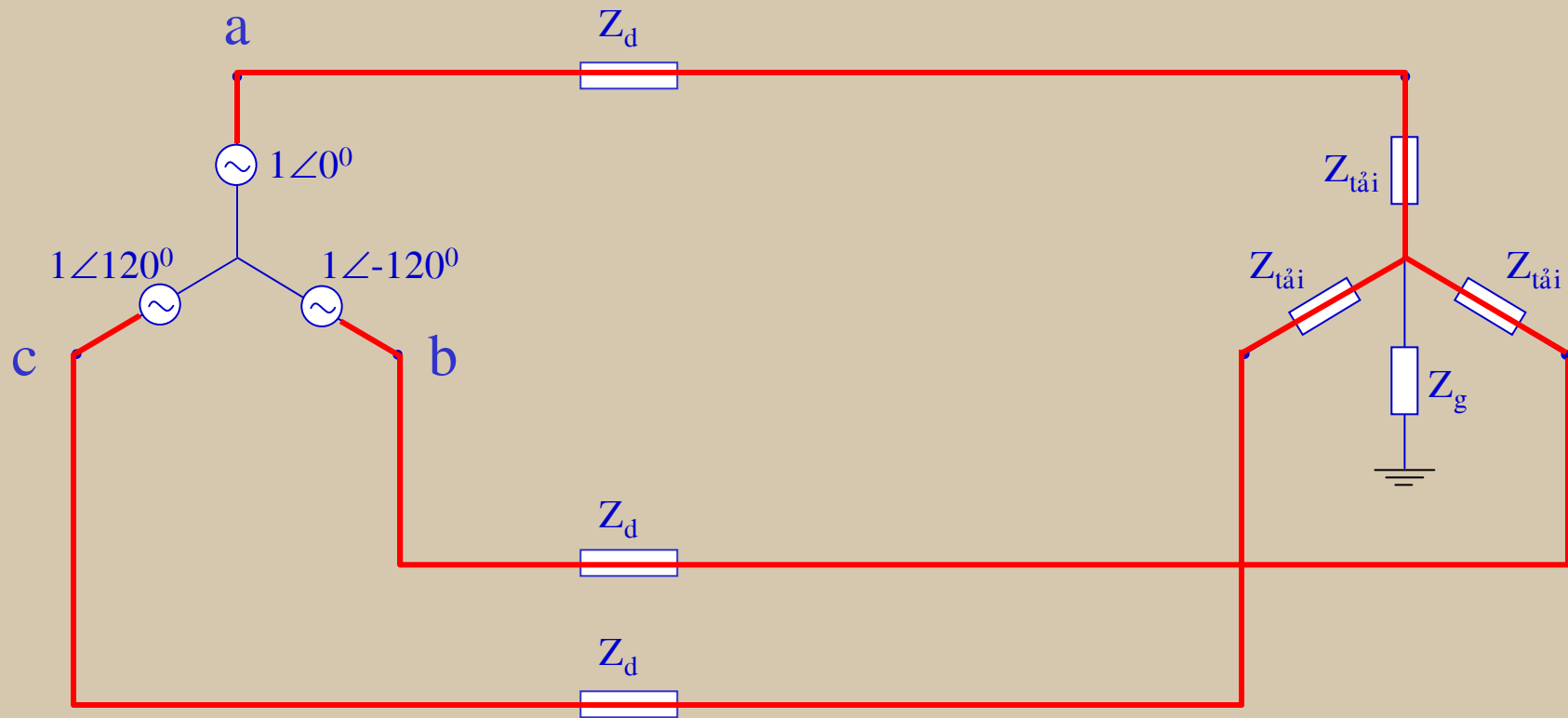
4.4.1 Các thành phần đối xứng

3. Dùng thành phần đối xứng phân tích sự cố bất đối xứng

- ❑ Xét ví dụ mạch gồm nguồn ba pha đối xứng cung cấp cho một tải 3 pha đối xứng.

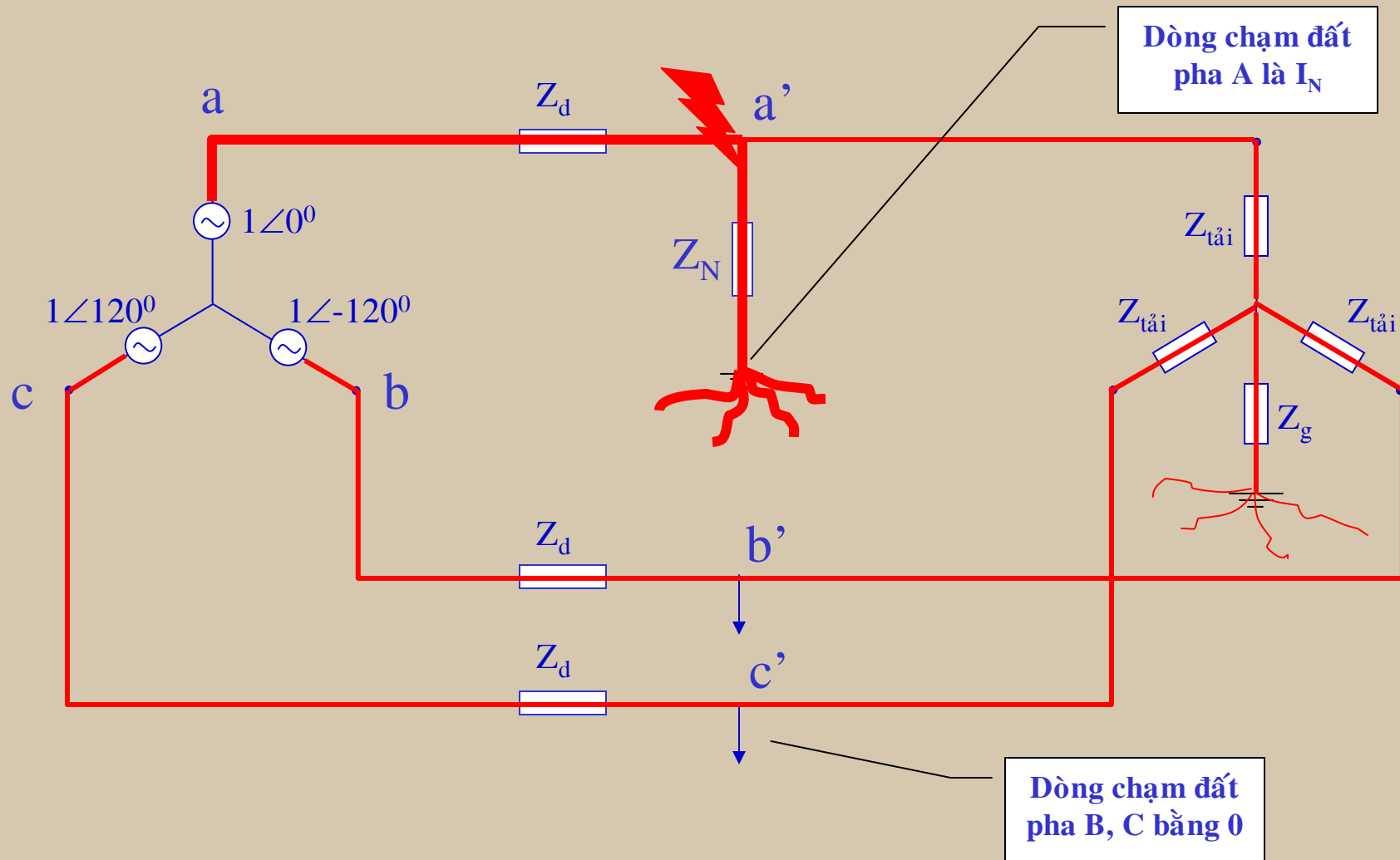
Nguồn ba pha đối xứng - tải 3 pha đối xứng

Tình trạng làm việc bình thường



Nguồn ba pha đối xứng - tải 3 pha đối xứng

Khi chạm đất pha A qua tổng trở chạm Z_N



4.4.1 Các thành phần đối xứng

3. Dùng thành phần đối xứng phân tích sự cố bất đối xứng

□ Nhận xét:

- Do pha A có thêm tổng trở Z_N tại chỗ chạm đất làm cho cấu trúc mạng trở nên bất đối xứng.
- Do đó dòng điện chạy trên các nhánh là bất đối xứng.

4.4.1 Các thành phần đối xứng

3. Dùng thành phần đối xứng phân tích sự cố bất đối xứng

□ Như vậy bài toán ngắn mạch bất đối xứng:

✓ Thông số cấu trúc mạng là bất đối xứng.

✓ Thông số đáp ứng dòng, áp trên các nhánh là bất đối xứng.

□ Để giải bài toán, chúng ta đưa nó trở về đối xứng.

4.4.1 Các thành phần đối xứng

3. Dùng thành phần đối xứng phân tích sự cố bất đối xứng

□ Bước 1: làm cho thông số mạng trở về đối xứng

- ✓ Bỏ nhánh Z_N đi \Rightarrow thông số mạng trở lại đối xứng
 - ✓ Thay thế tại chỗ ngắn mạch một nguồn dòng ba pha bất đối xứng có trị số $I_{\text{nguồn}} = [I_N, 0, 0]$
- \Rightarrow Cấu trúc mạng trở thành đối xứng như ban đầu và dòng điện chạy trong mạch giống như tình trạng lúc sự cố chạm đất pha A.

4.4.1 Các thành phần đối xứng

3. Dùng thành phần đối xứng phân tích sự cố bất đối xứng

□ Bước 2: làm cho đáp ứng của mạng trở thành đối xứng.

- ✓ Phân tích nguồn dòng bất đối xứng $I_{\text{nguồn}}=[I_N, 0, 0]$ ra các thành phần đối xứng thứ tự thuận, nghịch, không.
- ✓ Giải bài toán đối xứng cho từng thành phần.
- ✓ Dùng nguyên lý xếp chồng để tìm dòng ngắn mạch bất đối xứng.

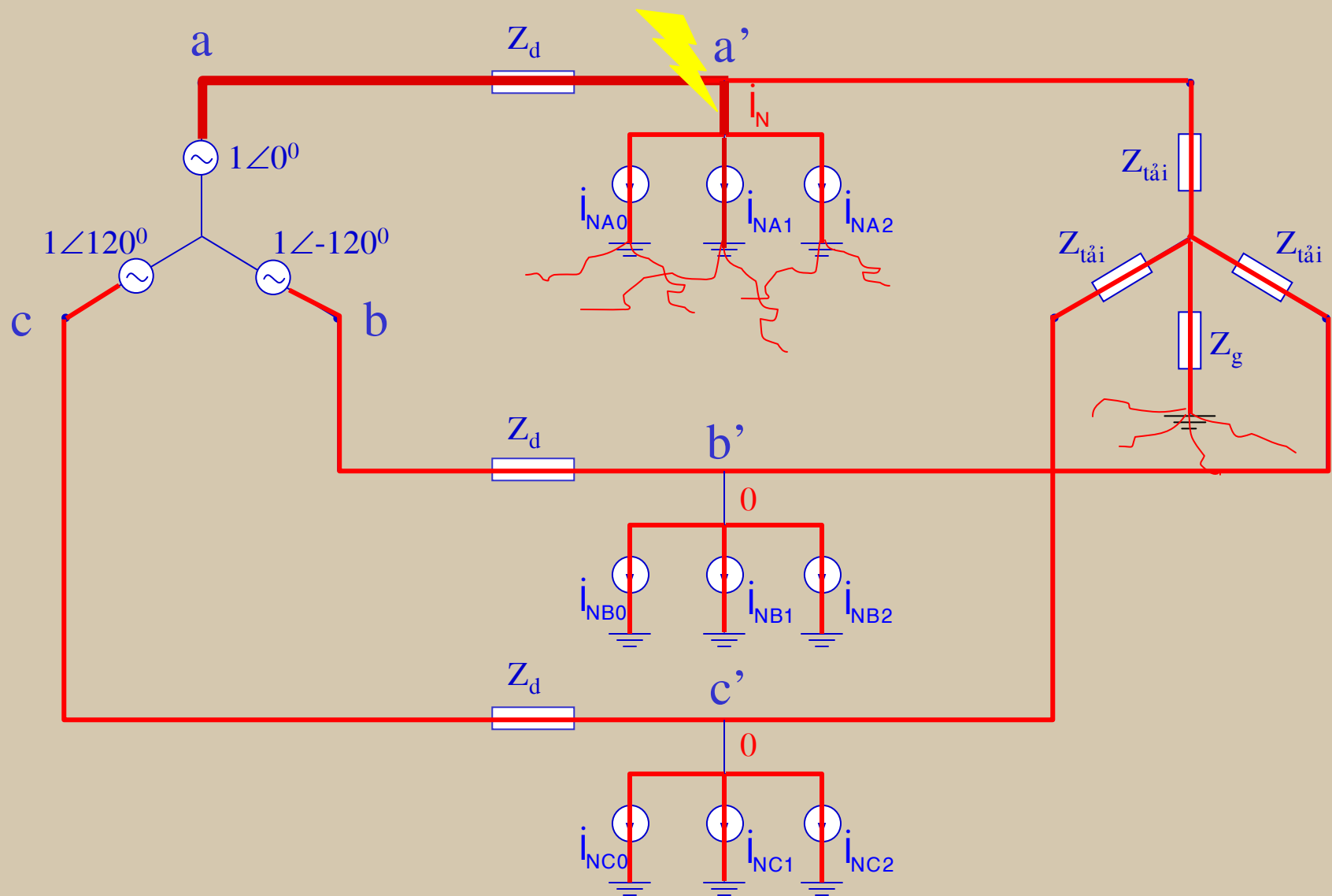
4.4.1 Các thành phần đối xứng

3. Dùng thành phần đối xứng phân tích sự cố bất đối xứng

$$\mathbf{i}_N = \begin{bmatrix} i_{AN} \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} \Rightarrow \text{Pha A} \begin{cases} i_{NA0} = \frac{1}{3}(i_A + i_B + i_C) = \frac{1}{3}(i_N + 0 + 0) = \frac{i_N}{3} \\ i_{NA1} = \frac{1}{3}(i_A + ai_B + a^2i_C) = \frac{1}{3}(i_N + 0 + 0) = \frac{i_N}{3} \\ i_{NA2} = \frac{1}{3}(i_A + a^2i_B + ai_C) = \frac{1}{3}(i_N + 0 + 0) = \frac{i_N}{3} \end{cases}$$

$$\text{Pha B} \begin{cases} i_{NB0} = i_{NA0} = \frac{i_N}{3} \\ i_{NB1} = a^2i_{NA1} = a^2\frac{i_N}{3} \\ i_{NB2} = ai_{NA1} = a\frac{i_N}{3} \end{cases}$$

$$\text{Pha C} \begin{cases} i_{NC0} = i_{NA0} = \frac{i_N}{3} \\ i_{NC1} = ai_{NA1} = a\frac{i_N}{3} \\ i_{NC2} = a^2i_{NA1} = a^2\frac{i_N}{3} \end{cases}$$



