



# CHƯƠNG 6: Tính toán ngắn mạch trong HTĐ

Tiến sĩ Nguyễn Đức Tuyên



# MỤC LỤC CHƯƠNG 6

---

## ***I. Khái niệm chung***

- a. Hiện tượng ngắn mạch
- b. Các trị số đặc trưng quan trọng của dòng điện ngắn mạch
- c. Các hệ đơn vị dùng trong tính toán ngắn mạch

## ***II. Tính toán ngắn mạch 3 pha trong lưới trung áp***

- a. Tính toán ngắn mạch 3 pha đối xứng theo phương pháp đường cong tính toán
- b. Tính toán ngắn mạch 3 pha đối xứng trong lưới điện trung áp

## ***III. Tính toán ngắn mạch 3 pha trong lưới điện hạ áp***

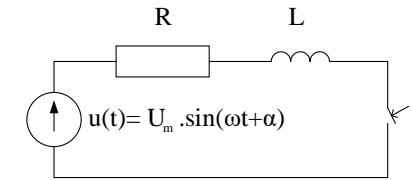
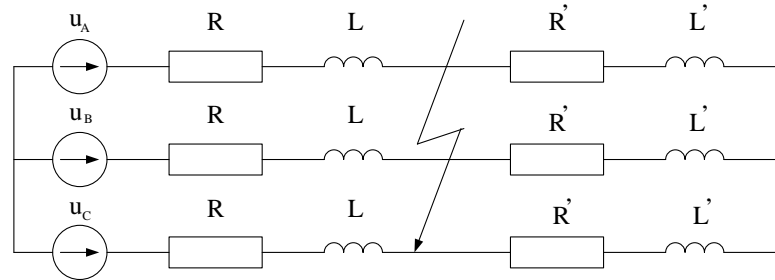
- a. Các giả thiết
- b. Sơ đồ thay thế và dòng điện ngắn mạch

# 1. HIỆN TƯỢNG NGẮN MẠCH

## ☐ Ngắn mạch

- Tình trạng sự cố nghiêm trọng thường xảy ra trong HTCCĐ. Thường là các pha chạm nhau hoặc các pha chạm đất.
- Khi ngắn mạch, **dòng điện tăng** rất lớn, **điện áp giảm** thấp (mức độ tăng giảm tùy thuộc vào vị trí điểm ngắn mạch).
- Phần tử điện được tính toán để chịu đựng được trạng thái sự cố trong giới hạn cho phép.

$$\begin{cases} u_A = U_m \cdot \sin(\omega t + \alpha) \\ u_B = U_m \cdot \sin(\omega t + \alpha - 120^\circ) \\ u_C = U_m \cdot \sin(\omega t + \alpha + 120^\circ) \end{cases}$$

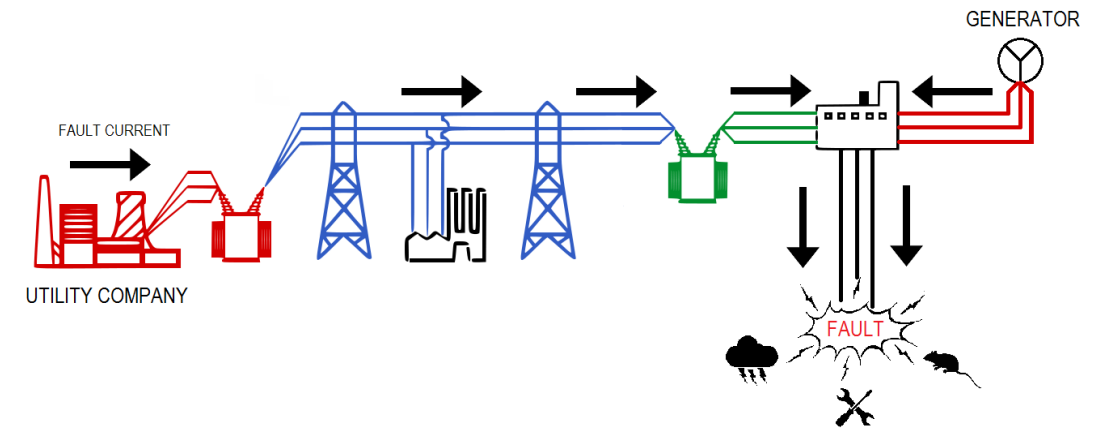


Hệ thống đối xứng  
→ Xét 1 pha

- ❖ R và L tính từ nguồn đến điểm ngắn mạch
- ❖ R' và L' đặc trưng cho phần phụ tải các pha

- Mạch phía phụ tải, quá độ chỉ là dòng điện nhỏ tắt dần → Ko xét

# 1. HIỆN TƯỢNG NGẮN MẠCH



# 1. HIỆN TƯỢNG NGẮN MẠCH

## □ Phương trình cân bằng quá độ:

$$u = Ri + L \frac{di}{dt} \rightarrow i(t) = \frac{U_m}{Z} \sin(\omega t + \alpha - \varphi_N) + C \cdot e^{-\frac{R}{L}t}$$

❖  $Z = \sqrt{R^2 + (\omega L)^2}$ : Tổng trở mạch từ nguồn đến điểm NM

❖  $\varphi_N = \arctg\left(\frac{\omega L}{R}\right)$ : Góc pha của tổng trở Z

❖ C - hằng số tích phân theo điều kiện ban đầu (t = 0)

## □ Dòng ngắn mạch gồm 2 thành phần:

✓ Thành phần chu kỳ phụ thuộc nguồn điện:

$$\begin{aligned} i_{CK}(t) &= \frac{U_m}{Z} \sin(\omega t + \alpha - \varphi_N) = I_{CKm} \sin(\omega t + \alpha - \varphi_N) \\ &= \sqrt{2} \cdot I_{CK} \sin(\omega t + \alpha - \varphi_N) \end{aligned}$$

✓ Thành phần tự do (hay thành phần không chu kỳ)

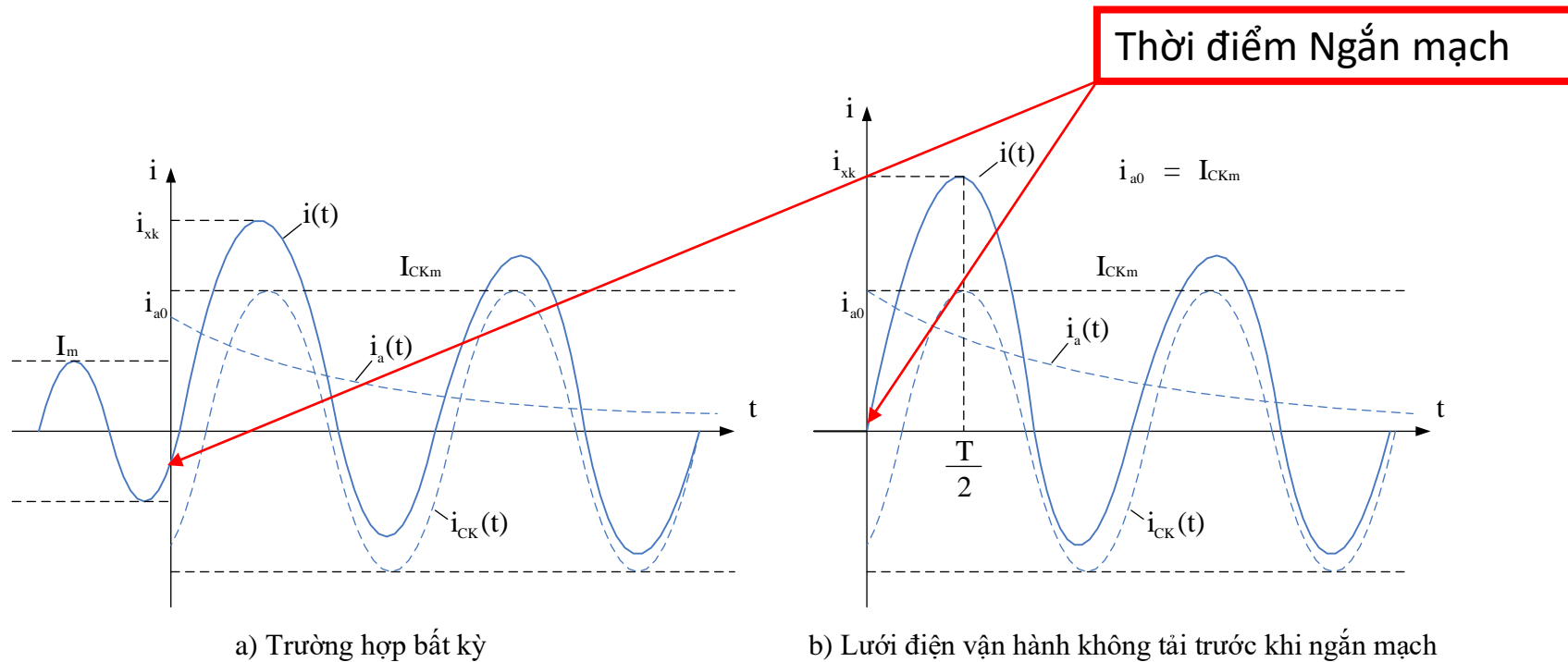
$$i_a(t) = C \cdot e^{-\frac{R}{L}t} = i_{a0} \cdot e^{-\frac{t}{T_a}}$$

