

CUNG CẤP ĐIỆN

TÍNH TOÁN NGẮN MẠCH

NỘI DUNG BÀI GIẢNG

1. TỔNG QUAN:

- ❖ Tác hại của dòng ngắn mạch.
- ❖ Phân loại dòng ngắn mạch.
- ❖ Dòng ngắn mạch tức thời.
- ❖ Hệ số bất đối xứng Ki

2. TÍNH TOÁN DÒNG NGẮN MẠCH:

- ❖ Phân loại dòng ngắn mạch.
- ❖ Dòng Ngắn Mạch 3 pha (PP Tổng Trở).
- ❖ Phương pháp xác định Tổng Trở cho thiết bị và đường dây truyền tải.

1. TỔNG QUAN

Trong quá trình tính toán cung cấp điện, cần quan tâm đến việc **tính toán dòng ngắn mạch**, điều này thường **dẫn đến việc điều chỉnh thay đổi kích thước dây dẫn**.

Dòng ngắn mạch phải được tính toán tại mỗi mức trong sơ đồ lắp đặt để xác định khả năng chịu đựng khi ngắt dòng sự cố của các khí cụ bảo vệ

Trong quá trình tính toán, cần xác định hai giá trị của dòng ngắn mạch sau đây:

- ▣ Dòng ngắn mạch **cực đại** .
- ▣ Dòng ngắn mạch **cực tiểu**.

🚧 Dòng ngắn mạch cực đại :

Dùng **xác định khả năng ngắt mạch (I_{cu})** cho các **MCCB**.

Khả năng **chịu đựng lực điện động** của **hệ thống dây dẫn và các khí cụ ngắt mạch khác** (switch gear . . .).

Dòng ngắn mạch cực đại tương ứng với các **sự cố ngắn mạch tại vùng lân cận phía đầu ra** của các khí cụ bảo vệ.

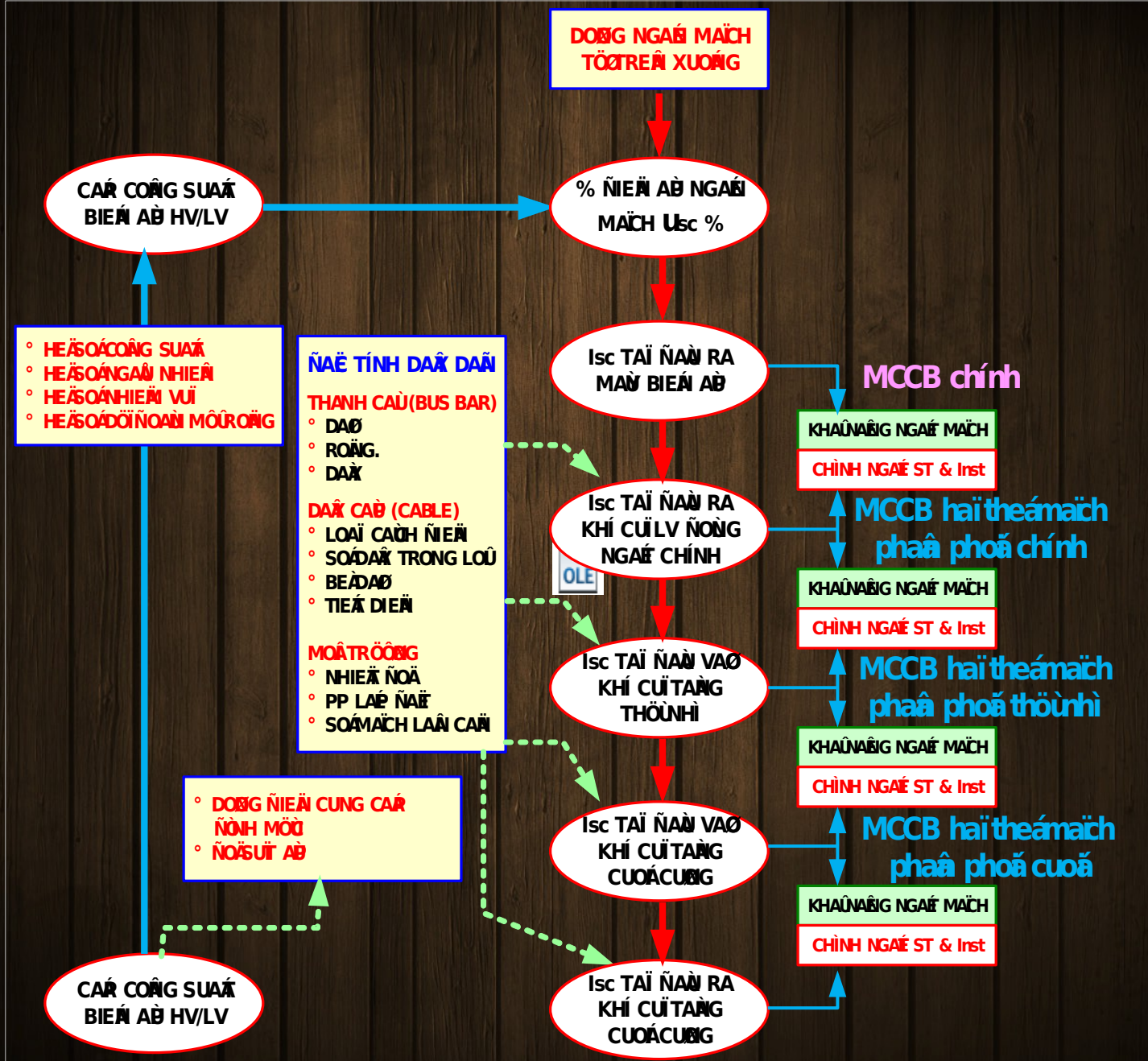
🚧 Dòng ngắn mạch cực tiểu:

Sử dụng **khi chọn đặc tính ampere giây** cho các thiết bị ngắt mạch: **MCCB hay cầu chì**.

Trong các trường hợp đường dây cable dài hay tổng trở nguồn có giá trị tương đối lớn (như máy phát điện dự phòng, UPS. .).

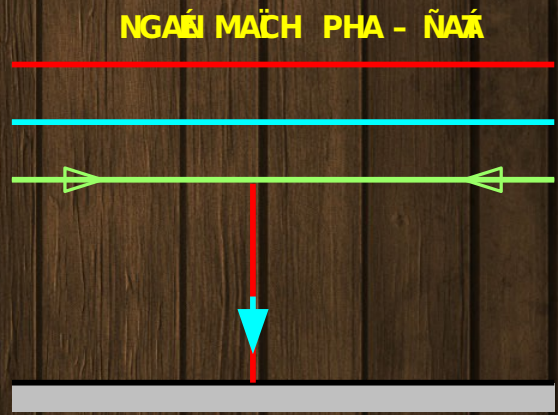
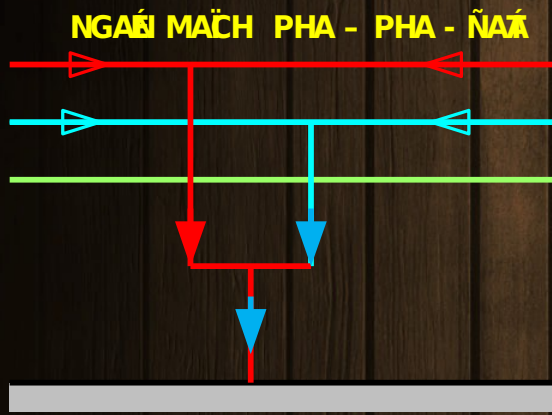
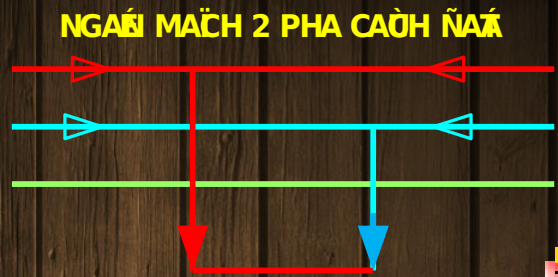
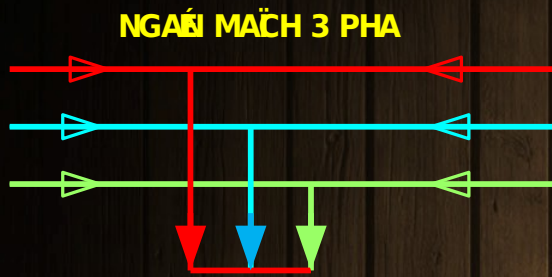
Trong trường hợp **hợp tính toán đảm bảo tuổi thọ** cho **MCCB, cầu chì** trong các sơ đồ nối đất TN hay IT.

Dòng ngắn mạch cực tiểu ứng với **sự cố ngắn mạch phía cuối đường dây cần bảo vệ**, thường là **ngắn mạch pha với dây nối đất** (mạng hạ thế) **hay giữa 2 dây pha** (mạng trung thế hay cao thế).



ST : thời gian ngắn (Short Time)
Inst : tức thời (Instantaneous)

Isc : Dòng ngắn mạch (Short circuit)



← DO 3 PHA

← MỖI PHA 1/2 DO 3 PHA

Ngắn mạch pha với đất chiếm 80% trong các sự cố ngắn mạch.

Ngắn mạch pha với pha chiếm 15% trong các sự cố ngắn mạch. Loại sự cố này thường chuyển hóa sang sự cố ngắn mạch 3 pha.

Ngắn mạch 3 pha chiếm 5% của các sự cố ban đầu.

HỆ QUẢ CỦA SỰ CỐ ngắn mạch:

Tùy thuộc vào quá trình và loại sự cố ngắn mạch sẽ dẫn đến các hệ quả khác nhau.