4.4.1 Các thành phần đối xứng

3. Dùng thành phần đối xứng phân tích sự cố bất đối xứng

Trình tự giải bài toán như sau:

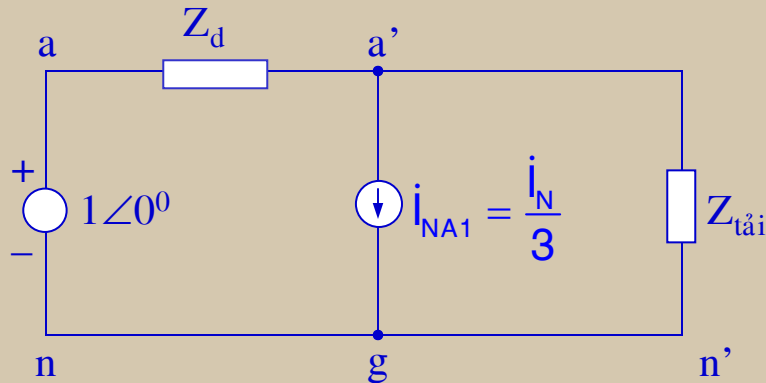
- B1. Giải tìm dòng ngắn mạch do nguồn thứ tự thuận tạo ra.
- B2. Giải tìm dòng ngắn mạch do nguồn thứ tự nghịch tạo ra.
- B3. Giải tìm dòng ngắn mạch do nguồn thứ tự không tạo ra.
- B4. Tìm dòng ngắn mạch tổng bằng phương pháp xếp chồng.

4.4.1 Các thành phần đối xứng

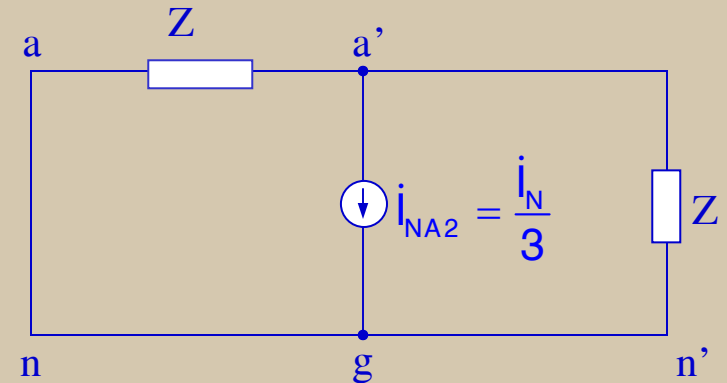
3. Dùng thành phần đối xứng phân tích sự cố bất đối xứng

- Khi giải tìm đáp ứng cho từng thành phần, do nguồn đối xứng và cấu trúc mạch cũng đối xứng nên ta sử dụng mô hình một pha để giải.

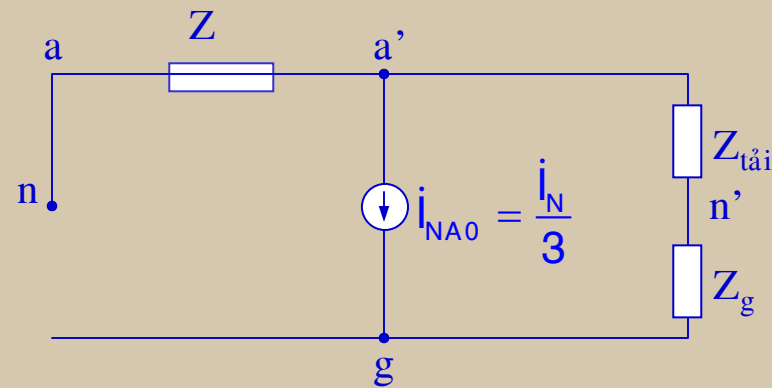
Mạch tương đương thứ tự thuận, nghịch và không