# 1. HIỆN TƯỢNG NGẮN MẠCH

- $I_{CK}$ : Giá trị hiệu dụng của dòng điện ngắn mạch chu kỳ
  - $T_a = \frac{L}{R}$ : Hằng số thời gian tắt dần của thành phần không chu kỳ dòng điện ngắn mạch
  - $i_{a0}$ : Trị số ban đầu của thành phần không chu kỳ của dòng điện ngắn mạch,  $i_{a0} = C \cdot e^{-\frac{R}{L}t} = C$
- ❖ Thành phần chu kỳ hoàn toàn xác định bởi sơ đồ mạch điện.
- ❖ Thành phần tự do:
- Duy trì tới khi năng lượng tích lũy trong L chuyển hết thành nhiệt năng và bị dập tắt bởi điện trở R.
  - Có tính ngẫu nhiên phụ thuộc nhiều yếu tố (thời điểm trước khi xảy ra sự cố, tính chất phụ tải,...)
  - Giá trị ban đầu thường không lớn (lớn nhất khi mạch có tính dung), thường thực tế giá trị lớn khi mạng điện làm việc không tải.

# 1. HIỆN TƯỢNG NGẮN MẠCH

- ❖ Dòng điện ngắn mạch toàn phần dao động nhưng không đối xứng qua trục hoành do có thành phần không chu kỳ tắt dần theo Hằng số thời gian  $T_a$ .
- ❖ Luôn tồn tại một giá trị dòng ngắn mạch tức thời lớn nhất gọi là dòng xung kích. Giá trị này cần được quan tâm khi kiểm tra tác dụng lực của dòng ngắn mạch lên thiết bị.





# TRỊ SỐ ĐẶC TRƯNG CỦA DÒNG ĐIỆN NGẮN MẠCH

## □ Dòng điện ngắn mạch xung kích

- ❖  $i_{xk}$ : Trị số tức thời max của dòng điện ngắn mạch toàn phần
  - ❖  $i_{xk}$  phụ thuộc vào nhiều yếu tố như tính chất phụ tải, thời điểm ngắn mạch.
  - ❖  $i_{xk}$  lớn nhất khi thành phần tự do lớn nhất **khi kết hợp 2 đk**:
    - ✓ Mạch điện không có tải ( $i_{a0} = I_{CKm}$ )
    - ✓ Tại thời điểm góc pha **điện áp nguồn**  $\alpha \approx 0$  ( $t = T/2 = 0,01s$ )
- $i_{a0} = I_{CKm}; i_{xk} = i_{CK} \left( \frac{T}{2} \right) + i_{a0} \cdot e^{-\frac{T}{2T_a}} = I_{CKm} (1 + e^{-\frac{0,01}{T_a}})$
  - $k_{xk} = 1 + e^{-\frac{0,01}{T_a}} \rightarrow 1 \leq k_{xk} = f(T_a) \leq 2$ :
  - Mạch thuần cảm  $R = 0$  ( $T_a = \frac{L}{R} = \infty$ ):  $k_{xk} = 1$
  - Mạch thuần trở  $L = 0$  ( $T_a = \frac{L}{R} = 0$ ):  $k_{xk} = 2$



# TRỊ SỐ ĐẶC TRƯNG CỦA DÒNG ĐIỆN NGẮN MẠCH

## □ Trị số hiệu dụng dòng điện ngắn mạch toàn phần ( $I_t$ )

❖ Tại  $t$  :  $I_t = \sqrt{I_{CK}^2 + I_{at}^2}$  ( $I_{at} = i_a(t) = i_{a0} \cdot e^{-\frac{t}{T_a}}$ ;  $I_{CK} = \frac{I_{CKm}}{\sqrt{2}}$ )

❖ Trong thiết kế, thường quan tâm đến trị hiệu dụng  $I_t$

✓  $I_{at}$  lớn nhất tại thời điểm ngắn mạch xung kích

$$I_{at}^{max} = i_a(0,01) = i_{xk} - i_{CK}(0,01) = (k_{xk} - 1)I_{CKm} = (k_{xk} - 1)\sqrt{2}I_{CK} \rightarrow I_t = I_{xk} =$$

$$I_{CK} \cdot \sqrt{1 + 2(k_{xk} - 1)^2}$$

✓ Phạm vi biến đổi:  $1 \leq k_{xk} \leq 2 \Rightarrow 1 \leq \frac{I_{xk}}{I_{CK}} \leq \sqrt{3}$

# TRỊ SỐ ĐẶC TRƯNG CỦA DÒNG ĐIỆN NGẮN MẠCH

## □ Công suất ngắn mạch

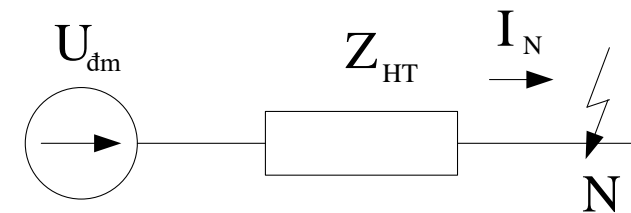
$$S_{Nt} = \sqrt{3} \cdot U_{tb} \cdot I_t$$

- $U_{tb} = 1,05 U_{đm}$ : Điện áp trung bình (dây) của mạng điện có dòng điện ngắn mạch trước khi xảy ra ngắn mạch
- $I_t$ : Trị hiệu dụng của dòng ngắn mạch tại thời điểm  $t$

❖ Ý nghĩa:

- ✓ Cuối quá trình cắt của máy cắt điện áp giáng trên hồ quang xấp xỉ  $U_{đm} \rightarrow$  Chế tạo máy cắt:  $S_{cắt} = \sqrt{3} \cdot I_{Cđm} \cdot U_{đm} \geq S_{Nt}$  (t: thời điểm cắt)
- ✓ Cho công suất ngắn mạch tại một điểm  $\rightarrow$  Xác định được tổng trở đẳng trị toàn mạng điện, từ điểm ngắn mạch về nguồn

$$S_N = \sqrt{3} \cdot U_{tb} \cdot I_N = \frac{U_{tb}^2}{Z_{HT}} \rightarrow Z_{HT} = \frac{U_{tb}^2}{S_N}$$



# TRỊ SỐ ĐẶC TRƯNG CỦA DÒNG ĐIỆN NGẮN MẠCH

## □ Dòng ngắn mạch siêu quá độ ( $I''$ )

- ❖ Trường hợp ngắn mạch gần nguồn, điện áp nguồn có thể bị thay đổi trong quá trình ngắn mạch làm cho trị số hiệu dụng của thành phần chu kỳ của dòng điện ngắn mạch cũng bị thay đổi. Dòng điện ngắn mạch siêu quá độ là trị số hiệu dụng ban đầu của thành phần chu kỳ dòng điện ngắn mạch. Dòng điện này thường lớn hơn dòng điện ngắn mạch chu kỳ  $I_{CK}$  khi ngắn mạch xa nguồn, nên rất được quan tâm khi tính toán trị số dòng điện ngắn mạch cực đại dùng trong thiết kế cung cấp điện.