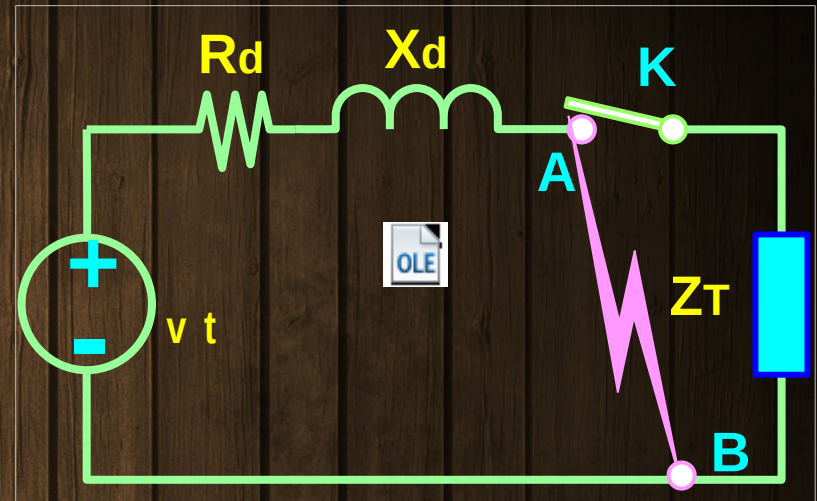
- Tại vị trí sự cố: hồ quang điện tạo thành **phá hủy cách điện, hàn dính các thanh dẫn, phát hỏa**, gây thiệt hại tổn thương đến nhân mạng.
- Trên các mạch có sự cố: lực điện động làm **biến dạng các thanh dẫn (bus bar), đứt gián đoạn dây cable**. Hiện tượng quá nhiệt làm tăng tổn hao nhiệt có thể dẫn đến phá hủy cách điện.
- Trên các mạch KHÁC GẦN MẠCH có sự cố: áp giảm thấp trong suốt thời gian xảy ra sự cố, từ vài giây đến vài trăm giây, làm ngắt hở một phần của lưới điện bởi các khí cụ bảo vệ. Tạo sự **bất ổn động lực**, làm **tăng tổn hao** trong các máy điện đồng bộ, **gây rối loạn hệ thống điều khiển và các mạch hiển thị**.

KHẢO SÁT DÒNG NGẮN MẠCH:

Nguồn áp $v(t)$ có biên độ không đổi

$$v(t) = V_p \sqrt{2} \cdot \sin(\omega t + \alpha) \quad (0 < \alpha < 90^\circ)$$

- Goị **ZSC**: Tổng Trở của toàn bộ mạch ở phía trên khóa điện.
- ZT** là Tổng Trở Tải.



Trong các mạch điện thực sự, **tổng trở nguồn** bao gồm các thành phần tổng trở của đoạn mạch ở phía trên điểm ngắn mạch, tính luôn cả các mạch không cùng điện áp (hạ thế và trung thế) luôn cả các phần dây dẫn không cùng bề dài và tiết diện ở cả hai cấp điện áp

Khi có sự cố ngắn mạch xảy ra giữa hai điểm AB ; bỏ qua Tổng Trở tại các điểm này, dòng ngắn mạch ISC chỉ bị khống chế bởi tổng trở ZSC

Trong các mạch phân phối, giá trị cảm kháng X_d thường lớn hơn giá trị điện trở R_d với tỉ số :

$$\frac{R_d}{X_d} = 0,1 \text{ - } 0,3$$

Gọi $\cos \varphi_{nm}$ là hệ số công suất tại lúc ngắn mạch, ta có:

$$\cos \varphi_{nm} = \frac{R_d}{\sqrt{R_d^2 + X_d^2}} \cong \frac{R_d}{X_d}$$

TRƯỜNG HỢP ĐIỂM SỰ CỐ CÁCH XA VỊ TRÍ NGUỒN:

Đây là trường hợp thường gặp trong thực tế. Khi áp dụng mạch điện trong hình trên để xác định trạng thái quá độ, dòng ngắn mạch tức thời thỏa quan hệ sau:

$$R_d i_{sc}(t) + L_d \frac{di_{sc}(t)}{dt} = v(t) = V_p \frac{g}{\sqrt{2}} \sin(\omega t + \alpha)$$

Giải nghiệm tổng quát của dòng ngắn mạch tức thời là:

$$i_{sc}(t) = \frac{V_p g \sqrt{2}}{Z_{sc}} \sin(\omega t + \alpha - \phi) - \frac{R}{L} \frac{g}{d} \sin(\alpha - \phi)$$

Thành phần **xoay chiều**:

$$i_{sc}(t)_{AC} = \frac{V_p g \sqrt{2}}{Z_{sc}} \sin(\omega t + \alpha - \phi)$$