Mạch tương đương thứ tự thuận

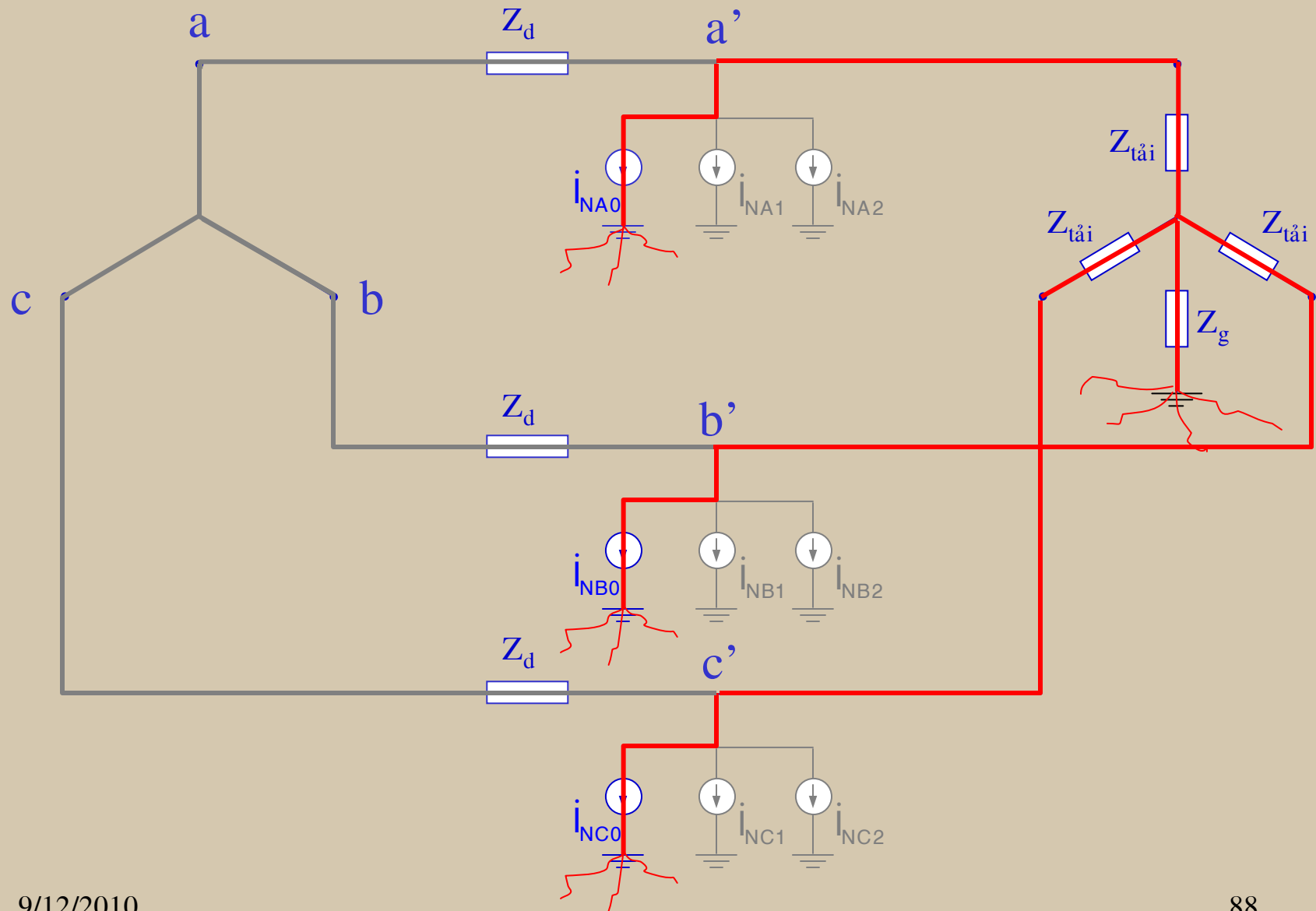


Mạch tương đương thứ tự nghịch

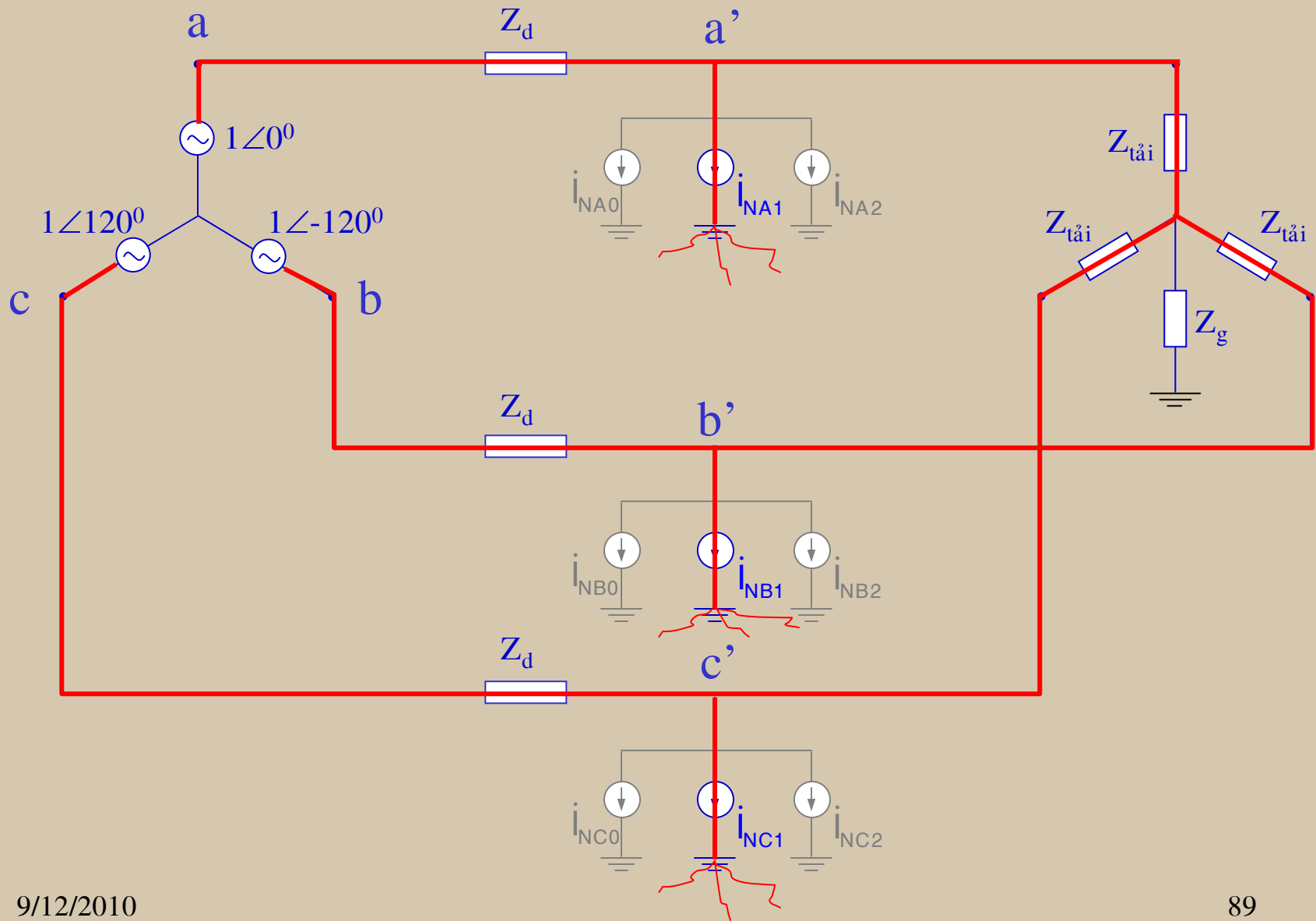


Mạch tương đương thứ tự không

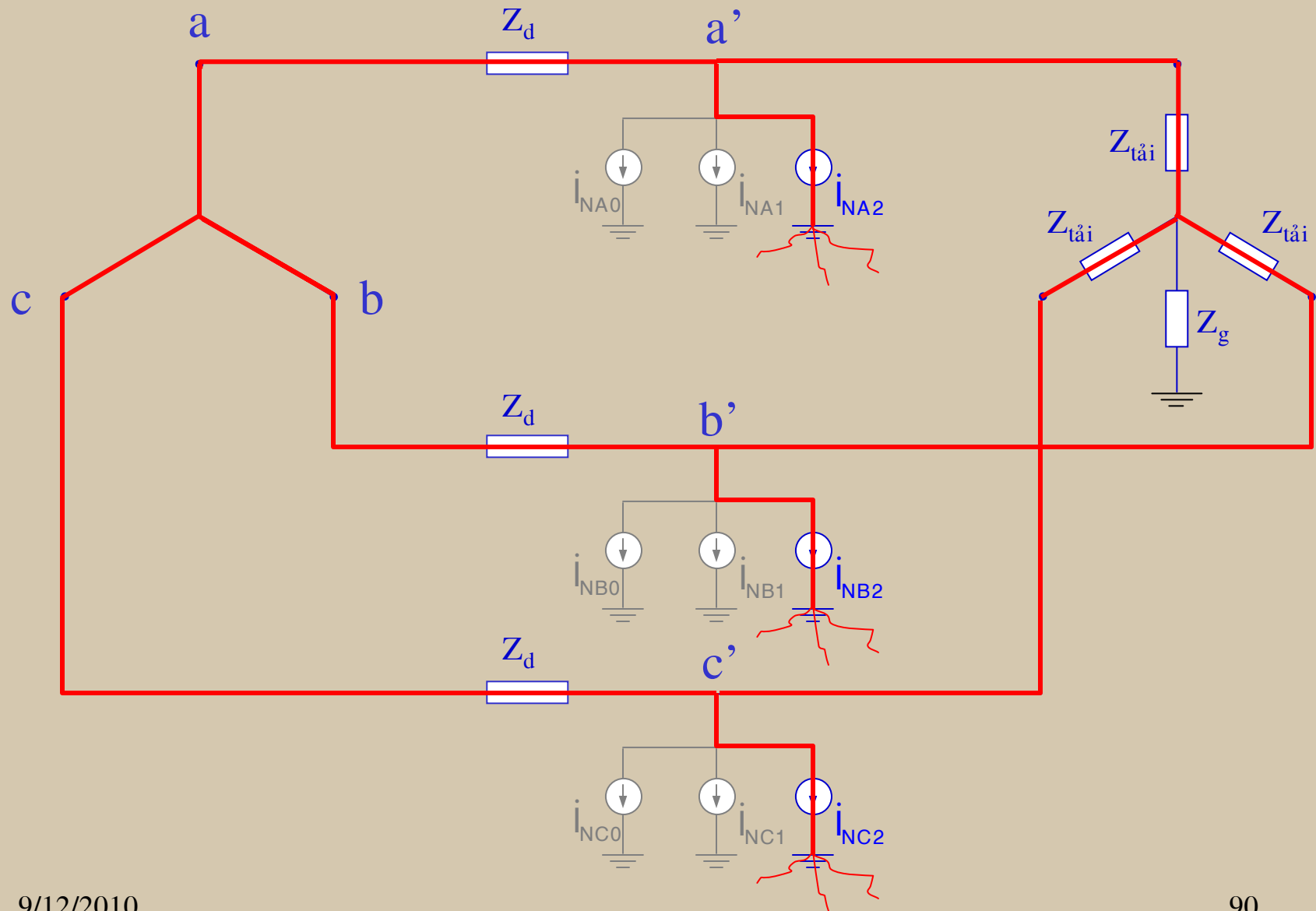
Giải mạch với nguồn thứ tự không



Giải mạch với nguồn thứ tự thuận



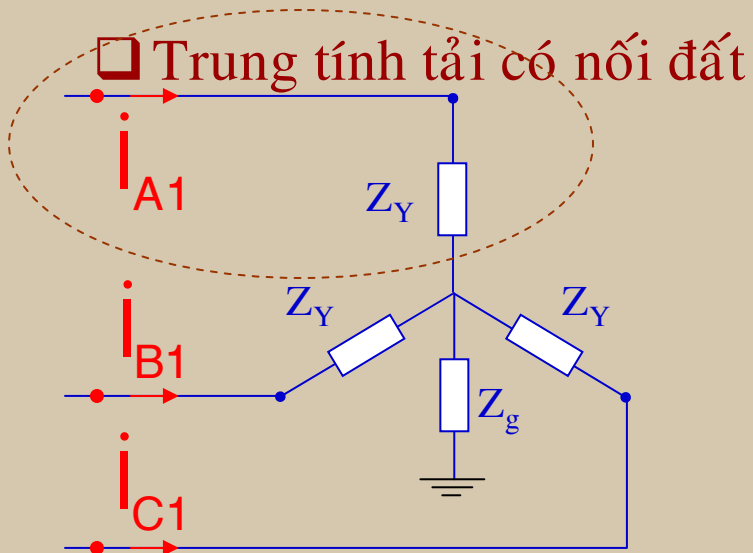
Giải mạch với nguồn thứ tự nghịch



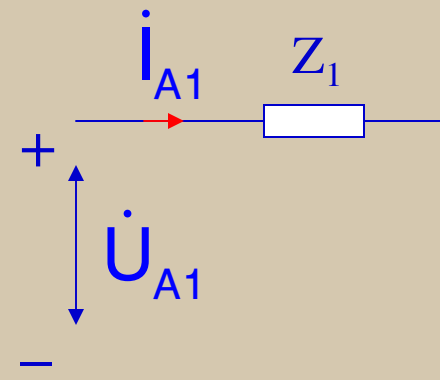
4.4.2 Các mạch thứ tự và tổng trở thứ tự của các phần tử hệ thống điện

1. Các mạch thứ tự của tải

a. Tải đấu sao (Y)



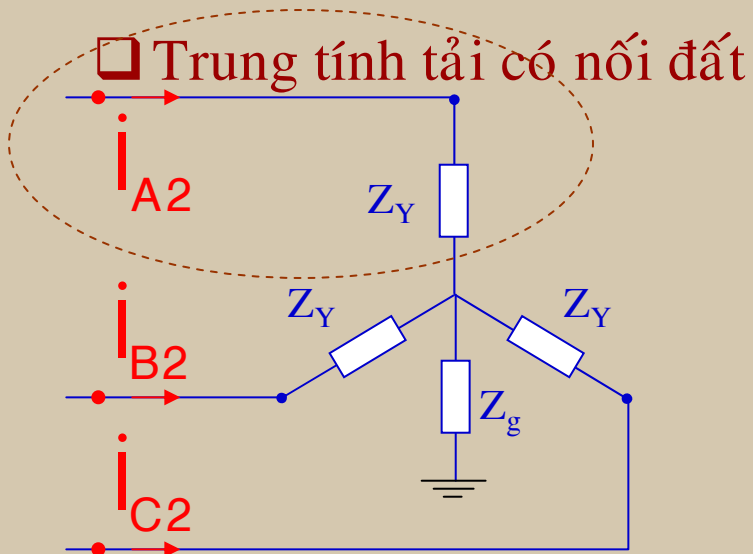
Mạch thứ tự thuận $Z_1 = Z_Y$



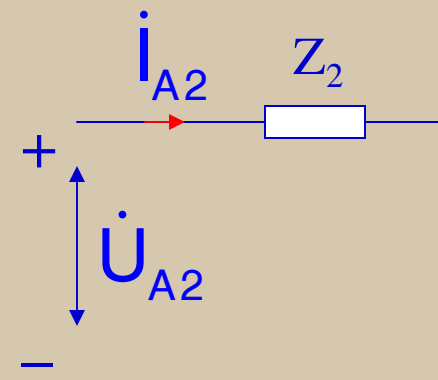
4.4.2 Các mạch thứ tự và tổng trở thứ tự của các phần tử hệ thống điện

1. Các mạch thứ tự của tải

a. Tải đấu sao (Y)



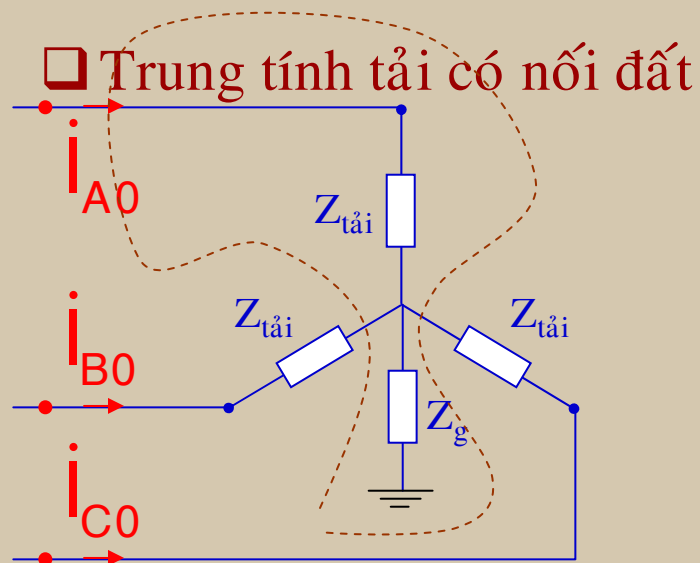
Mạch thứ tự nghịch $Z_2 = Z_Y$



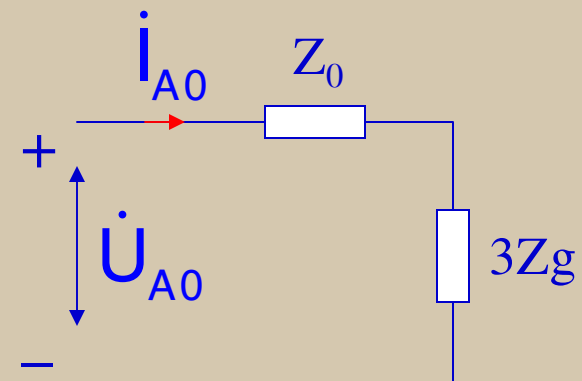
4.4.2 Các mạch thứ tự và tổng trở thứ tự của các phần tử hệ thống điện

1. Các mạch thứ tự của tải

a. Tải đấu sao (Y)



Mạch thứ tự không $Z_0 = Z_Y + 3Z_g$

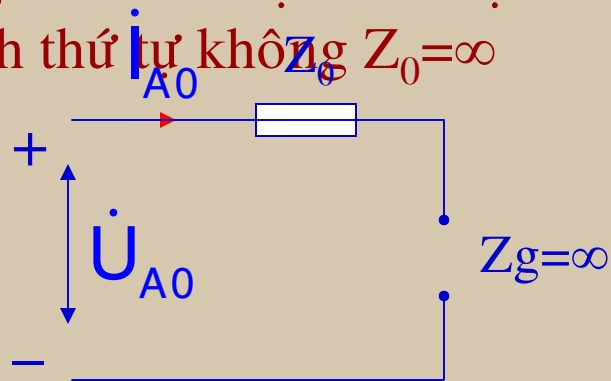


4.4.2 Các mạch thứ tự và tổng trở thứ tự của các phần tử hệ thống điện

1. Các mạch thứ tự của tải

a. Tải đấu sao (Y)

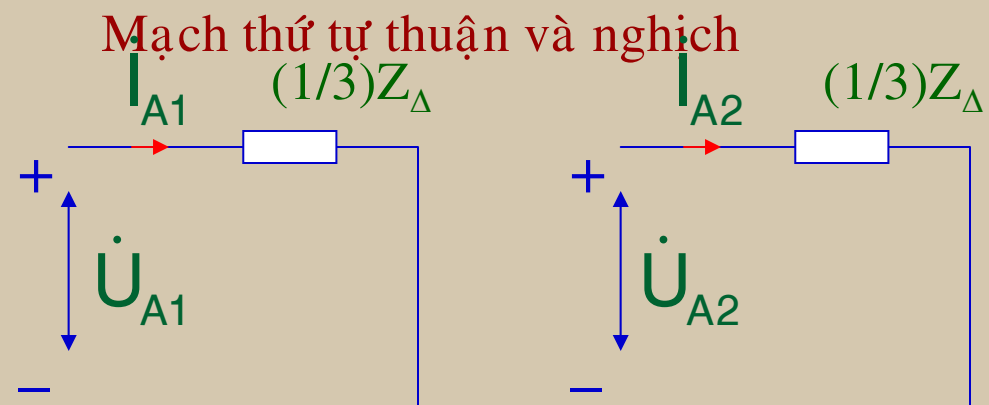
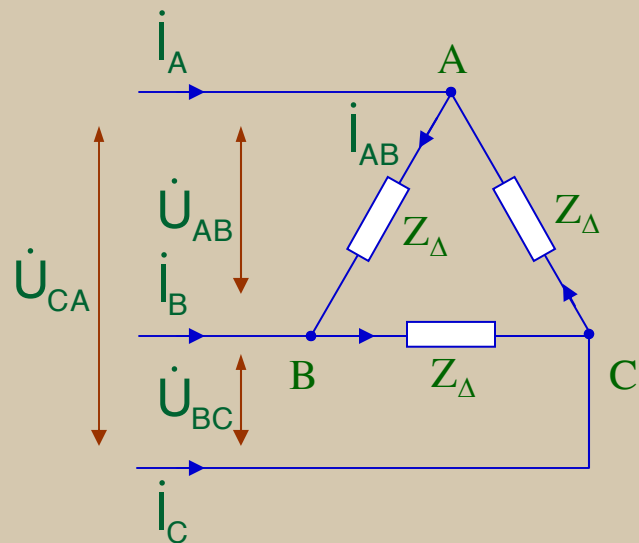
- Trung tính tải không nối đất: mạch thứ tự thuận và nghịch giống như trên, mạch thứ tự không $Z_0 = \infty$



4.4.2 Các mạch thứ tự và tổng trở thứ tự của các phần tử hệ thống điện

1. Các mạch thứ tự của tải

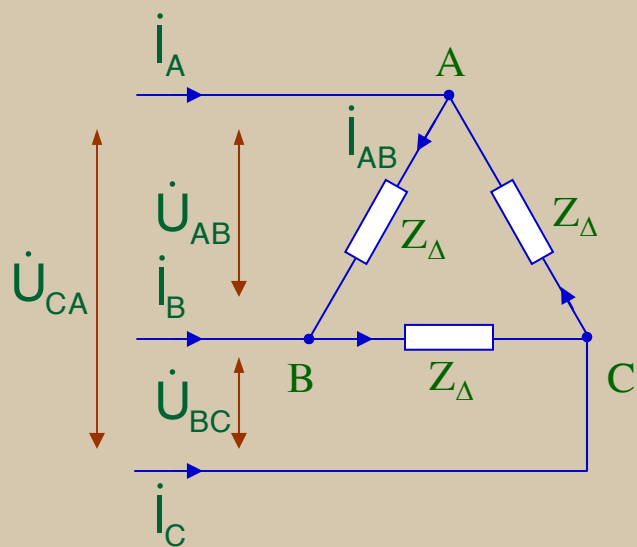
b. Tải đấu tam giác (Δ)



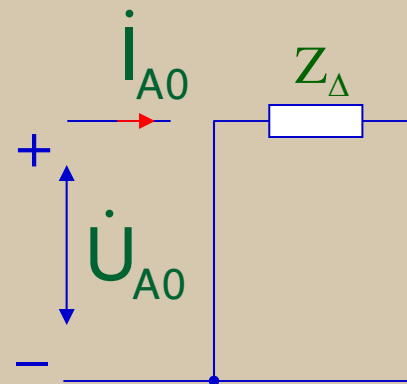
4.4.2 Các mạch thứ tự và tổng trở thứ tự của các phần tử hệ thống điện

1. Các mạch thứ tự của tải

b. Tải đấu tam giác (Δ)