## □ Dòng điện ngắn mạch duy trì ( $I_\infty$ )

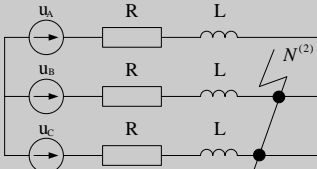
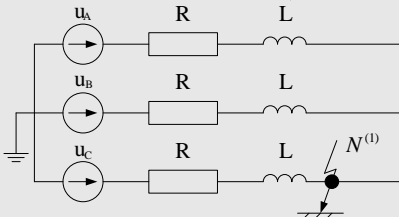
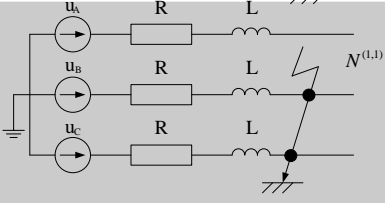
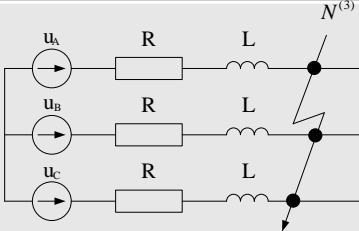
- ❖ Là trị số hiệu dụng của dòng điện ngắn mạch toàn phần xác lập. Khi đó thành phần không chu kỳ của dòng điện ngắn mạch đã tắt nên có thể xem  $I_\infty = I_{CK}$ . Trị số  $I_\infty$  được tính toán từ các sơ đồ ngắn mạch sẽ dùng để kiểm tra thiết bị điện khi thiết kế.



# TRỊ SỐ ĐẶC TRƯNG CỦA DÒNG ĐIỆN NGẮN MẠCH

SLG faults = 0.70  
L-L faults = 0.15  
2L-G faults = 0.10  
3φ faults = 0.05  
Total = 1.00.

## Phân loại

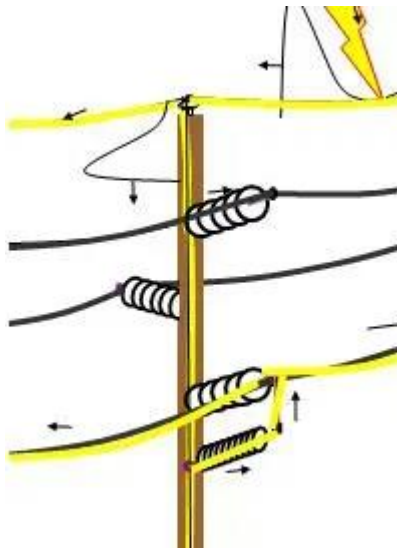
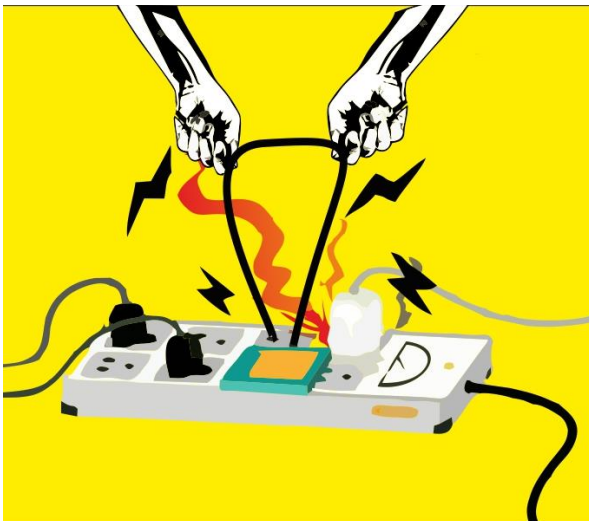
Tính chất	Dạng ngắn mạch	Sơ đồ nguyên lý	Ký hiệu	Xác suất
Không đối xứng	Ngắn mạch hai pha chạm nhau		$N^{(2)}$	10%
	Ngắn mạch một pha chạm đất		$N^{(1)}$	65%
	Ngắn mạch hai pha chạm đất		$N^{(1,1)}$	20%
Đối xứng	Ngắn mạch ba pha chạm nhau (giá trị $I_{NM}$ lớn nhất)		$N^{(3)}$	5%

# TRỊ SỐ ĐẶC TRƯNG CỦA DÒNG ĐIỆN NGẮN MẠCH

## □ Nguyên nhân sự cố ngắn mạch

Nguyên nhân chủ yếu do cách điện bị hỏng với các lý do:

- Lão hóa cách điện hoặc tác động nhiệt làm hỏng cách điện
- Tác động cơ khí người, do xúc vật, do gió bão
- Sét đánh vào hệ thống điện
- Thao tác nhầm trong vận hành hệ thống điện



# TRỊ SỐ ĐẶC TRƯNG CỦA DÒNG ĐIỆN NGẮN MẠCH

## ❑ Tác động của sự cố ngắn mạch

- ❖ Tác động nhiệt:  $I_{NM}$  lớn sinh xung lượng nhiệt lớn (hồ quang) đốt nóng và làm phá hủy cách điện
- ❖ Tác động cơ học:  $I_{NM}$  lớn tạo xung lực điện động phá hủy kết cấu cơ khí
- ❖ Sụt áp hoặc mất điện giảm chất lượng điện năng và độ tin cậy
- ❖ Mất ổn định hệ thống điện, gây sự cố mất điện lan tràn
- ❖ Gây nhiễu các đường dây liên lạc



## ❑ Mục đích của tính toán ngắn mạch

- ❖ Lựa chọn và kiểm tra thiết bị điện trong thiết kế
- ❖ Thiết kế, tính toán chỉnh định các hệ thống bảo vệ rơ le
- ❖ Phân tích ổn định hệ thống điện
- ❖ Đánh giá chất lượng điện năng





## 2. HỆ ĐƠN VỊ DÙNG TÍNH TOÁN NGẮN MẠCH

❑ Bốn đại lượng chính tính toán ngắn mạch:  $U, I, S, Z$

❑ Hệ đơn vị có tên

❖ Các đại lượng được biểu diễn dưới dạng có tên ( $V, A, VA, \Omega$ )

❑ Hệ đơn vị tương đối định mức

❖ Các đại lượng được biểu diễn bằng trị số tương đối định mức. Đó là tỷ số giữa đại lượng trong hệ đơn vị có tên ( $U, I, S, Z$ ) với đại lượng định mức ( $U_{đm}, I_{đm}, S_{đm}, Z_{đm}$ ) trong cùng đơn vị.

$$U_{*đm} = \frac{U}{U_{đm}}; I_{*đm} = \frac{I}{I_{đm}}; S_{*đm} = \frac{S}{S_{đm}}; Z_{*đm} = \frac{Z}{Z_{đm}}$$

❑ Ví dụ:

❖  $U_{đmF} = 10,5kV; S_{đmF} = 40MVA; x''_d = 0,375$

$$\Rightarrow x''_{d(\Omega)} = x''_d \cdot Z_{đmF} = x''_d \cdot \frac{U_{đmF}^2}{S_{đmF}} = 0,375 \cdot \frac{10,5^2}{40} = 1,034\Omega$$

## 2. HỆ ĐƠN VỊ DÙNG TÍNH TOÁN NGẮN MẠCH

### □ Hệ đơn vị tương đối cơ bản

- ❖ Các đại lượng được biểu diễn bằng trị số tương đối cơ bản. Đó là tỷ số giữa đại lượng trong hệ đơn vị có tên ( U, I, S, Z) với đại lượng định mức ( $U_{cb}$ ,  $I_{cb}$ ,  $S_{cb}$ ,  $Z_{cb}$ ) trong cùng đơn vị.

$$U_{*(cb)} = \frac{U}{U_{cb}}; I_{*(cb)} = \frac{I}{I_{cb}}; S_{*(cb)} = \frac{S}{S_{cb}}; Z_{*(cb)} = \frac{Z}{Z_{cb}}$$

- ❖ Trị số tương đối cơ bản được đặt ra khi tính toán trong hệ thống điện có nhiều cấp điện áp. Trong tính toán chỉ cần chọn trước hai trong các đại lượng cơ bản ( $U_{cb}$ ,  $I_{cb}$ ,  $S_{cb}$ ,  $Z_{cb}$ ), thường chọn  $S_{cb}$  và  $U_{cb}$ .