Thành phần **một chiều**:

$$i_{sc}(t)_{DC} = -\frac{R}{L} \frac{g}{d} \sin(\alpha - \phi)$$

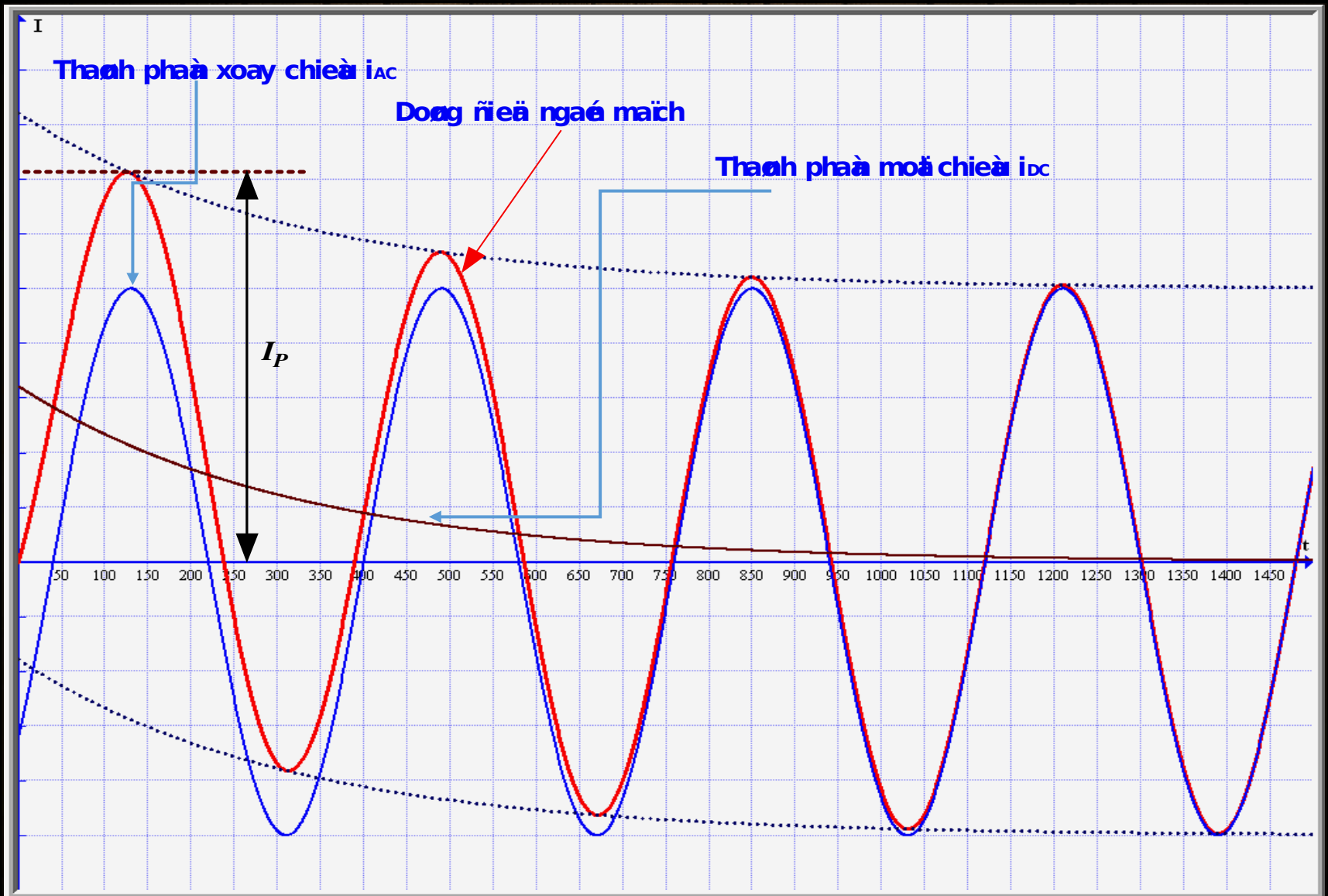
Khi $(\alpha - \phi) = 0$

dòng ngắn mạch thuộc dạng **bất đối xứng**

Khi $0 = (\alpha - \phi)$

dòng ngắn mạch thuộc dạng **đối xứng**

Dòng ngắn mạch bất đối xứng



Giá trị **đỉnh IP** của **dòng ngắn mạch isc(t)** cần được tính toán để xác định khả năng chịu đựng của các **MCCB** đồng thời cũng để xác định lực điện động tác động lên hệ thống.

Giá trị này được suy ra từ giá trị hiệu dụng của dòng ngắn mạch tại trạng thái đối xứng bằng cách áp dụng quan hệ sau đây.