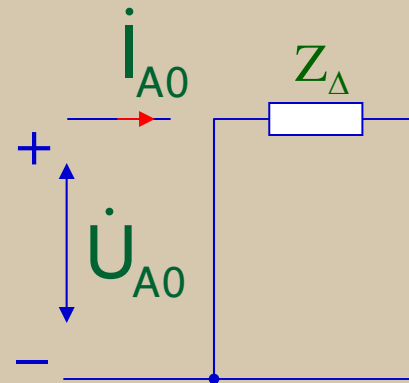
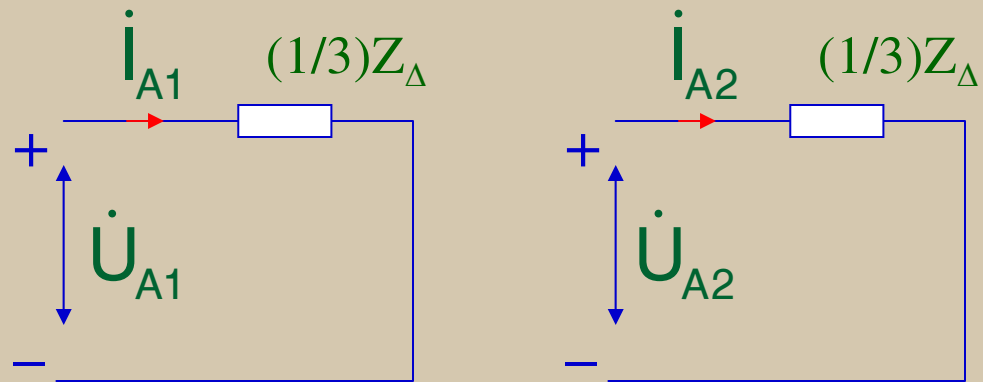
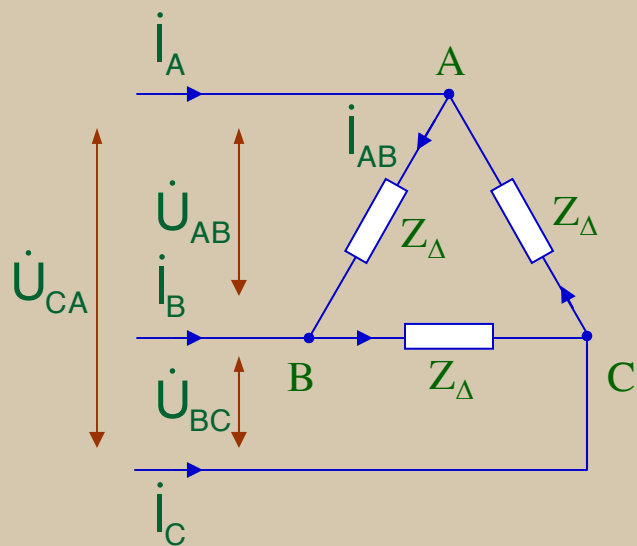
$$\begin{array}{l}
 i_A = i_{AB} - i_{CA} \\
 i_B = i_{BC} - i_{AB} \\
 i_C = i_{CA} - i_{BA}
 \end{array}
 \left| \begin{array}{l} \text{Mạch thứ tự không} \\ \Rightarrow i_{A0} = \frac{1}{3}(i_A + i_B + i_C) = 0 \end{array} \right.$$



4.4.2 Các mạch thứ tự và tổng trở thứ tự của các phần tử hệ thống điện

1. Các mạch thứ tự của tải

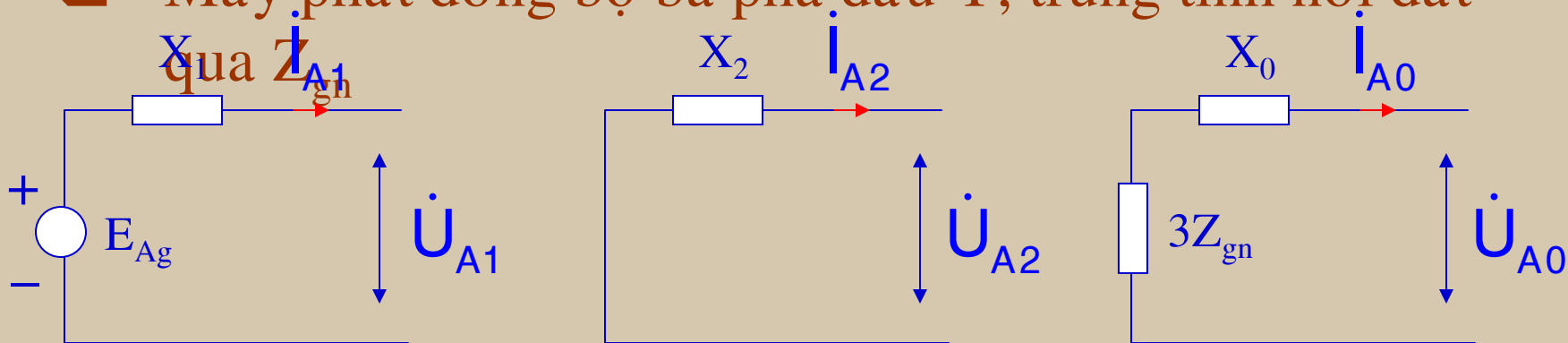
b. Tải đấu tam giác (Δ)



4.4.2 Các mạch thứ tự và tổng trở thứ tự của các phần tử hệ thống điện

2. Các mạch thứ tự của máy phát đồng bộ

□ Máy phát đồng bộ ba pha đấu Y, trung tính nối đất



$$X_1 = X''_d \text{ (hoặc } X'_d, X_d)$$

$$X_2 = X''_d$$

$$X_0 = (0,15 \div 0,6) X''_d$$

4.4.2 Các mạch thứ tự và tổng trở thứ tự của các phần tử hệ thống điện

3. Các mạch thứ tự của đường dây truyền tải ba pha

- ❑ Tổng trở thứ tự thuận và nghịch bằng nhau:
 $Z_1 = Z_2 = 0,4 \Omega/\text{km}$.
- ❑ Tổng trở thứ tự không:

Đường dây	$Z_0(\Omega/\text{km})$
Một mạch không có dây chống sét	1,4
Một mạch có dây chống sét	0,8
Hai mạch không có dây chống sét	1,1
Hai mạch có dây chống sét	0,6

4.4.2 Các mạch thứ tự và tổng trở thứ tự của các phần tử hệ thống điện

4. Các mạch thứ tự của máy biến áp

- ❑ Mạch thứ tự thuận và nghịch của máy biến áp giống nhau và giống như tính ngắn mạch ba pha đối xứng:
 $Z_1 = Z_2 = Z_T$
- ❑ Mạch thứ tự không phụ thuộc vào kiểu quấn dây máy biến áp

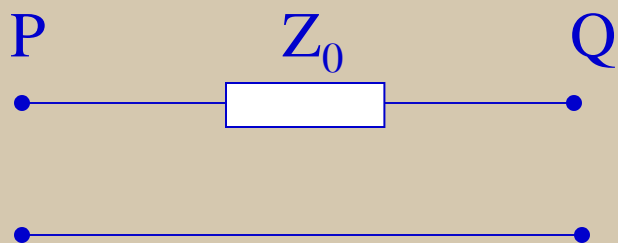
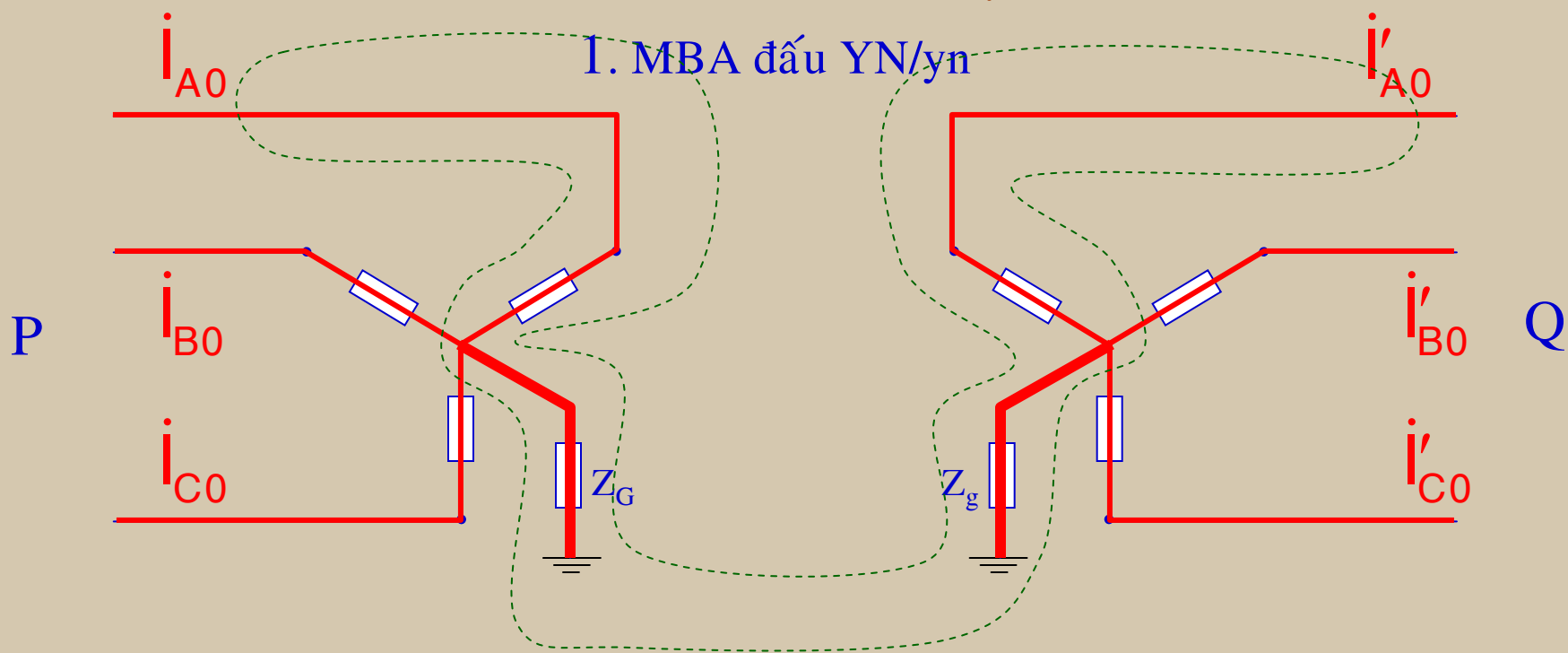
4.4.2 Các mạch thứ tự và tổng trở thứ tự của các phần tử hệ thống điện

4. Các mạch thứ tự của máy biến áp

□ Mạch thứ tự không phụ thuộc vào kiểu quấn dây máy

Máy biến áp hai cuộn dây và kiểu đấu dây	Máy biến áp ba cuộn dây và kiểu đấu dây
1. YN/yn	1. YN/yn/d
2. YN/y	2. YN/y/d
3. D/d	3. Y/y/d
4. YN/d	4. YN/d/d
5. Y/d	5. Y/d/d

MÁY BIẾN ÁP HAI CUỘN DÂY

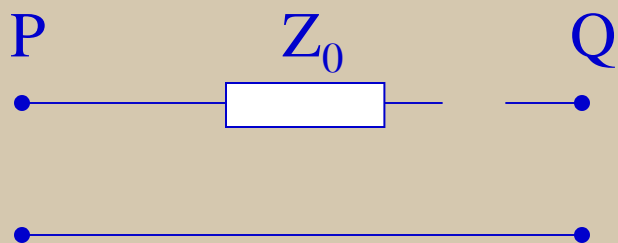
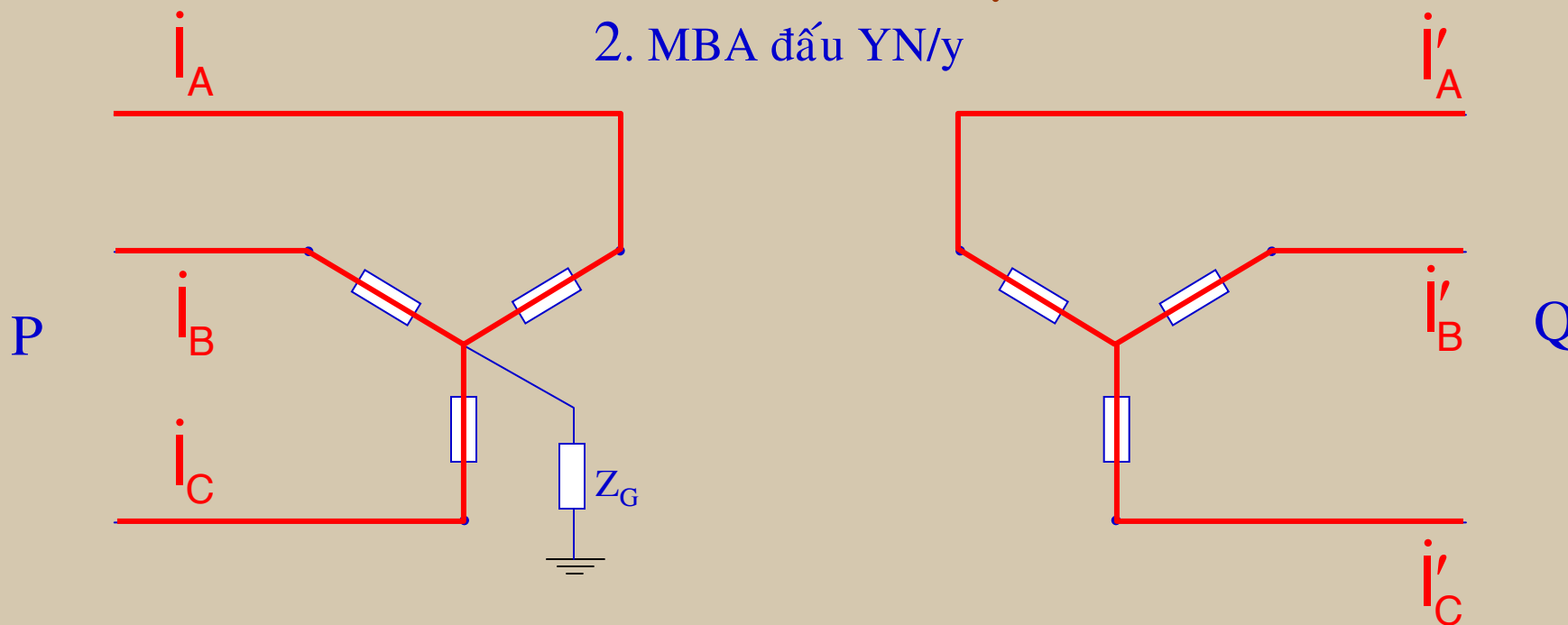