- ❖ Hai đại lượng cơ bản còn lại có thể được suy ra từ các quan hệ sau:

$$I_{cb} = \frac{S_{cb}}{\sqrt{3}.U_{cb}} \text{ và } Z_{cb} = \frac{U_{cb}}{\sqrt{3}.I_{cb}}$$

## 2. HỆ ĐƠN VỊ DÙNG TÍNH TOÁN NGẮN MẠCH

$S_{cb}$  lấy giá trị tròn ( $10^2, 10^3$  MVA, hay  $\sum S_{đm}$  sơ đồ)

- $U_{cb}$  chọn bằng  $U_{tb}$  trước lúc ngắn mạch ở từng cấp điện áp. Thiết bị cùng cấp điện áp thường có giá trị định mức khác nhau (MF 11kV, MBA 10,5kV, kháng 10kV → coi đ/á định mức ở cùng cấp như nhau bằng  $U_{tb}$ :  $U_{cb} = U_{tb} = 1,05 \cdot U_{đm}$

$U_{đm}$ (kV)	0,4	6	10	15	35	66	110	220	500
$U_{tb}$ (kV)	0,525	6,3	10,5	15,75	36,75	69	115	230	525

❖ Các đại lượng được qui đổi ngược lại hệ đơn vị có tên :

$$U = U_* \cdot U_{cb}; I = I_* \cdot I_{cb} = I_* \cdot \frac{S_{cb}}{\sqrt{3} \cdot U_{cb}}; Z = Z_* \cdot Z_{cb} = Z_* \cdot \frac{U_{cb}}{\sqrt{3} \cdot I_{cb}}$$

❖ Quy đổi từ tương đối về cơ bản:

$$\frac{Z_{*(cb)}}{Z_{*đm}} = \frac{\frac{Z}{Z_{cb}}}{\frac{Z}{Z_{đm}}} = \frac{Z_{đm}}{Z_{cb}} = \frac{U_{đm}^2}{S_{đm}} \cdot \frac{S_{cb}}{U_{cb}^2} \approx \frac{S_{cb}}{S_{đm}} \rightarrow Z_{*(cb)} = Z_{*đm} \cdot \frac{U_{đm}^2}{S_{đm}} \cdot \frac{S_{cb}}{U_{cb}^2} \approx Z_{*đm} \cdot \frac{S_{cb}}{S_{đm}}$$



### 3. TÍNH TOÁN NGẮN MẠCH 3 PHA TRONG LƯỚI TRUNG ÁP

---

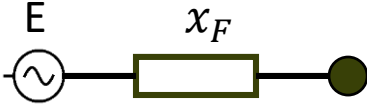
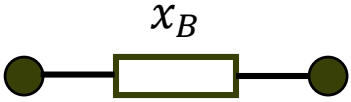
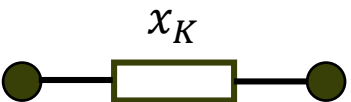

□ Tính toán ngắn mạch ba pha đối xứng theo phương pháp đường cong tính toán

❖ **Các giả thiết**

- ✓ Tần số hệ thống không đổi
- ✓ Bỏ qua bão hòa từ
- ✓ Thay phụ tải bằng tổng trở hằng
- ✓ Bỏ qua tác dụng phụ của các thông số có giá trị bé
- ✓ Hệ thống sức điện động ba pha của nguồn là đối xứng
- ✓ Các máy phát điện đồng bộ không dao động công suất

❖ **Thành lập sơ đồ thay thế:** Sơ đồ một sợi vẽ các nguồn điện cung cấp cho điểm ngắn mạch và các phần tử hệ thống điện nằm giữa các nguồn cung cấp và điểm ngắn mạch. Mỗi phần tử được thay thế bằng một điện kháng.

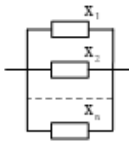
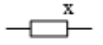
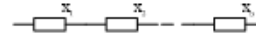
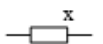
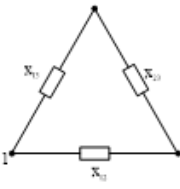
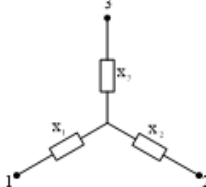
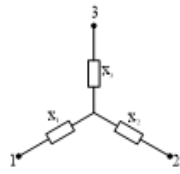
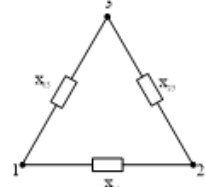
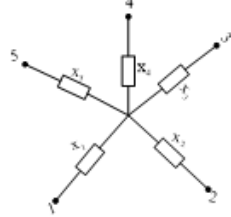
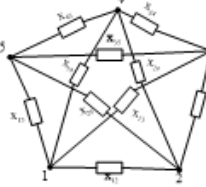
# 3. TÍNH TOÁN NGẮN MẠCH 3 PHA TRONG LƯỚI TRUNG ÁP

Thiết bị	Sơ đồ thay thế	Các thông số tra được	Hệ đơn vị có tên $x$ ( $\Omega$ )	Hệ đơn vị tương đối $x^*_{(cb)}$
Máy phát điện		$U_{đmF}, S_{đmF}$ : Điện áp và công suất định mức $x''_d$ : Điện kháng siêu quá độ dọc trục	$x''_d \cdot \frac{U_{đmF}^2}{S_{đmF}^2}$	$x''_d \cdot \frac{U_{đmF}^2}{S_{đmF}^2} \cdot \frac{S_{cb}}{U_{cb}^2}$
Máy biến áp 2 cuộn dây		$k = \frac{U_c}{U_H}, S_{đmB}$ : tỉ số biến áp và công suất định mức $u_N\%$ : Điện áp ngắn mạch %	$\frac{(u_N\% \cdot U_{đmB}^2)}{100 \cdot S_{đmB}}$	$\frac{(u_N\% \cdot U_{đmB}^2)}{100 \cdot S_{đmB}} \cdot \frac{S_{cb}}{U_{cb}^2}$
Cuộn kháng điện		$U_{đmK}, I_{đmK}$ : Điện áp và dòng điện định mức $x_K\%$ : Điện kháng % của kháng điện	$\frac{(x_K\% \cdot U_{đmK})}{100 \cdot \sqrt{3} \cdot I_{đmK}}$	$\frac{(x_K\% \cdot U_{đmK})}{100 \cdot \sqrt{3} \cdot I_{đmK}} \cdot \frac{I_{cb}}{U_{cb}}$
Dây dẫn		$x_0$ : Điện kháng đơn vị $l$ : Chiều dài dây dẫn	$x_0 \cdot l$	$x_0 \cdot l \cdot \frac{S_{cb}}{U_{cb}^2}$

# 3. TÍNH TOÁN NGẮN MẠCH 3 PHA TRONG LƯỚI TRUNG ÁP

## □ Biến đổi sơ đồ thay thế:

- ✓ Đưa về dạng tối giản để tính toán dòng điện ngắn mạch. Sơ đồ này gồm một hoặc một số nhánh nối trực tiếp từ nguồn sức điện động đẳng trị  $E_{\Sigma}$  đến điểm ngắn mạch thông qua điện kháng đẳng trị  $X_{\Sigma}$
- ✓ Đối với các nhánh có nguồn cung cấp cho điểm ngắn mạch, ta có thể ghép song song. (slide tiếp)