$$I_P = K_i I_{scm} = K_i I_g \frac{V_p \sqrt{2}}{Z_{sc}}$$

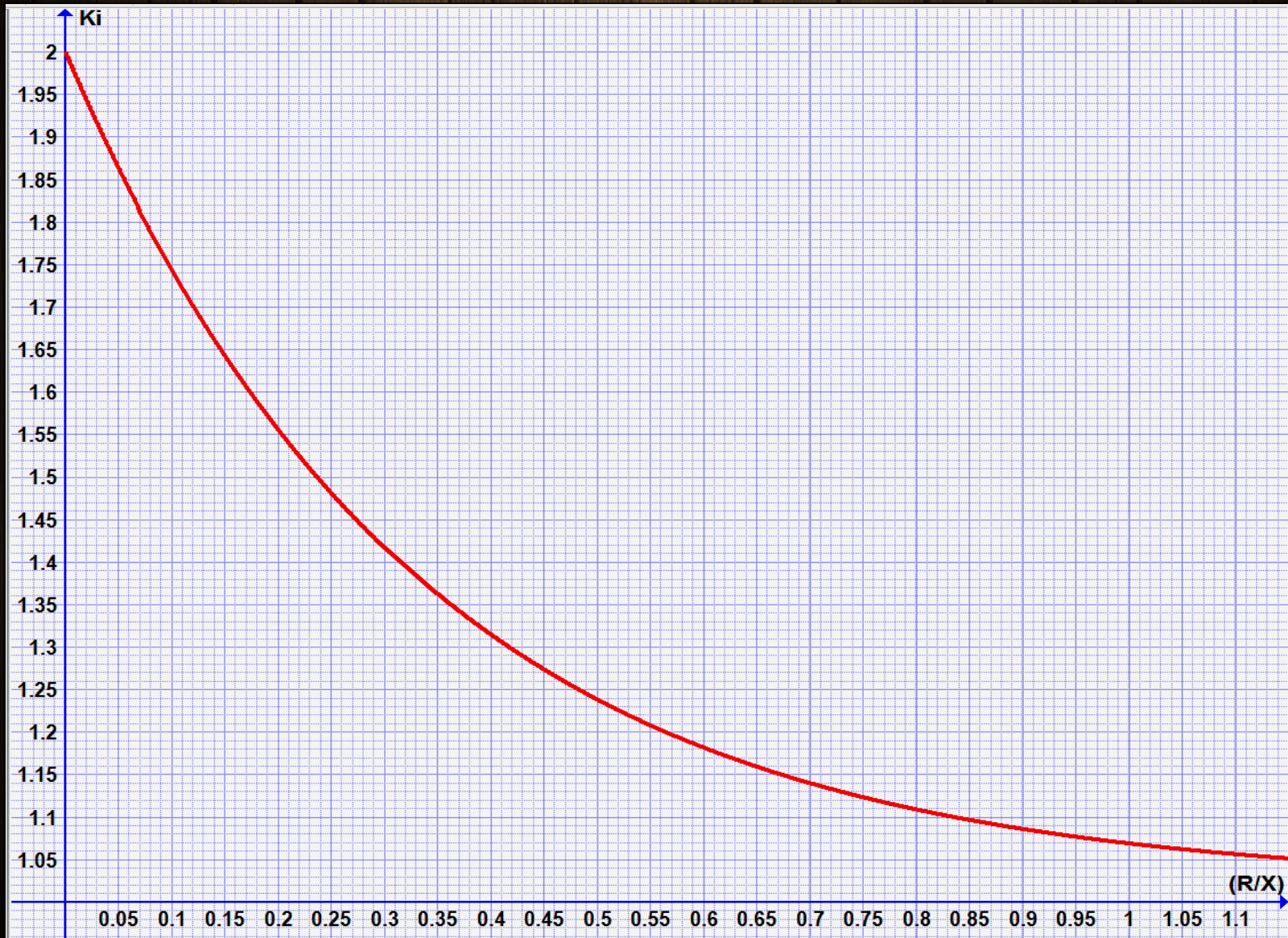
K_i xem là hàm số đối với tỉ số

$$\frac{R_d}{L_d} \text{ hay } \frac{R_d}{X_d}$$

Quan hệ giữa các đại lượng trên được xác định theo tiêu chuẩn **IEC 60909** như sau :

$$K_i = 1,02 + 0,98 \frac{3R_d}{X_d}$$

Đồ thị xác định hệ số K_i theo



Bảng số xác định hệ số Ki theo

$$x = \frac{R}{d} \times \frac{d}{d}$$

| x | Ki | x | Ki | x | Ki | x | Ki |
|------|--------|------|--------|------|--------|------|--------|
| 0.00 | 2.0000 | 0.20 | 1.5578 | 0.40 | 1.3152 | 0.60 | 1.1820 |
| 0.01 | 1.9710 | 0.21 | 1.5419 | 0.41 | 1.3064 | 0.61 | 1.1772 |
| 0.02 | 1.9429 | 0.22 | 1.5265 | 0.42 | 1.2980 | 0.62 | 1.1726 |
| 0.03 | 1.9157 | 0.23 | 1.5115 | 0.46 | 1.2643 | 0.63 | 1.1681 |
| 0.04 | 1.8892 | 0.24 | 1.4970 | 0.44 | 1.2818 | 0.64 | 1.1637 |
| 0.05 | 1.8635 | 0.25 | 1.4829 | 0.45 | 1.2741 | 0.65 | 1.1594 |
| 0.06 | 1.8386 | 0.26 | 1.4692 | 0.46 | 1.2665 | 0.66 | 1.1553 |
| 0.07 | 1.8144 | 0.27 | 1.4560 | 0.47 | 1.2593 | 0.67 | 1.1513 |
| 0.08 | 1.7909 | 0.28 | 1.4431 | 0.48 | 1.2522 | 0.68 | 1.1474 |
| 0.09 | 1.7681 | 0.29 | 1.4306 | 0.49 | 1.2453 | 0.69 | 1.1437 |
| 0.10 | 1.7460 | 0.30 | 1.4184 | 0.50 | 1.2387 | 0.70 | 1.1400 |
| 0.11 | 1.7245 | 0.31 | 1.4067 | 0.51 | 1.2322 | 0.71 | 1.1365 |
| 0.12 | 1.7037 | 0.32 | 1.3952 | 0.52 | 1.2259 | 0.72 | 1.1330 |
| 0.13 | 1.6835 | 0.33 | 1.3841 | 0.53 | 1.2198 | 0.73 | 1.1297 |
| 0.14 | 1.6639 | 0.34 | 1.3734 | 0.54 | 1.2139 | 0.74 | 1.1264 |
| 0.15 | 1.6449 | 0.35 | 1.3629 | 0.55 | 1.2082 | 0.75 | 1.1233 |
| 0.16 | 1.6264 | 0.36 | 1.3528 | 0.56 | 1.2026 | 0.76 | 1.1202 |
| 0.17 | 1.6085 | 0.37 | 1.3430 | 0.57 | 1.1972 | 0.77 | 1.1173 |
| 0.18 | 1.5911 | 0.38 | 1.3334 | 0.58 | 1.1920 | 0.78 | 1.1144 |
| 0.19 | 1.5742 | 0.39 | 1.3242 | 0.59 | 1.1869 | 0.79 | 1.1116 |