Tổng trở thứ tự không

$$Z_0 = Z_T + 3Z_G + 3Z_g$$

MÁY BIẾN ÁP HAI CUỘN DÂY

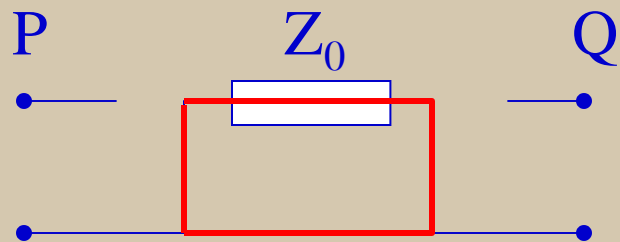
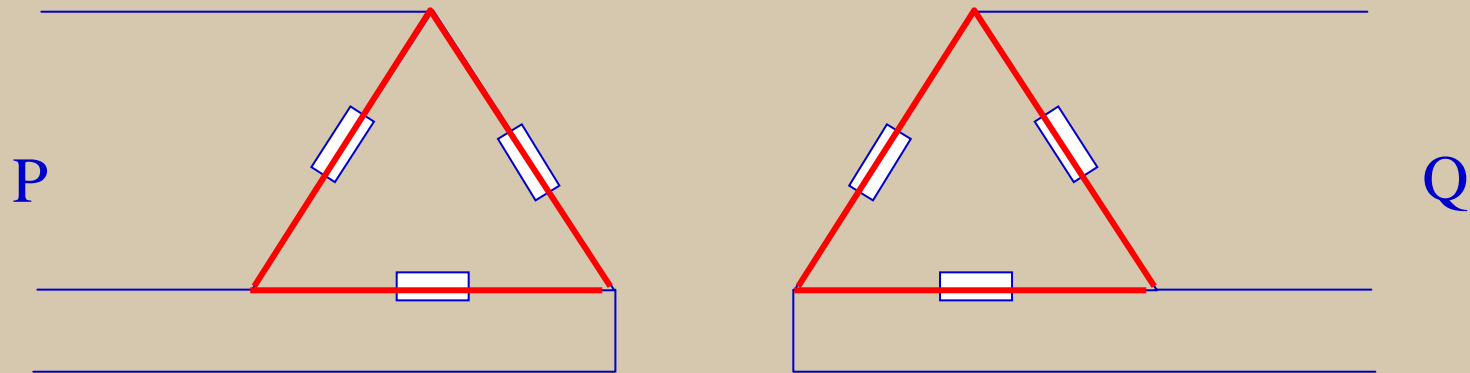
2. MBA đấu YN/y



Tổng trở thứ tự không
 $Z_0 = \infty$

MÁY BIẾN ÁP HAI CUỘN DÂY

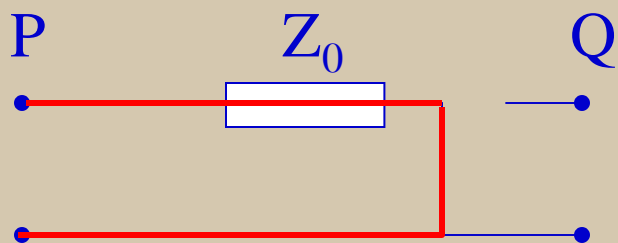
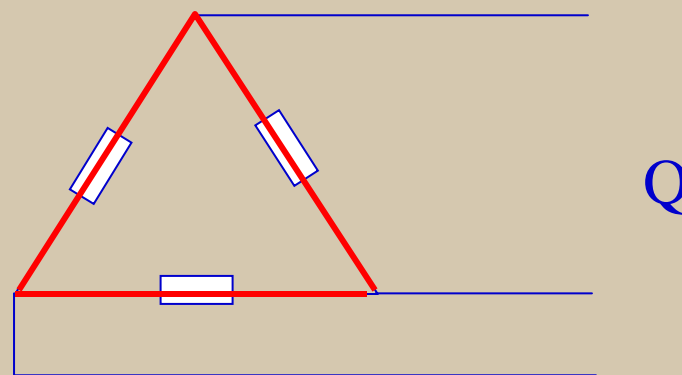
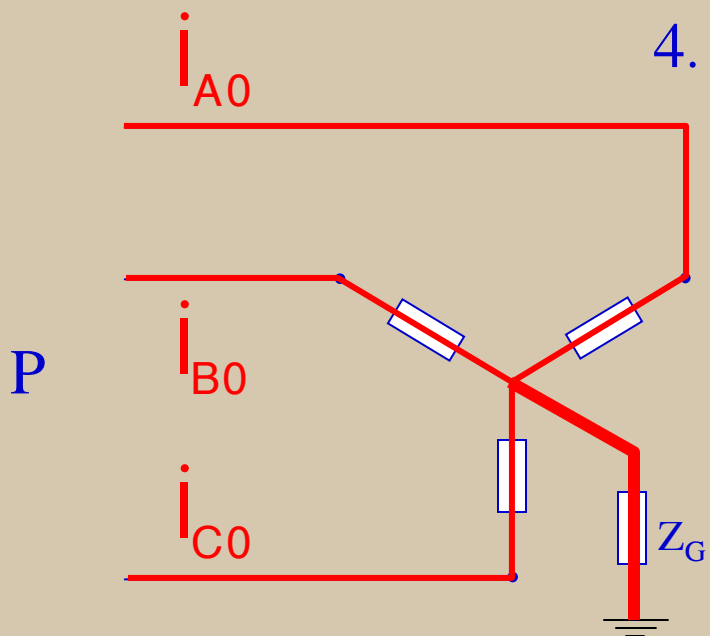
3. MBA đấu Δ/Δ



Tổng trở thứ tự không
 $Z_0 = \infty$

MÁY BIẾN ÁP HAI CUỘN DÂY

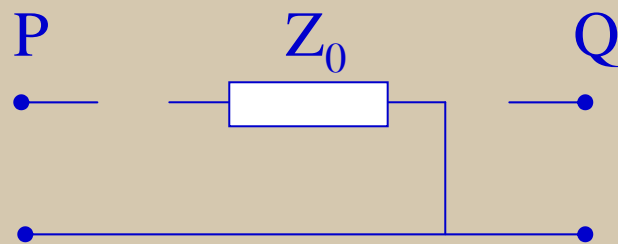
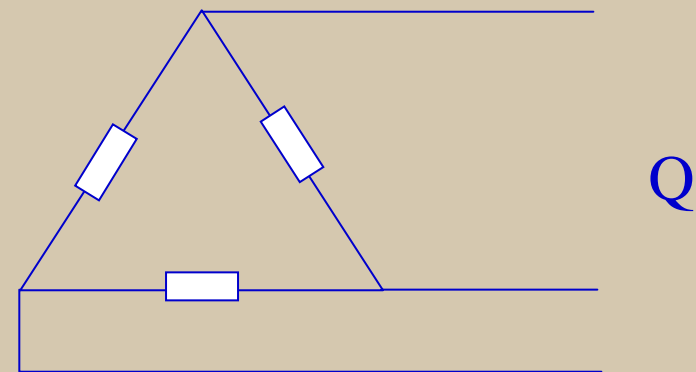
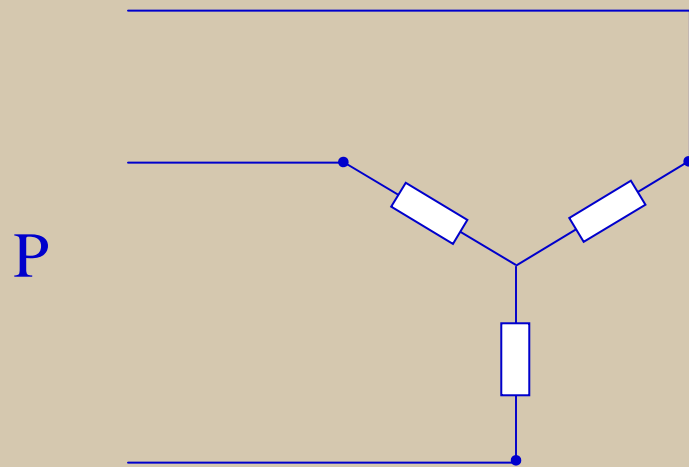
4. MBA đấu YN/ Δ



Tổng trở thứ tự không
 $Z_0 = Z_T + 3Z_G$

MÁY BIẾN ÁP HAI CUỘN DÂY

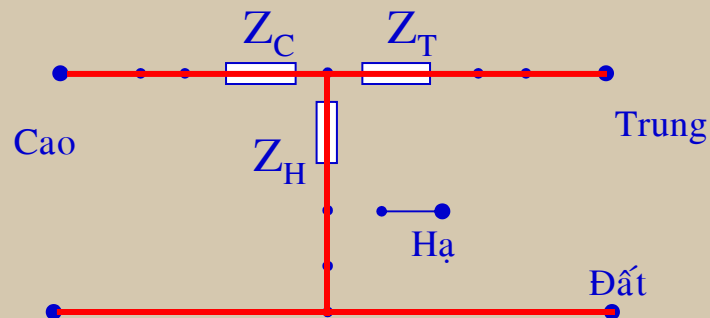
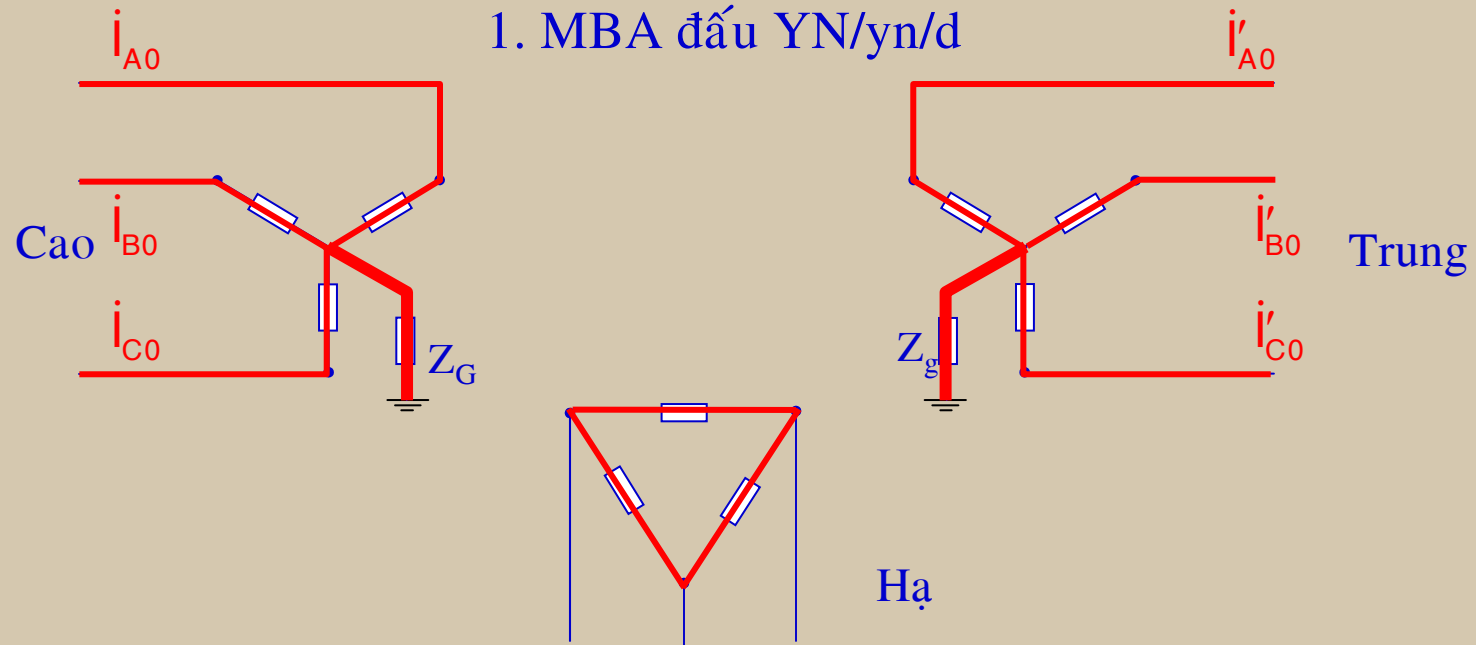
5. MBA đấu Y/ Δ