Sơ đồ ban đầu	Sơ đồ tương đương	Công thức biến đổi
		$\frac{1}{X} = \sum_{i=1}^n \frac{1}{X_i}$
		$X = \sum_{i=1}^n X_i$
		$X_1 = \frac{X_{12} \cdot X_{13}}{X_{12} + X_{13} + X_{23}}$ $X_2 = \frac{X_{12} \cdot X_{23}}{X_{12} + X_{13} + X_{23}}$ $X_3 = \frac{X_{13} \cdot X_{23}}{X_{12} + X_{13} + X_{23}}$
		$X_{12} = X_1 + X_2 + \frac{X_1 \cdot X_2}{X_3}$ $X_{13} = X_1 + X_3 + \frac{X_1 \cdot X_3}{X_2}$ $X_{23} = X_2 + X_3 + \frac{X_2 \cdot X_3}{X_1}$
		$x_{mn} = x_m \cdot x_n \cdot \sum y$ <p>y: Tổng dẫn điện tắt cả các nhánh hình sao</p>



# 3. TÍNH TOÁN NGẮN MẠCH 3 PHA TRONG LƯỚI TRUNG ÁP

❖ Điều kiện:  $\frac{S_1 \cdot x_1}{S_2 \cdot x_2} = 0,4 \div 2,5$

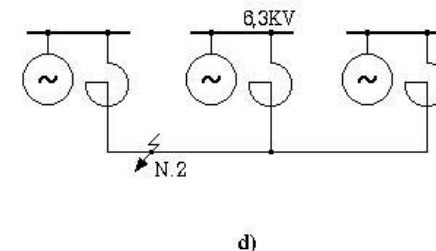
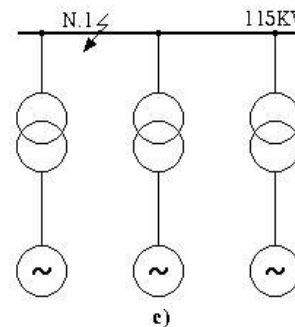
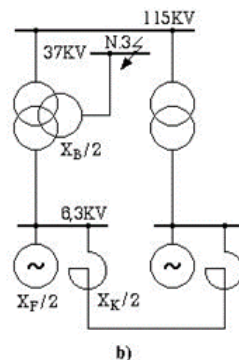
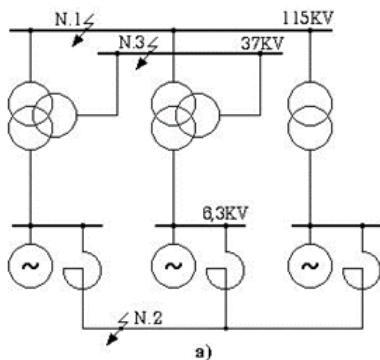
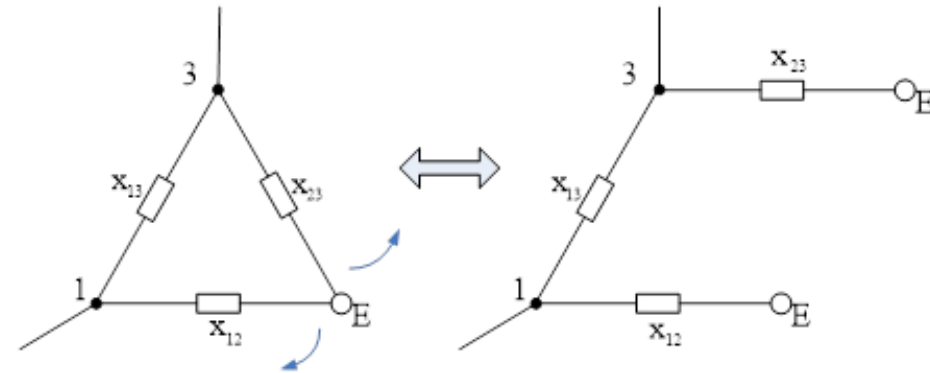
$$E_{dt} = \frac{E_1 \cdot x_1 + E_2 \cdot x_2}{x_1 + x_2}; x_{dt} = \frac{x_1 \cdot x_2}{x_1 + x_2}$$

❖  $n$  nhánh có sức điện động  $E_k$  nối chung vào điểm M qua  $x_k$

$$E_{dt} = \frac{\sum_{k=1}^n E_k \cdot \frac{1}{x_k}}{\sum_{k=1}^n \frac{1}{x_k}}; x_{dt} = \frac{1}{\sum_{k=1}^n \frac{1}{x_k}}$$

❖ Dùng tính chất đối xứng để ghép chung hoặc bỏ bớt các nhánh

❖ Biến đổi Y-Δ: ứng dụng tính đẳng thế  
→ tách/nhập nút nguồn



# 3. TÍNH TOÁN NGẮN MẠCH 3 PHA TRONG LƯỚI TRUNG ÁP

## □ Tính dòng ngắn mạch

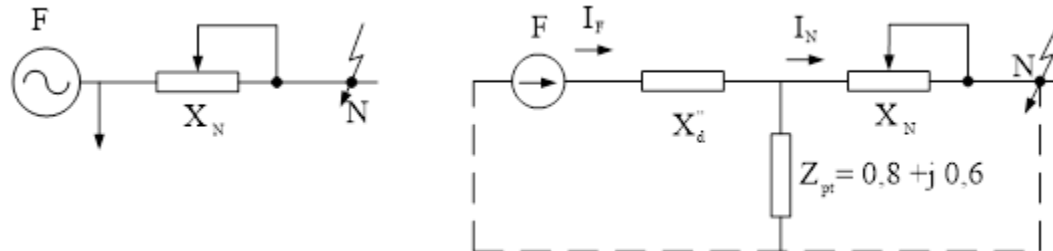
✓ Trị số hiệu dụng của dòng điện ngắn mạch chu kỳ theo đường cong tính toán

■ Cơ sở:

- Đường cong tính toán biểu diễn quan hệ giữa độ lớn tương đối của dòng điện ngắn mạch chu kỳ  $I_{*ckt}$  và điện kháng tính toán của mạch điện đến điểm ngắn mạch tại các thời điểm khác nhau của quá trình quá độ có giá trị

$$x_{*tt} = x_d'' + x_N.$$

- Đường cong tính toán được xây dựng với giả thiết trước ngắn mạch làm việc với phụ tải định mức và không đổi trong suốt quá trình ngắn mạch, nhánh bị ngắn mạch 3 pha tại điểm N có điện kháng  $x_N$  không mang tải trước khi ngắn mạch theo giản đồ

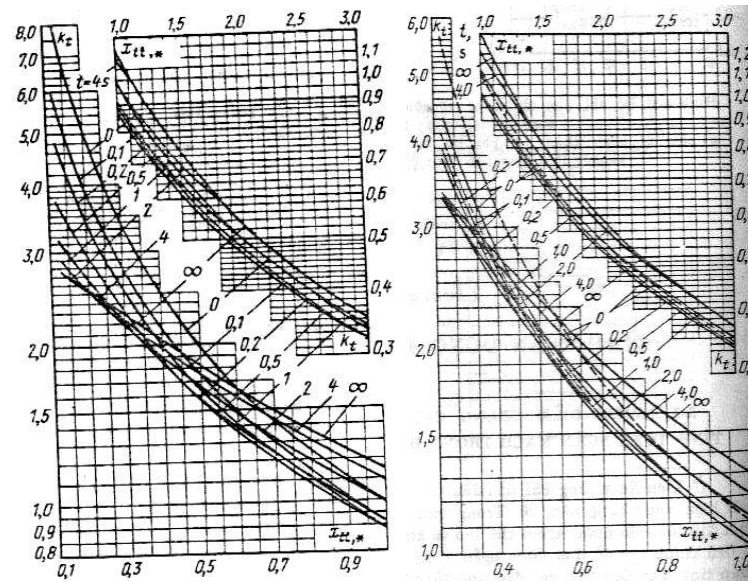


# 3. TÍNH TOÁN NGẮN MẠCH 3 PHA TRONG LƯỚI TRUNG ÁP

- Cho  $x_N$  các giá trị khác nhau, theo các biểu thức đã biết tính được  $I_{*ckt}$  xây dựng được đường cong

$$I_{*ckt} = f(x_{*tt}, t)$$

- Các tham số đều tính trong hệ đơn vị tương đối với đại lượng cơ bản là  $U_{cb} = U_{tb}$ ,  $S_{cb} = S_{đmF}$
- ✓ Trong các tài liệu về ngắn mạch vẽ đường cong tính toán đối với các nguồn nhiệt điện (a) và thủy điện (b) có TĐK (hệ thống tự động điều chỉnh mạch kích từ mát phát).