Tổng trở thứ tự không
 $Z_0 = \infty$

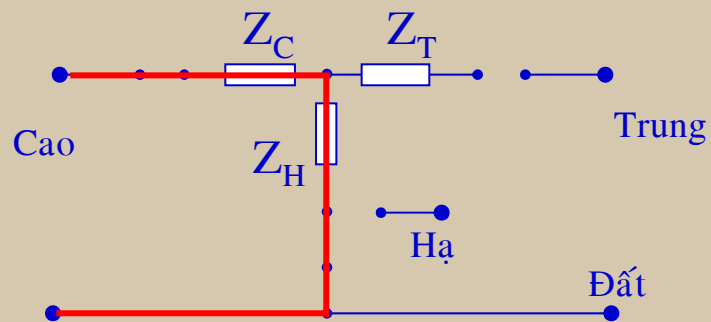
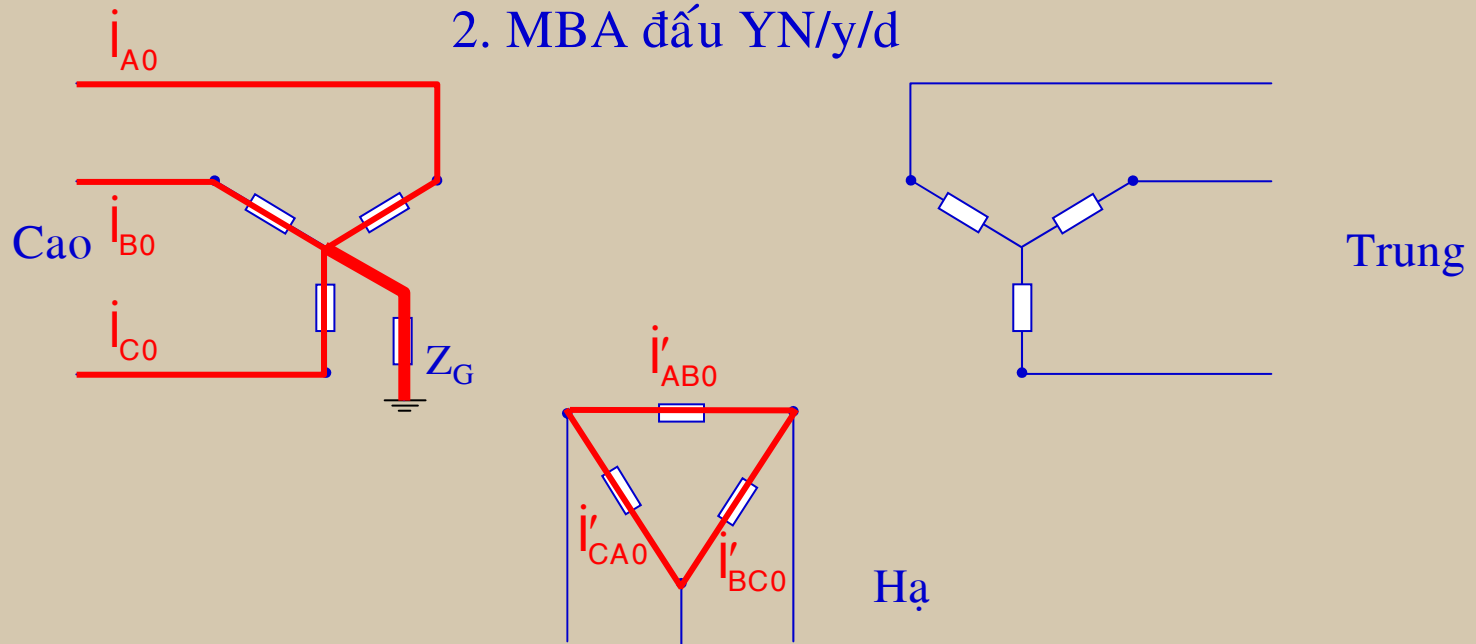
MÁY BIẾN ÁP BA CUỘN DÂY

1. MBA đấu YN/yn/d



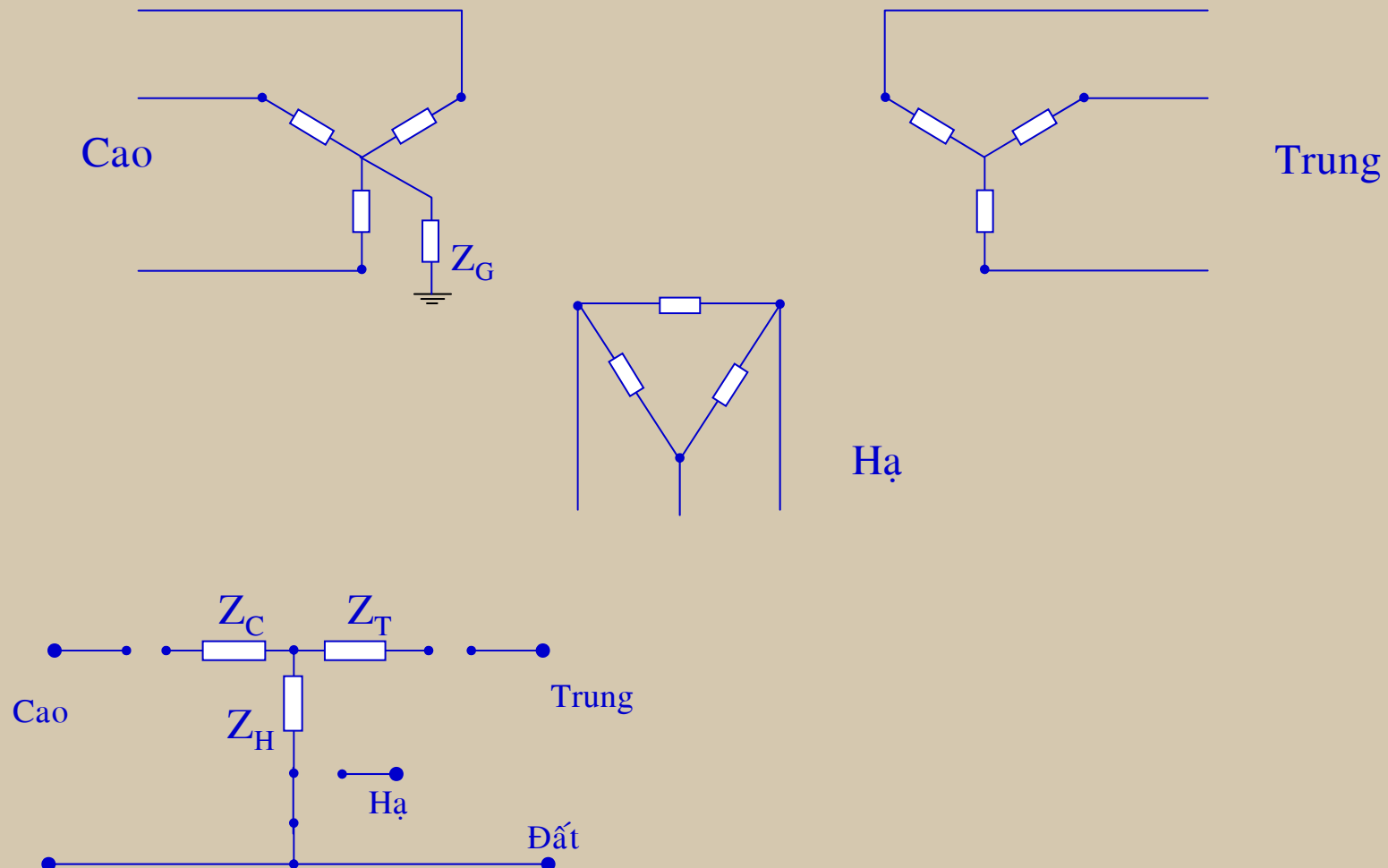
MÁY BIẾN ÁP BA CUỘN DÂY

2. MBA đấu YN/y/d



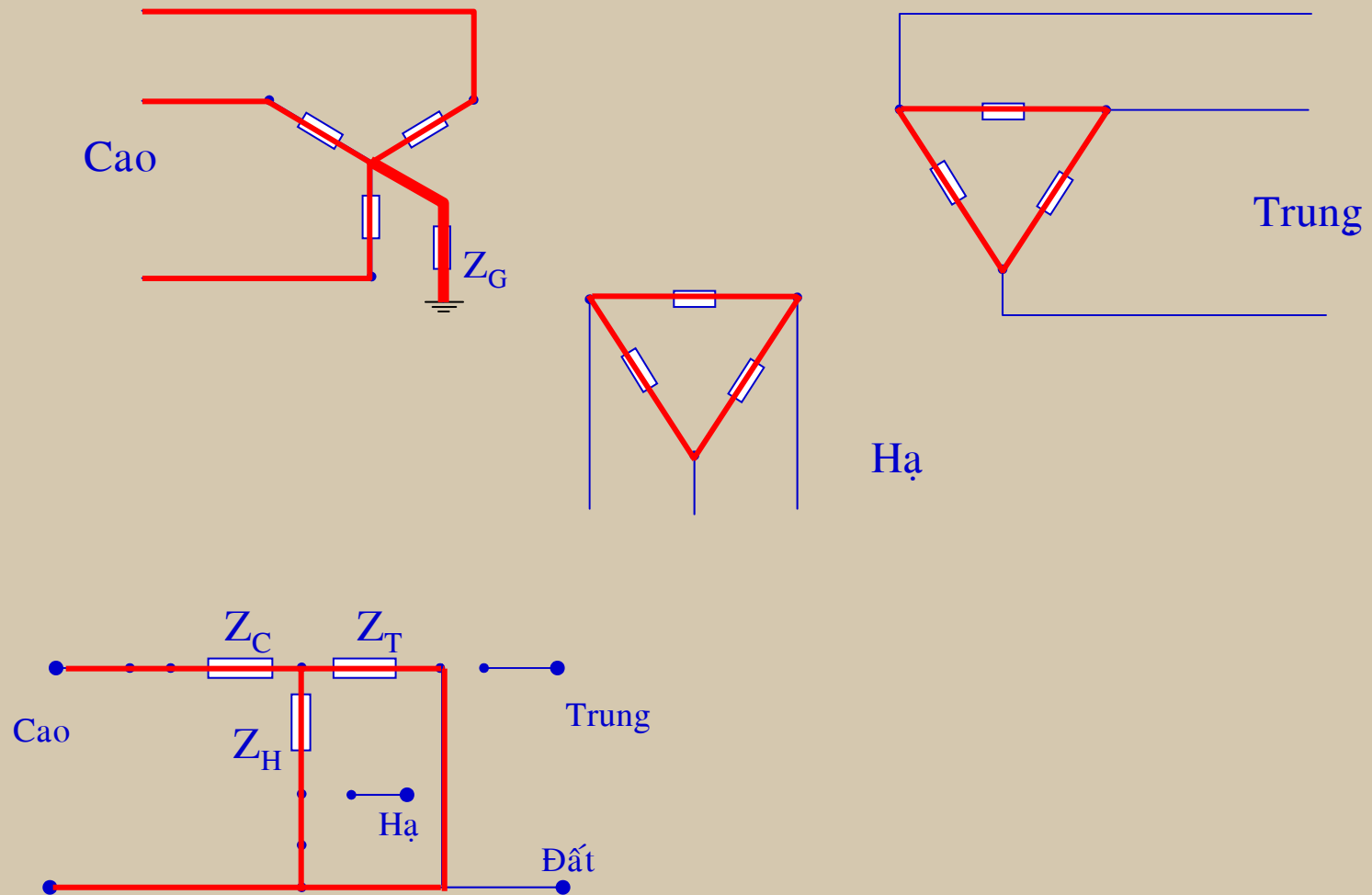
MÁY BIẾN ÁP BA CUỘN DÂY

3. MBA đấu Y/y/d



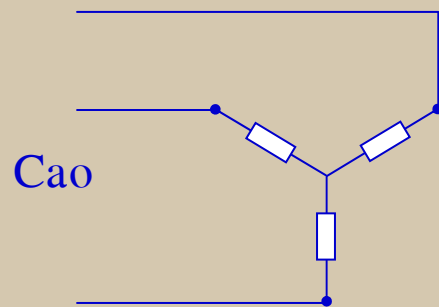
MÁY BIẾN ÁP BA CUỘN DÂY

4. MBA đấu YN/d/d

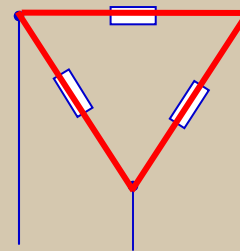


MÁY BIẾN ÁP BA CUỘN DÂY

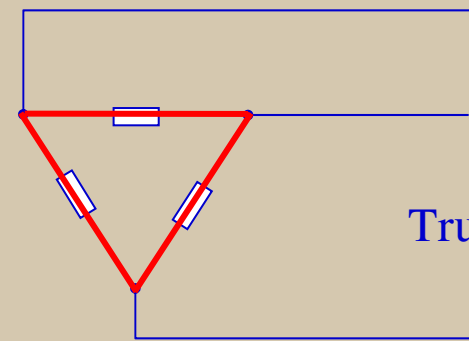
5. MBA đấu Y/d/d



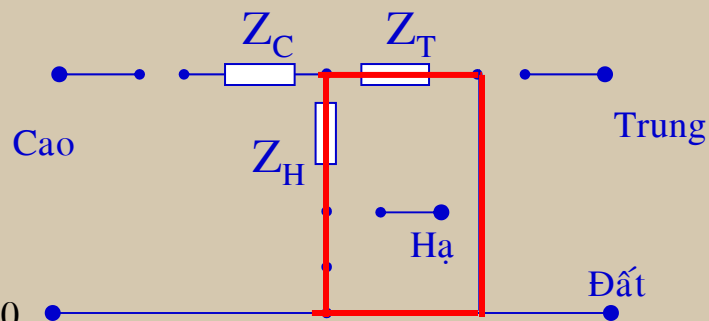
Cao



Hạ



Trung

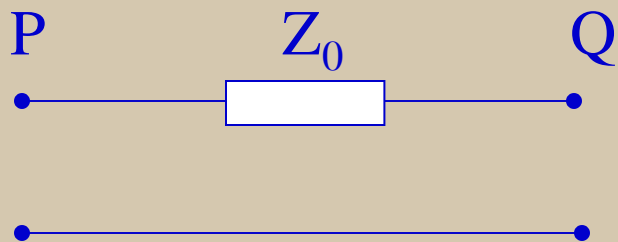
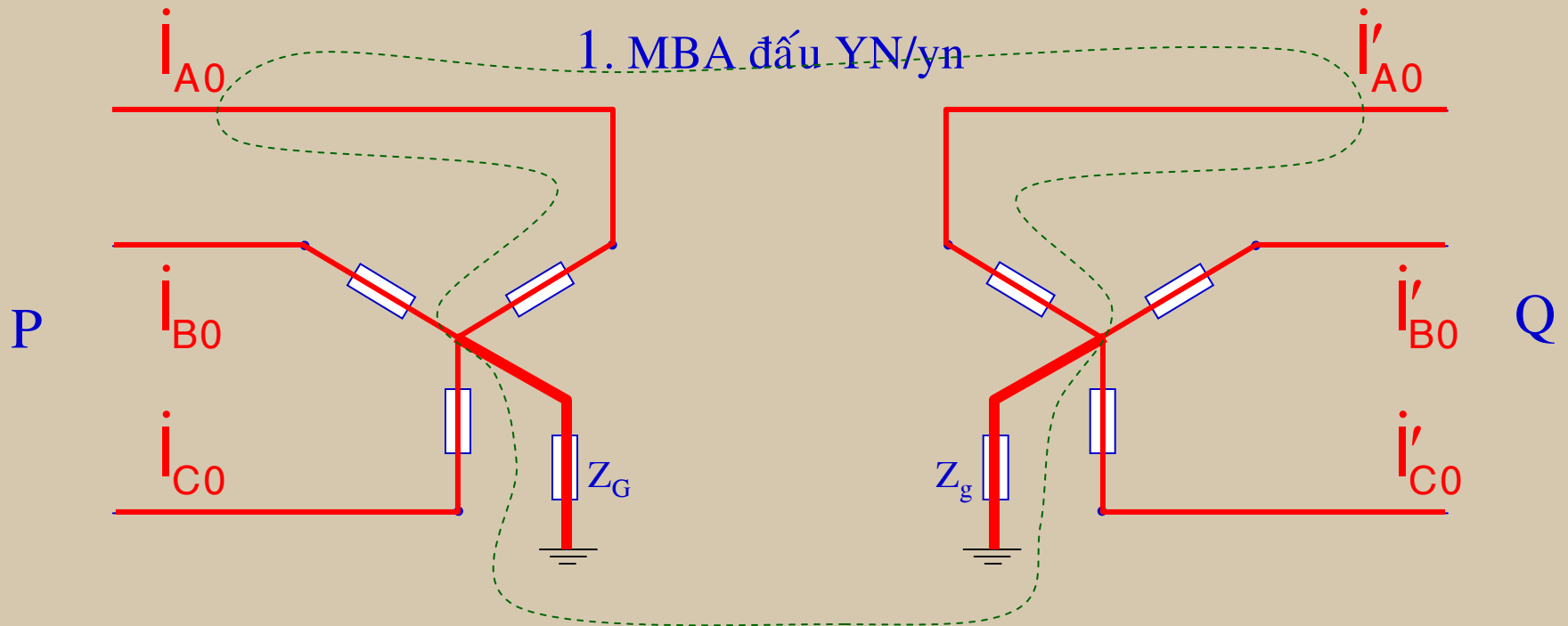


9/12/2010

111

a. Máy biến áp hai cuộn dây

1. MBA đấu YN/yn



Tổng trở thứ tự không

$$Z_0 = Z_T + 3Z_G + 3Z_g$$

4.4.3 Tính toán sự cố bất đối xứng

1. Tổng quan

- ❑ Hầu hết các sự cố xảy ra trong hệ thống điện là sự cố bất đối xứng
- ❑ Khi giải bằng phương pháp các thành phần đối xứng, có thể áp dụng lý thuyết Thevenin trên mỗi mạng thứ tự

Bài 4-5 HẠN CHẾ DÒNG NGẮN MẠCH

1. Giới thiệu

□ Kháng điện:

- được dùng để hạn chế dòng ngắn mạch trong các mạch công suất lớn,
- hạn chế dòng mở máy của động cơ điện
- duy trì điện áp trên thanh cái khi có ngắn mạch

Bài 4-5 HẠN CHẾ DÒNG NGẮN MẠCH

1. Giới thiệu

□ Kháng điện:

- có điện kháng lớn hơn rất nhiều so với điện trở
- điện kháng cho dưới dạng $X_K\%$
- kháng điện được chế tạo không có lõi thép
- Kháng bê tông hay kháng không khí

Bài 4-5 HẠN CHẾ DÒNG NGẮN MẠCH

1. Giới thiệu

- Chọn kháng điện phải chọn $X_K\%$ thỏa:
 - Vừa hạn chế dòng ngắn mạch
 - Tổn thất điện áp trên kháng điện không quá $(1,5\div 2)\%U_{đm}$

Bài 4-5 HẠN CHẾ DÒNG NGẮN MẠCH

1. Giới thiệu

□ Có hai loại kháng điện:

- Kháng điện đơn
- Kháng điện kép

Bài 4-5 HẠN CHẾ DÒNG NGẮN MẠCH

2. Đặt kháng điện để hạn chế dòng điện ngắn mạch

- Đặt kháng điện phân đoạn thanh góp điện áp máy phát $X_K \% \leq 8\%$

Bài 4-5 HẠN CHẾ DÒNG NGẮN MẠCH

2. Đặt kháng điện để hạn chế dòng điện ngắn mạch

- kháng điện đường dây để hạn chế dòng điện ngắn mạch khi ngắn mạch trên đường dây $X_K \% \leq 8\%$

4.4.3 Tính toán sự cố bất đối xứng

1. Tổng quan

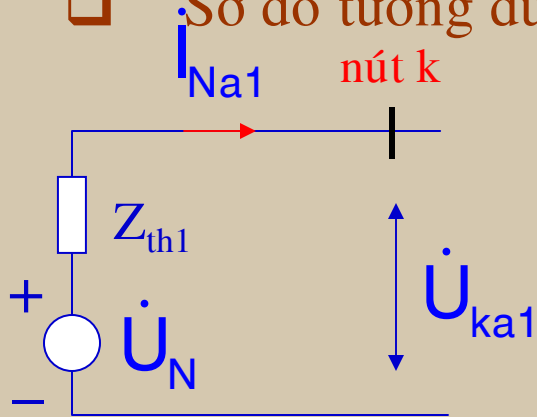
Trình tự thực hiện như sau:

1. Thành lập các sơ đồ thứ tự: thuận, nghịch, không
2. Tính tổng trở tương đương Thevenin Z_{th1} , Z_{th2} , Z_{th0} của từng mạch thứ tự
3. Thành lập các sơ đồ tương đương Thevenin
4. Tùy theo loại sự cố mà kết nối các sơ đồ tương đương để giải tìm dòng sự cố

4.4.3 Tính toán sự cố bất đối xứng

1. Tổng quan

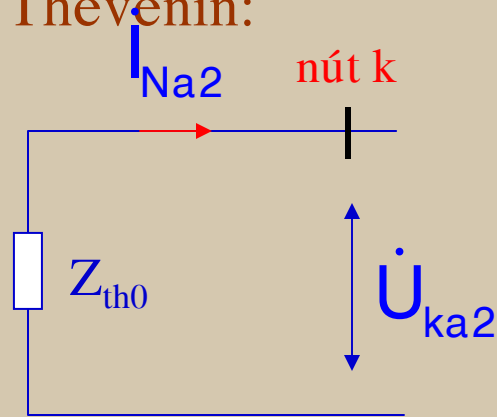
□ Sơ đồ tương đương Thevenin:



Mạng tương đương
Thevenin thứ tự thuận

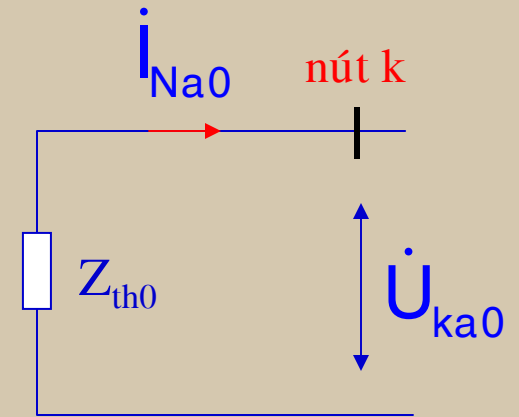
$$\dot{U}_{ka1} = \dot{U}_N - Z_{th1} i_{Na1}$$

9/12/2010



Mạng tương đương
Thevenin thứ tự nghịch

$$\dot{U}_{ka2} = -Z_{th2} i_{Na2}$$



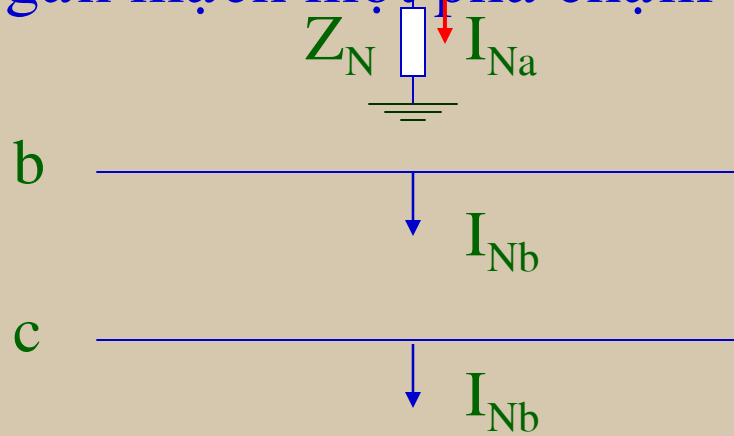
Mạng tương đương
Thevenin thứ tự không

$$\dot{U}_{ka0} = -Z_{th0} i_{Na0}$$

121

4.4.3 Tính toán sự cố bất đối xứng

2. Ngắn mạch một pha chạm đất ($N^{(1)}$)



Sự cố pha A chạm đất qua tổng trở Z_N

4.4.3 Tính toán sự cố bất đối xứng

2. Ngắn mạch một pha chạm đất ($N^{(1)}$)

- Dữ kiện ban đầu của bài toán:

$$\dot{V}_{ka} = Z_N \dot{i}_{Na}$$

- Ta có:
$$\begin{cases} \dot{i}_{Na0} = \frac{1}{3}(\dot{i}_{NA} + \dot{i}_{NB} + \dot{i}_{NC}) \\ \dot{i}_{Na1} = \frac{1}{3}(\dot{i}_{NA} + a\dot{i}_{NB} + a^2\dot{i}_{NC}) \\ \dot{i}_{Na2} = \frac{1}{3}(\dot{i}_{NA} + a^2\dot{i}_{NB} + a\dot{i}_{NC}) \end{cases} \Rightarrow \dot{i}_{Na0} = \dot{i}_{Na1} = \dot{i}_{Na2} = \frac{1}{3}\dot{i}_{Na}$$

4.4.3 Tính toán sự cố bất đối xứng

2. Ngắn mạch một pha chạm đất ($N^{(1)}$) $\dot{U}_{ka} = Z_{NNa} i_{Na} = 3Z_{NNa0} i_{Na0}$

□ Mà: Điện áp tại nút k sau sự cố:

$$\dot{U}_{ka1} = \dot{U}_N - Z_{th1} i_{Na1}$$

$$\dot{U}_{ka2} = -Z_{th2} i_{Na2}$$

$$\dot{U}_{ka0} = -Z_{th0} i_{Na0}$$

$$\Rightarrow \dot{U}_{ka} = \dot{U}_{ka1} + \dot{U}_{ka2} + \dot{U}_{ka0} = \dot{U}_N - (Z_{th1} + Z_{th2} + Z_{th0}) i_{Na0} = 3Z_{NNa} i_{Na0}$$

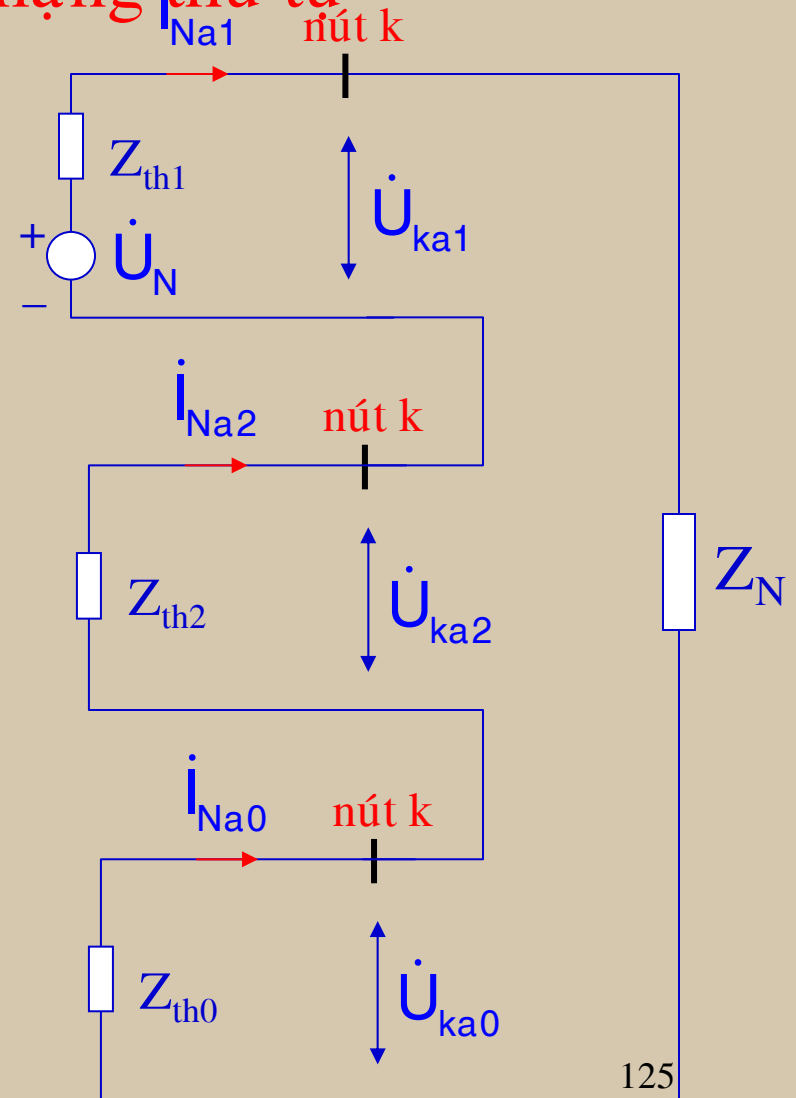
$$\Rightarrow i_{Na1} = i_{Na2} = i_{Na0} = \frac{\dot{U}_N}{Z_{th1} + Z_{th2} + Z_{th0} + 3Z_N}$$

Sơ đồ kết nối các mạng thứ tự

➤ Dòng ngắn mạch tổng:

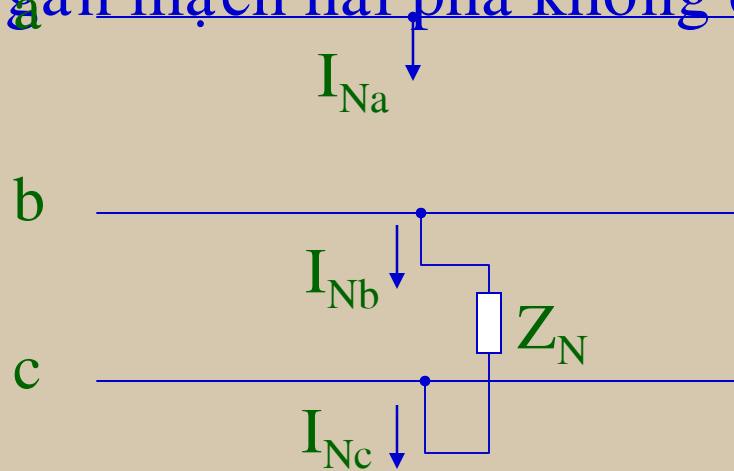
$$i_{Nb} = i_{Nc} = 0$$

$$i_{Na} = \frac{3\dot{U}_N}{Z_{th1} + Z_{th2} + Z_{th0} + 3Z_N}$$



4.4.3 Tính toán sự cố bất đối xứng

3. Ngắn mạch hai pha không chạm đất ($N^{(2)}$)



Sự cố pha B và C chạm nhau qua tổng trở Z_N

4.4.3 Tính toán sự cố bất đối xứng

3. Ngắn mạch hai pha không chạm đất ($N^{(2)}$)

□ Điều kiện ban đầu của bài toán:

$$i_{Na} = 0$$
$$i_{Nb} = -i_{Nc}$$

$$\dot{U}_{kb} - \dot{U}_{kc} = Z_N i_{Nb}$$

4.4.3 Tính toán sự cố bất đối xứng

3. Ngắn mạch hai pha không chạm đất ($N^{(2)}$)

□ Tính được:

$$i_{NA0} = \frac{1}{3}(i_{NA} + i_{NB} + i_{NC}) = 0$$
$$i_{NA1} = \frac{1}{3}(i_{NA} + ai_{NB} + a^2i_{NC}) = j\frac{\sqrt{3}}{3}i_{Nb}$$
$$i_{NA2} = \frac{1}{3}(i_{NA} + a^2i_{NB} + ai_{NC}) = -j\frac{\sqrt{3}}{3}i_{Nb}$$

$$\Rightarrow \begin{cases} i_{Na0} = 0 \\ i_{Na1} = -i_{Na2} \end{cases}$$

4.4.3 Tính toán sự cố bất đối xứng

3. Ngắn mạch hai pha không chạm đất ($N^{(2)}$)

Điện áp tại nút k sau sự cố:

$$\begin{aligned} \dot{U}_{kb} &= \dot{U}_{ka0} + a\dot{U}_{ka1} + a^2\dot{U}_{ka2} \\ \dot{U}_{kc} &= \dot{U}_{ka0} + a\dot{U}_{ka1} + a^2\dot{U}_{ka2} \end{aligned} \Rightarrow \dot{U}_{kb} - \dot{U}_{kc} = (a^2 - a)(\dot{U}_{ka1} - \dot{U}_{ka2})$$

$$\Rightarrow \dot{U}_{kb} - \dot{U}_{kc} = -j\sqrt{3}(\dot{U}_{ka1} - \dot{U}_{ka2})$$

$$\text{Mà : } \dot{U}_{kb} - \dot{U}_{kc} = Z_{N^{(2)}} i_{Nb} = -j\sqrt{3}Z_{N^{(2)}} i_{Na1}$$

$$\Rightarrow \dot{U}_{ka1} - \dot{U}_{ka2} = Z_{N^{(2)}} i_{Na1}$$

4.4.3 Tính toán sự cố bất đối xứng

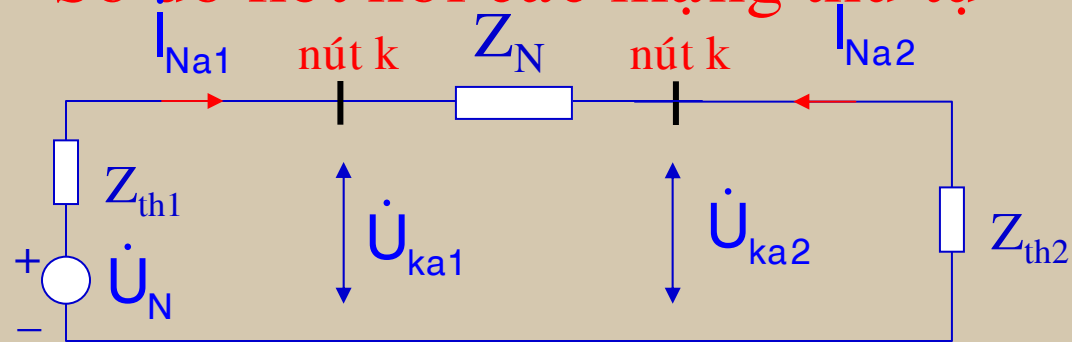
3. Ngắn mạch hai pha không chạm đất ($N^{(2)}$)

□ Vậy từ dữ kiện ban đầu ta có:

$$\begin{cases} i_{Na0} = 0 \\ \dot{U}_{ka1} - \dot{U}_{ka2} = Z_N i_{Na1} \end{cases}$$

- Vì $I_{Na0}=0$ nên không có dòng chạy trong mạng thứ tự không, do đó sơ đồ kết nối không có mạng thứ tự không.
- Mạng thứ tự thuận và nghịch nối song song nhau thông qua tổng trở Z_N

Sơ đồ kết nối các mạng thứ tự

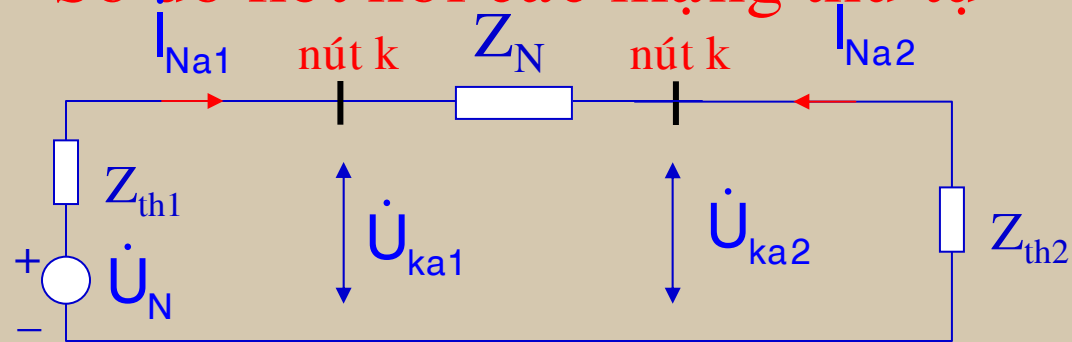


□ Dòng ngắn mạch:

$$i_{Na1} = -i_{Na2} = \frac{\dot{U}_N}{Z_{th1} + Z_{th2} + Z_N}$$

$$i_{Na0} = 0$$

Sơ đồ kết nối các mạng thứ tự



□ Dòng ngắn mạch tổng:

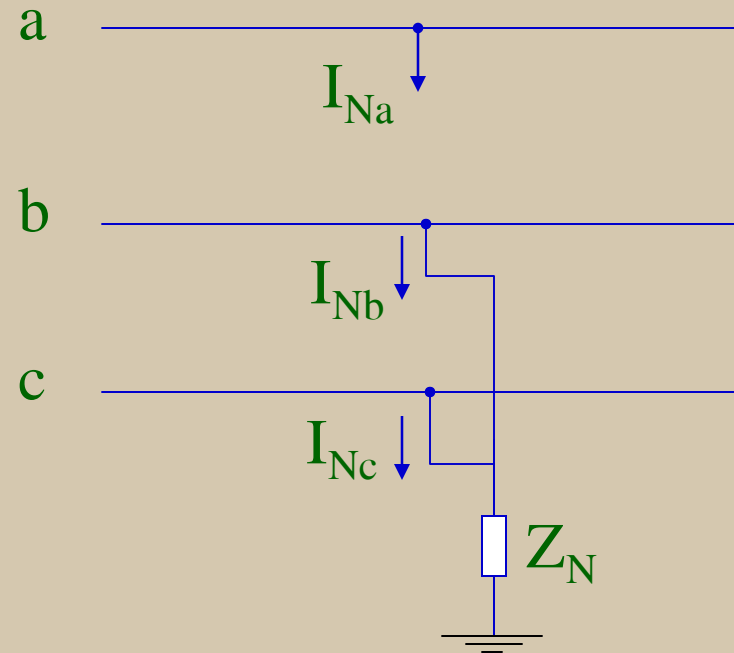
$$i_{Na} = 0$$

$$i_{Nb} = -j \frac{\sqrt{3}\dot{U}_N}{Z_{th1} + Z_{th2} + Z_N}$$

$$i_{Nc} = j \frac{\sqrt{3}\dot{U}_N}{Z_{th1} + Z_{th2} + Z_N}$$

4.4.3 Tính toán sự cố bất đối xứng

4. Ngắn mạch hai chạm nhau pha và chạm đất ($N^{(1,1)}$)



Sự cố pha B và C chạm nhau qua tổng trở Z_N

4.4.3 Tính toán sự cố bất đối xứng

4. Ngắn mạch hai chạm nhau pha và chạm đất ($N^{(1,1)}$)

□ Dữ kiện ban đầu của bài toán:

$$\dot{i}_{Na} = 0$$

$$\dot{U}_{kb} - \dot{U}_{kc} = Z_N (\dot{i}_{Nb} + \dot{i}_{Nc})$$

$$\Rightarrow \begin{cases} \dot{i}_{Na0} = \frac{1}{3} (\dot{i}_{Nb} + \dot{i}_{Nc}) \\ \dot{U}_{kb} = \dot{U}_{kc} = 3\dot{i}_{Na0} Z_N \end{cases}$$

4.4.3 Tính toán sự cố bất đối xứng

4. Ngắn mạch hai chạm nhau pha và chạm đất ($N^{(1,1)}$)

□ Ta có:

$$\dot{U}_{ka0} = \frac{1}{3}(\dot{U}_{ka} + \dot{U}_{kb} + \dot{U}_{kc})$$

$$\dot{U}_{ka1} = \frac{1}{3}(\dot{U}_{ka} + a\dot{U}_{kb} + a^2\dot{U}_{kc})$$

$$\dot{U}_{ka2} = \frac{1}{3}(\dot{U}_{ka} + a^2\dot{U}_{kb} + a\dot{U}_{kc})$$

□ Suy ra:

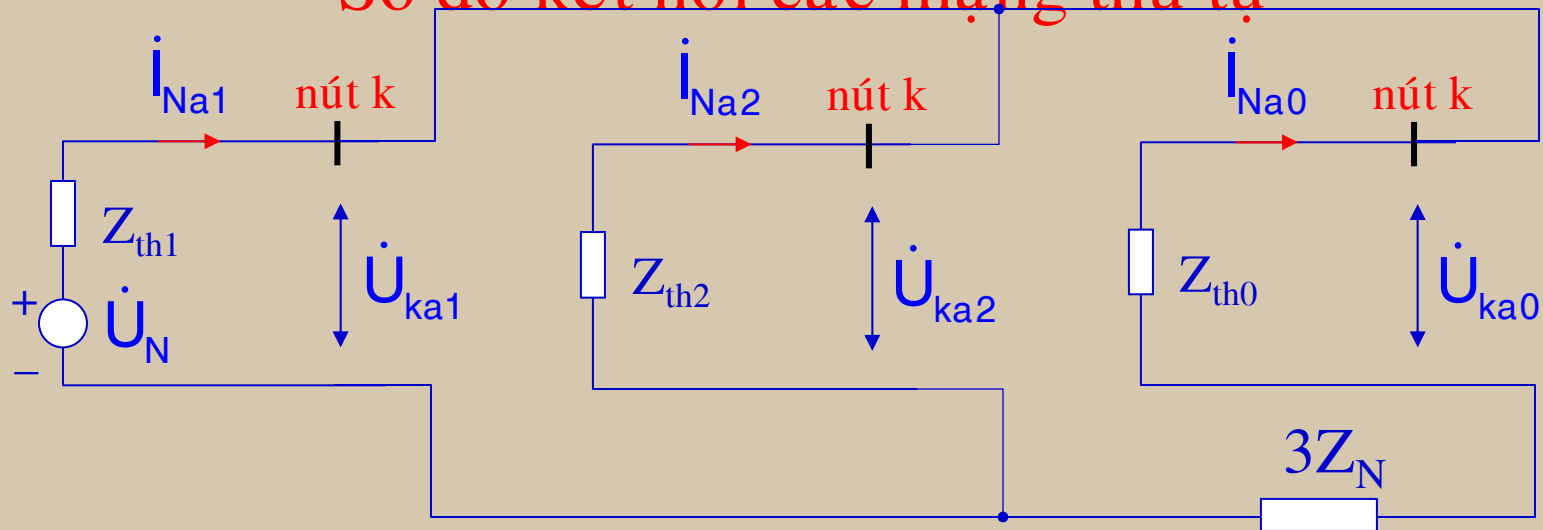
$$3\dot{U}_{ka0} = \dot{U}_{ka} + 2\dot{U}_{kb} = \dot{U}_{ka0} + \dot{U}_{ka1} + \dot{U}_{ka2} + 2(3Z_{N^{Na0}}i_{Na0})$$

$$\Rightarrow \dot{U}_{ka1} = \dot{U}_{ka2} = \dot{U}_{ka0} - 3Z_{N^{Na0}}i_{Na0}$$

□ Mặt khác:

$$i_{Na} = i_{Na1} + i_{Na2} + i_{Na0}$$

Sơ đồ kết nối các mạng thứ tự



Dòng ngắn mạch:

$$i_{Na1} = \frac{\dot{U}_N}{Z_{th1} + \frac{Z_{th2}(Z_{th0} + 3Z_N)}{Z_{th2} + Z_{th0} + 3Z_N}}$$

$$i_{Na2} = -i_{Na1} \frac{Z_{th0} + 3Z_N}{Z_{th2} + Z_{th0} + 3Z_N}$$

$$i_{Na0} = -i_{Na1} \frac{Z_{th2}}{Z_{th2} + Z_{th0} + 3Z_N}$$