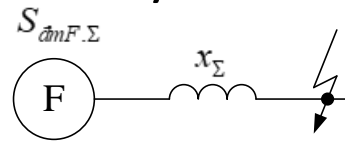
a) Nguồn nhiệt điện

b) Nguồn thủy điện

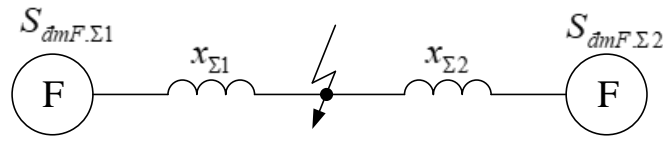
# 3. TÍNH TOÁN NGẮN MẠCH 3 PHA TRONG LƯỚI TRUNG ÁP

## □ Cách tính

### ❖ Biến đổi về sơ đồ thay thế



a) Một nhánh nguồn



b) Hai nhánh nguồn

### ❖ Quy đổi điện kháng tính toán: $x_{tt} = x_{\Sigma^*} \cdot \frac{S_{đmF.Σ}}{S_{cb}}$

$S_{đmF.Σ}$ : Tổng CS đ/mức của nguồn cấp cho điểm ngắn mạch

- Tra đường cong tính toán theo  $x_{tt}$  và t được  $I_{*CKt}$
- Quy đổi về hệ đơn vị có tên:

- Nhánh 1 nguồn:  $I_{CKt} = I_{*CKt} \cdot I_{đmF.Σ} = I_{*CKt} \cdot \frac{S_{đmF.Σ}}{\sqrt{3} \cdot U_{tb}}$

- Nhánh 2 nguồn:  $I_{CKt} = I_{*CKt1} \cdot I_{đmF.Σ1} + I_{*CKt2} \cdot I_{đmF.Σ2} = \frac{I_{*CKt1} \cdot S_{đmF.Σ1} + I_{*CKt2} \cdot S_{đmF.Σ2}}{\sqrt{3} \cdot U_{tb}}$

### ❖ Dòng điện xung kích: $i_{xk} = K_{xk} \cdot \sqrt{2} \cdot I_{CKt}$ (mạng trung áp chọn $K_{xk}=1.8$ )

# 3. TÍNH TOÁN NGẮN MẠCH 3 PHA TRONG LƯỚI TRUNG ÁP

## □ Tính toán NM ba pha đối xứng trong lưới điện trung áp

❖ Giả thiết:

✓ Ngắn mạch xa nguồn ( $S_{mba} < 2\% S_{NM-HT}$ ): thay thế  $E = U_{tb}$ ;  $x_{HT}$

$$x_{HT} = \frac{U_{tb}^2}{S_N} [\Omega] \text{ hoặc } x_{*HT} = \frac{U_{tb}^2}{S_N} \cdot \frac{S_{cb}}{U_{cb}^2}$$

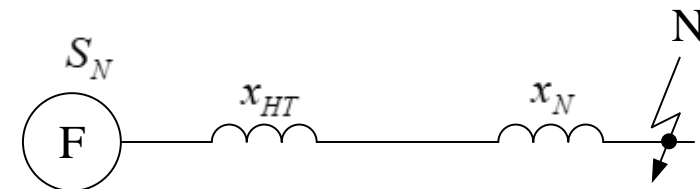
- $U_{tb}$ : ĐA TB lưới trung áp ra khỏi trạm nguồn nối với hệ thống
- $S_N$ : CSNM của hệ thống tại điểm chọn  $U_{tb}$  trên (coi  $S_N = S_{cắt}$ )

✓ Giả thiết khác tương tự mục trước

❖ Sơ đồ thay thế và trị hiệu dụng dòng ngắn mạch chu kỳ

Hệ đv tương đối cơ bản:  $I_{*N} = \frac{1}{x_{*\Sigma}} = \frac{1}{x_{*HT} + x_{*N}}$

→ Hệ đv có tên:  $I_N = I_{*N} \cdot I_{cb} = \frac{1}{x_{*\Sigma}} \cdot \frac{S_N}{\sqrt{3} \cdot U_{tb}}$





# 3. TÍNH TOÁN NGẮN MẠCH 3 PHA TRONG LƯỚI TRUNG ÁP

## □ Ví dụ

❖ Tính dòng NM tại A, B. Biết  $S_N=250\text{MVA}$

❖ Xác định điện kháng các phần tử:

$$x_{HT} = \frac{U_{tb}^2}{S_N} = \frac{36,75^2}{250} = 5,4\Omega$$

Dây AC-95 có  $x_0 = 0,4\Omega/\text{km}$

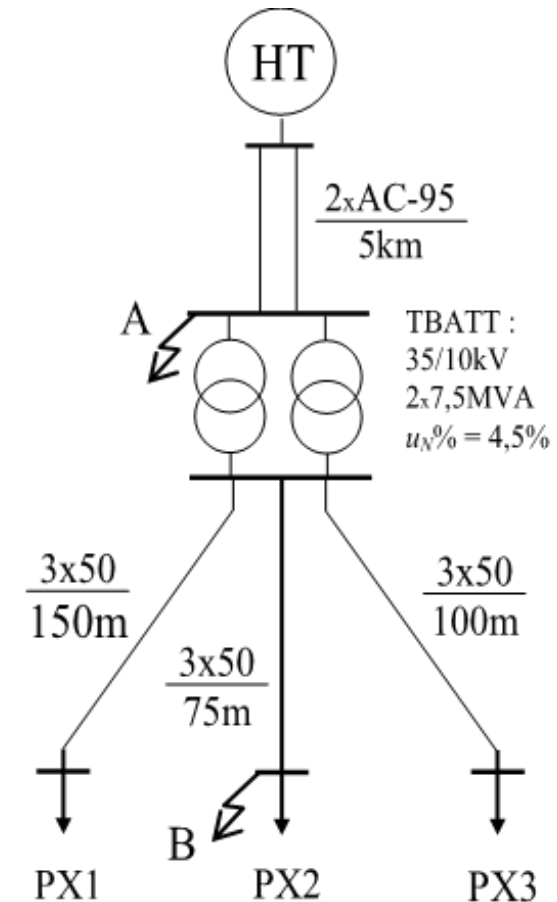
$$x_{dd} = \frac{1}{2} x_0 L = 0,5 \cdot 0,4 \cdot 5 = 1\Omega$$

$$x_B = \frac{u_N\% U_{dm}^2}{100 S_{dm}} = \frac{4,5 \cdot 35^2}{100 \cdot 7,5} = 7,35\Omega$$

$$x_{TAB} = \frac{1}{2} x_B = 3,67\Omega$$

Cáp đồng, 10kV,  $3 \times 50\text{mm}^2$  có  $x_0 = 0,12\Omega/\text{km}$

$$x_{cáp} = 0,12 \cdot 0,075 = 9 \cdot 10^{-3}\Omega$$



# 3. TÍNH TOÁN NGẮN MẠCH 3 PHA TRONG LƯỚI TRUNG ÁP

❖ Quy đổi về hệ tương đối cơ bản

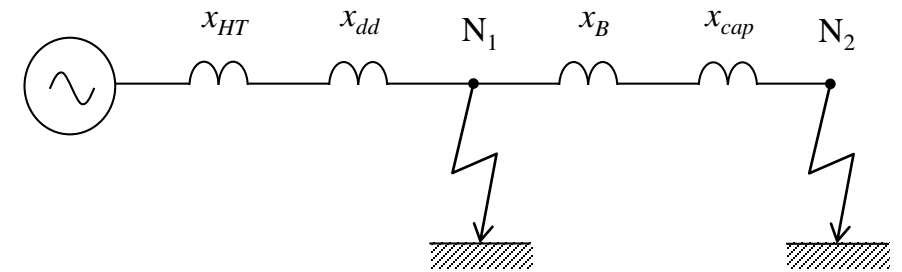
Chọn  $S_{cb} = S_N = 250MVA$ ;  $U_{cb} = U_{tb} = 1,05 \times (35; 10)kV$

$$x_{*HT} = \frac{X_{HT}}{Z_{cb}} = X_{HT} \frac{S_{cb}}{U_{cb35}^2} = 5,4 \cdot \frac{250}{36,75^2} = 1$$

$$x_{*dd} = X_{dd} \frac{S_{cb}}{U_{cb35}^2} = 1 \cdot \frac{250}{36,75^2} = 0,185$$

$$x_{*B} = X_B \frac{S_{cb}}{U_{cb35}^2} = 3,67 \cdot \frac{250}{36,75^2} = 0,67$$

$$x_{*cap} = X_{cap} \frac{U_{cb35}^2}{U_{cb10}^2} \frac{S_{cb}}{U_{cb35}^2} = X_{cap} \frac{S_{cb}}{U_{cb10}^2} = 9 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{250}{10,5^2} = 0,02$$



### 3. TÍNH TOÁN NGẮN MẠCH 3 PHA TRONG LƯỚI TRUNG ÁP

❖ Dòng điện MN tại điểm A

$$I_{*A} = \frac{U}{x_{HT} + x_{dd}} = \frac{1}{1 + 0,185} = 0,843$$

$$I_{NA} = I_{*NA} \cdot I_{cb35} = I_{*NA} \cdot \frac{S_{cb}}{\sqrt{3}U_{cb.35}}$$

$$= 0,843 \frac{250}{\sqrt{3} \cdot 36,75} = 3,31kA$$

$$i_{xk(A)} = \sqrt{2}K_{xk}I_{NA} = \sqrt{2} \cdot 1,8 \cdot 3,31 \\ = 8,43kA$$

❖ Dòng điện MN tại điểm B

$$I_{*NB} = \frac{U}{x_{*HT} + x_{*dd} + x_{*B} + x_{*cap}} \\ = \frac{1}{1 + 0,185 + 0,67 + 0,02} = 0,533$$

$$I_{NB} = I_{*NB} \cdot I_{cb10} = I_{*NB} \cdot \frac{S_{cb}}{\sqrt{3}U_{cb.10}}$$

$$= 0,533 \frac{250}{\sqrt{3} \cdot 10,5} = 7,31kA$$

$$i_{xk(B)} = \sqrt{2}K_{xk}I_{NB} = \sqrt{2} \cdot 1,8 \cdot 7,33 = 18,66kA$$

# 5. TÍNH TOÁN NGẮN MẠCH 3 PHA TRONG LƯỚI HẠ ÁP

## □ Các giả thiết

- ❖ Hạ áp tính từ đầu ra TBAPP
  - ❖ Tính trong hệ đơn vị có tên để đơn giản vì chỉ 1 cấp điện áp
  - ❖ Ngắn mạch xa nguồn. Coi điện áp sơ cấp TBAPP không đổi.
- ➔ Tổng trở ngắn mạch chỉ bao gồm tổng trở MBAPP và các thiết bị hạ áp tính đến điểm ngắn mạch.
- ❖ Xét cả **điện trở** và điện kháng trong tổng trở các phần tử.
  - ❖ Xét cả tổng trở của các điểm tiếp xúc trong các thiết bị đóng cắt, thanh góp...
  - ❖ Nếu có **động cơ không đồng bộ** nối trực tiếp tại điểm ngắn mạch thì phải xét thêm thành phần dòng điện của động cơ không đồng bộ trong dòng điện ngắn mạch. (cụ thể: slide sau)

## 4. TÍNH TOÁN NGẮN MẠCH 3 PHA TRONG LƯỚI HẠ ÁP

❖ Dòng điện của động cơ:

$$I_{\text{Đ}} = \frac{P_{\text{đmĐ}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{đmĐ}} \cdot \eta \cdot \cos \varphi_{\text{Đ}}}$$

- $P_{\text{đmĐ}}, U_{\text{đmĐ}}, \eta, \cos \varphi_{\text{Đ}}$ : Công suất, điện áp định mức, hiệu suất và  $\cos \varphi$  của động cơ.
- $i_{\text{xkĐ}}$ : Dòng điện xung kích của Đ/C giai đoạn đầu tiên NM

$$i_{\text{xkĐ}} = \sqrt{2} \cdot I_{\text{NĐ}} = \sqrt{2} \cdot I_{\text{NĐ}*} \cdot I_{\text{đmĐ}} = \sqrt{2} \cdot \frac{E_{\text{Đ}*}}{x_{\text{Đ}}''} \cdot I_{\text{đmĐ}}$$

Trong đó

- $E_{\text{Đ}*}$  và  $x_{\text{Đ}}''$  lần lượt là sức điện động tương đối định mức và điện kháng siêu quá độ tương đối định mức của động cơ không đồng bộ, thường lấy  $E_{\text{Đ}*} = 0,9$  và  $x_{\text{Đ}}'' = 0,2$ .

→ Vậy  $i_{\text{xkĐ}} = 6,5 \cdot I_{\text{đmĐ}}$



# 4. TÍNH TOÁN NGẮN MẠCH 3 PHA TRONG LƯỚI HẠ ÁP

## □ Sơ đồ thay thế và dòng điện ngắn mạch

❖ Khi không xét ảnh hưởng của động cơ

$$I_N = \frac{U_{đm}}{\sqrt{3} \cdot Z_N} \text{ (A)}$$

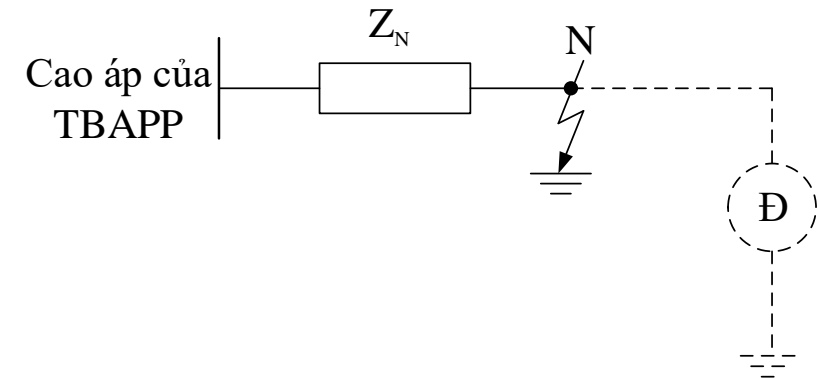
$$i_{xk} = k_{xk} \cdot \sqrt{2} \cdot I_N \text{ (A)}$$

Mạng hạ áp, có thể lấy  $k_{xk} = 1,2 \div 1,3$

❖ Khi có xét ảnh hưởng của động cơ

$$I'_N = \frac{U_{đm}}{\sqrt{3} \cdot Z_N} + I_D \text{ (A)}$$

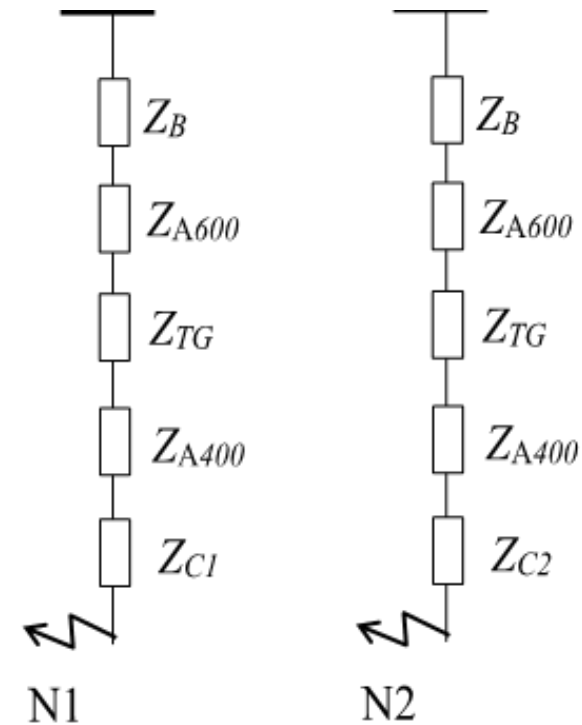
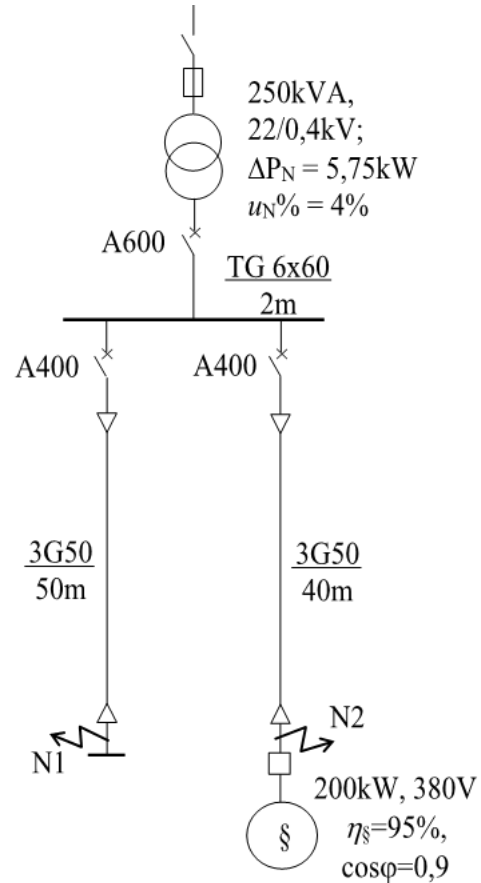
$$i'_{xk} = i_{xk} + i_{xkD} = k_{xk} \cdot \sqrt{2} \cdot I_N + 6,5 \cdot I_D \text{ (A)}$$



# 5. TÍNH TOÁN NGẮN MẠCH 3 PHA TRONG LƯỚI HẠ ÁP

## ❑ Ví dụ

- ❖ Tính dòng điện ngắn mạch 3 pha hiệu dụng và dòng điện xung kích tại điểm  $N_1$  và  $N_2$  trong mạng hạ áp phân xưởng cơ khí



Sơ đồ thay thế tính đến các điểm ngắn mạch  $N_1$ ,  $N_2$

# 3. TÍNH TOÁN NGẮN MẠCH 3 PHA TRONG LƯỚI HẠ ÁP

## □ Ví dụ

❖ Giải

✓ Tính tổng trở các phần tử

▪ Tổng trở MBA:

$$R_B = \frac{\Delta P_N U_{dm}^2}{S_{dm}^2} = \frac{5,75 \cdot 10^3 \cdot 0,38^2}{250^2} = 13,28 m\Omega$$

$$X_B = \frac{u_N \% U_{dm}^2}{S_{dm}} = \frac{0,04 \cdot 10^3 \cdot 0,38^2}{250} = 23,1 m\Omega$$

▪ Tổng trở của áp tô mát A400 và A600

• Tra sổ tay, thông số cuộn dây bảo vệ quá dòng của áp tô mát

$$r_{RI400} = 0,15 m\Omega; x_{RI400} = 0,1 m\Omega$$

$$r_{RI600} = 0,12 m\Omega; x_{RI600} = 0,094 m\Omega$$

• Tra sổ tay cho áp tô mát

$$r_{A400} = 0,2 m\Omega; r_{A600} = 0,15 m\Omega$$

▪ Tổng trở của thanh góp 6x60mm<sup>2</sup>

$$r_{TG} = r_{oTG} \cdot l = 0,056 \cdot 2 \cdot 10^{-3} = 0,112 m\Omega$$

$$x_{TG} = x_{oTG} \cdot l = 0,189 \cdot 2 \cdot 10^{-3} = 0,378 m\Omega$$

▪ Tổng trở của cáp

$$r_{C1} = r_{oC} \cdot l_1 = 0,387 \cdot 50 \cdot 10^{-3} = 19,35 m\Omega$$

$$r_{C2} = r_{oC} \cdot l_2 = 0,387 \cdot 40 \cdot 10^{-3} = 15,48 m\Omega$$

▪ Tính toán dòng điện ngắn mạch tại điểm N1

$$r_{\Sigma(N1)} = r_B + r_{A600} + r_{RI600} + r_{TG} + r_{A400}$$

$$+ r_{RI400} + r_{C1}$$

$$= 13,28 + 0,15 + 0,12 + 0,112 + 0,2 + 0,15 + 19,35 = 33,326 m\Omega$$

$$x_{\Sigma(N1)} = x_B + x_{RI600} + x_{TG} + x_{RI400}$$

$$= 23,1 + 0,094 + 0,378 + 0,1 = 23,672 m\Omega$$

$$I_{N(N1)} = \frac{U_{dm}}{\sqrt{3} \sqrt{r_{\Sigma(N1)}^2 + x_{\Sigma(N1)}^2}}$$

$$= \frac{380}{\sqrt{3} \sqrt{33,362^2 + 23,672^2}} = 5,36 kA$$

$$i_{xk(N1)} = k_{xk} \sqrt{2} I_{N(N1)} = 1,3 \sqrt{2} \cdot 5,36 = 9,86 kA$$

# 3. TÍNH TOÁN NGẮN MẠCH 3 PHA TRONG LƯỚI HẠ ÁP

## □ Ví dụ

### ❖ Giải

- ✓ Dòng điện ngắn mạch tại N2 không xét đến tác động của động cơ

$$\begin{aligned}r_{\Sigma(N2)} &= r_B + r_{A600} + r_{RI600} + r_{TG} + r_{A400} + r_{RI400} + r_{C2} \\&= 13,28 + 0,15 + 0,12 + 0,112 + 0,2 + 0,15 \\&\quad + 15,48 = 29,492m\Omega\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}x_{\Sigma(N2)} &= x_B + x_{RI600} + x_{TG} + x_{RI400} \\&= 23,1 + 0,094 + 0,378 + 0,1 = 23,672m\Omega\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}I_{N(N2)} &= \frac{U_{dm}}{\sqrt{3} \sqrt{r_{\Sigma(N2)}^2 + x_{\Sigma(N2)}^2}} \\&= \frac{380}{\sqrt{3} \sqrt{29,492^2 + 23,672^2}} = 5,8kA\end{aligned}$$

$$i_{xk(N1)} = k_{xk} \sqrt{2} I_{N(N2)} = 1,3 \sqrt{2} \cdot 5,8 = 10,66kA$$

- ✓ Dòng điện ngắn mạch tại N2 có xét đến tác động của động cơ

$$I_{dc} = \frac{P_D}{\sqrt{3} U_D \eta_D \cos \varphi_D} = \frac{200 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 380 \cdot 0,95 \cdot 0,9} = 355,4A$$

- ✓ Kết luận:

$$\begin{aligned}I'_{N(N2)} &= I_{N(N2)} + I_{dc} \\&= 6,155kA \text{ (tăng 5,7\%)}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}i'_{xk(N2)} &= i_{xk(N2)} + I_{xkD} = k_{xk} \sqrt{2} I_{N(N2)} + k_{xkD} I_{dc} = \\&= 10,66 + 6,5 \cdot 355,4 \cdot 10^{-3} = 12,968kA \text{ (tăng 17,8\%)}\end{aligned}$$

# Câu hỏi ôn tập

---

1. Các đặc trưng quan trọng của dòng điện ngắn mạch ? Hệ số xung kích của dòng điện ngắn mạch phụ thuộc những yếu tố nào ?
2. Nguyên nhân và các tác động của sự cố ngắn mạch trong hệ thống cung cấp điện ?
3. Nêu các đặc điểm riêng của tính toán ngắn mạch trong lưới điện trung áp và hạ áp ?
4. Thế nào gọi là ngắn mạch không đối xứng ? Trình bày cách xác định dòng điện ngắn mạch thành phần chu kỳ trong các trường hợp ngắn mạch không đối xứng ?



# THE END!

---

# Q&A