Phương pháp tính toán dòng ngắn mạch đúng tiêu chuẩn gồm các phương pháp sau :

- Phương Pháp Tổng Trở.
- Phương Pháp Tổng Hợp.
- Phương Pháp Truyền Thống.

■ **PHƯƠNG PHÁP TỔNG TRỞ**: áp dụng tính toán dòng sự cố tại điểm bất kỳ trong hệ thống mạng thiết kế với yêu cầu chính xác cao.

Phương pháp này phối hợp các thành phần điện trở và điện kháng trong lưới sự cố, từ nguồn đến điểm cho trước để xác định giá trị tổng trở. Sau cùng, dòng ngắn mạch hiệu dụng ISC được xác định theo định luật Ohm.

$$I_{SC} = \frac{V_d}{\sqrt{3} \cdot Z}$$

■ **PHƯƠNG PHÁP TỔNG HỢP:** được áp dụng khi các đặc tính của nguồn cung cấp không xác định được.

Tổng trở phần mạch phía trên được phỏng định dựa trên cơ sở giá trị dòng ngắn mạch tại gốc. Hệ số công suất tại gốc được giả thiết bằng hệ số công suất tại vị trí sự cố. Nói khác đi, xem tổng trở của hai phần mạch có đặc tính tương tự như nhau.

■ **PHƯƠNG PHÁP TRUYỀN THỐNG:** được áp dụng khi tổng trở hay dòng ngắn mạch ISC trong mạch phía trên của mạch cho trước không xác định được giá trị. Phương pháp này được dùng tính dòng ngắn mạch nhỏ nhất và dòng sự cố tại cuối đường dây cung cấp.

Khi tính toán dựa trên giả thiết áp tại điểm gốc của mạch có giá trị bằng 80% giá trị định mức trong suốt quá trình ngắn mạch xảy ra.

CÁC GIẢ THIẾT ĐƠN GIẢN HÓA PHƯƠNG PHÁP TÍNH:

Các giả thiết để thực hiện phép tính xấp xỉ gần đúng, đơn giản hóa quá trình tính toán nhưng đảm bảo được bản chất các hiện tượng vật lý và kết quả tính toán có mức chính xác chấp nhận được.

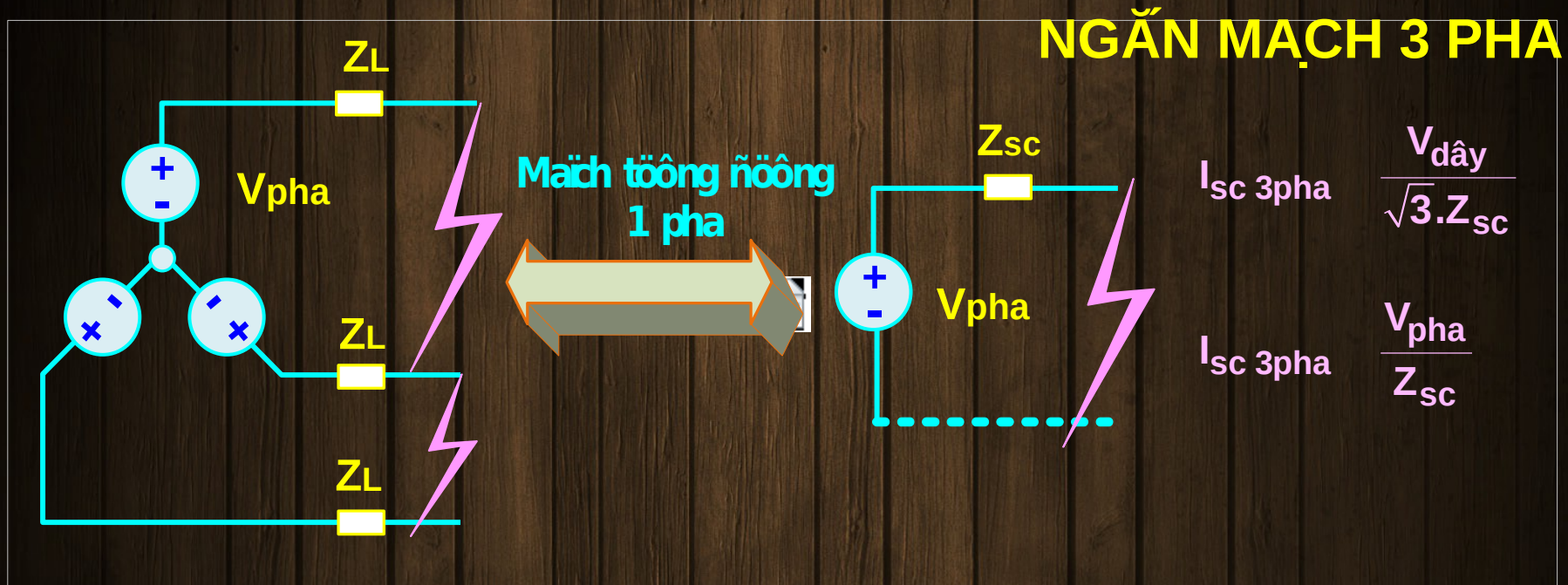
Các giả thiết được đề cập đến bao gồm:

- Mạch điện tính toán dạng tia có cấp điện áp định mức không vượt quá 500KV (tiêu chuẩn IEC 60909)
- Trong trường hợp ngắn mạch 3 pha, dòng ngắn mạch giả sử xảy ra đồng thời trên cả 3 pha.
- Trong quá trình ngắn mạch, số pha không thay đổi.
- Trong suốt quá trình ngắn mạch, áp phụ thuộc dòng và tổng trở ngắn mạch không thay đổi dấu.

- ✦ Các bộ điều áp hay các đầu phân áp của máy biến áp giả sử đang đặt tại vị trí chính.
- ✦ Bỏ qua ảnh hưởng của điện trở sinh ra do hồ quang lúc ngắn mạch.
- ✦ Bỏ qua tất cả các ảnh hưởng do điện dung ký sinh trên đường dây.
- ✦ Không chú ý đến dòng tải.
- ✦ Cần quan tâm đến giá trị của thành phần tổng trở thứ tự không.

2. TÍNH TOÁN DÒNG NGẮN MẠCH

(Tùy thuộc dạng sự cố ngắn mạch)



Z_{sc} là **Tổng Trở Ngắn Mạch** tính trên 1 pha. Giá trị này xem là tổng trở của nguồn tổng hợp với tổng trở đường dây từ nguồn đến điểm sự cố. Giá trị này còn được gọi là **Tổng Trở Thứ Tự Dương** của mỗi pha.

$$Z_{sc} = \sqrt{R^2 + X^2}$$

PHƯƠNG PHÁP XÁC ĐỊNH TỔNG TRỞ NGẮN MẠCH:

Tổng trở được xác định sau khi đã thực hiện phương pháp cộng riêng các thành phần điện trở và điện kháng trong mạch vòng sự cố (từ nguồn đến vị trí sự cố).

Các dạng tổng trở mạch trên từng mạch vòng sự cố được liệt kê như sau:

- ✦ Tổng trở của phần mạch phía trên mạch xảy ra sự cố.
- ✦ Tổng trở nội của máy biến áp.
- ✦ Tổng trở đường dây .

Tổng trở phần mạch phía trên mạch xảy ra sự cố

Thông thường, vị trí của mạch phía trên mạch nguồn cung cấp không biết được tất cả các thông số. Các dữ liệu có thể biết được đối với mạch phía trên mạch nguồn bao gồm:

- ▣ Công suất biểu kiến ngắn mạch SSC [MVA].
- ▣ Điện áp định mức $V_{dây}$ [V].

Tổng trở tương đương cho phần mạch này được xác định bằng quan hệ sau:

$$Z_{up} = \frac{V_{dây}^2}{S_{SC}}$$

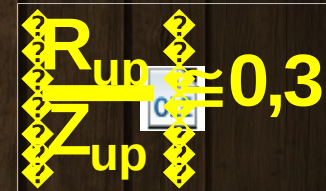


Thành phần điện trở và điện kháng có thể suy ra

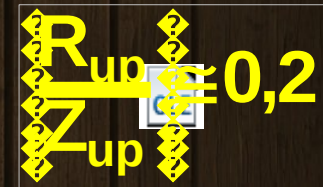
từ tỉ số  phía cao áp theo các giá trị cho trước

như sau:

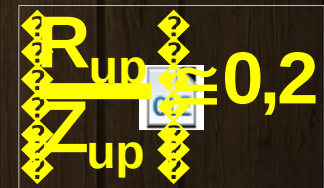
Tại cấp điện áp 6 KV:



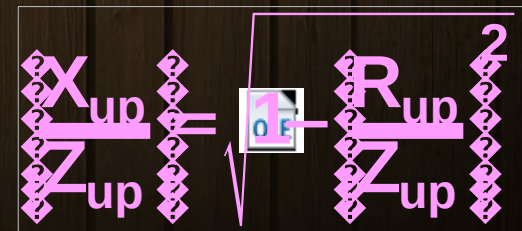
Tại cấp điện áp 20 KV:



Tại cấp điện áp 150 KV:



Thành phần điện kháng của mạch phía trên nguồn



Tổng trở của MÁY BIẾN ÁP

Gọi:

- ▣ **Vdây**: áp dây (giữa pha – pha) lúc biến áp không tải.
- ▣ **Sn** : công suất biểu kiến định mức của biến áp.
- ▣ **usc%** là phần trăm điện áp ngắn mạch của biến áp

| CÔNG SUẤT ĐỊNH MỨC BIẾN ÁP [KVA] | 630 | 800 | 1000 | 1250 | 1600 | 2000 |
|-------------------------------------|-----|------|------|------|------|------|
| usc % áp ngắn mạch phần trăm | 4% | 4,5% | 5% | 5,5% | 6% | 7% |

Một cách tổng quát **RT** << **XT**

RT điện trở nội biến áp và **XT** điện kháng nội biến áp.

Các giá trị này thực chất là **điện trở và điện kháng ngắn mạch**

Phần trăm Áp ngắn mạch được định nghĩa là:

$$u_{sc} \% = \frac{V_{nm}}{V_{\text{phadinhmuc}}} \cdot 100 = \frac{V_{nm}}{\frac{V_{\text{dây}}}{\sqrt{3}}} \cdot 100 = \frac{V_{nm} \sqrt{3}}{V_{\text{dây}}} \cdot 100$$

Suy ra Tổng trở ngắn mạch là:

$$Z_T = \frac{V_{nm}}{I_n} = \frac{u_{sc} \% \cdot V_{\text{dây}}}{100 \cdot \sqrt{3} I_n} = \frac{u_{sc} \% \cdot V_{\text{dây}}^2}{100 \cdot \sqrt{3} I_n \cdot g_n}$$

Với I_n là dòng định mức pha của biến áp, suy ra:

$$Z_T = \frac{u_{sc} \% \cdot V_{\text{dây}}^2}{100 \cdot S_n}$$

THÍ DU 1:

Cho biến áp 3 pha: **1000 KVA** , **20 KV / 410 V**
/ Y. Ước lượng phần trăm áp ngắn mạch **u_{SC}**
%, tính gần đúng **điện trở** và **điện kháng ngắn**
mạch.
GIẢI:

- Ước lượng giá trị tổng trở ngắn mạch, áp dụng quan hệ.

$$Z_T = \frac{u_{SC} \%}{100} \cdot \frac{V_{dây}^2}{S_n} = \frac{5}{100} \cdot \frac{410^2}{10^6} = 8,4 \text{ m}\Omega$$

Tính gần đúng xem như **RT = 0,2 XT** lúc đó **ZT**
XT

$$Z_T \cong X_T = 8,4 \text{ m}\Omega$$

$$R_T = 0,2 \cdot 8,4 \text{ m}\Omega = 1,68 \text{ m}\Omega$$

THÍ DU 2:

Cho biến áp 3 pha: **1000 KVA**; áp định mức **20 KV / 400 V - / Y**. Có số liệu ghi nhận như sau:

- ✚ Tổn hao không tải : $P_0 = 1470 \text{ W}$
- ✚ Tổn hao khi đầy tải : $P_{FL} = 13470 \text{ W}$
- ✚ Phần trăm dòng không tải : $I_0\% = 2,4 \%$
- ✚ Phần trăm điện áp ngắn mạch : $u_{SC}\% = 6\%$

Xác định **Tổng Trở ngắn mạch** của máy biến áp **qui về thứ cấp** lần lượt theo phương pháp tính:

Lý thuyết máy điện.

Ước lượng gần đúng vừa trình bày.

GIẢI:

PP TÍNH THEO LÝ THUYẾT MÁY ĐIỆN:

Tổn hao tạo bởi dây quấn biến áp khi dòng định mức qua dây quấn (Tổn hao trong thí nghiệm ngắn mạch), tính trên một pha.

$$P_{nm} = \frac{P_{EI} - P_o}{3 \text{ pha}} = \frac{13470 - 1470}{3} = \frac{12000}{3} = 4000 \text{ W}$$

Dòng pha thứ cấp định mức (thứ cấp đấu Y)

$$I_{2n} = \frac{S_n}{\sqrt{3} g_{\text{dây}}} = \frac{1000000}{\sqrt{3} \cdot 400} = \frac{2500}{\sqrt{3}} = 1443,375 \text{ A}$$

Thực hiện PP tính theo TN Ngắn Mạch, ta có:

🚩 Điện trở ngắn mạch (qui về thứ cấp):

$$R_T = \frac{P_{nm}}{I_{2n}^2} = \frac{4000}{1443,375^2} = 0,00192 \Omega \approx 1,92 \text{ m}\Omega$$

Suy ra áp pha ngắn mạch cấp vào mỗi pha dây quấn phía thứ cấp là:

$$V_{nm} = \frac{U_{sc} \%}{100} \cdot \frac{V_{dây}}{\sqrt{3}} = \frac{6}{100} \cdot \frac{400}{\sqrt{3}} \approx 13,856 \text{ V}$$

Tổng trở ngắn mạch của mỗi pha

$$Z_T = \frac{V_{nm}}{I_{2n}} = \frac{13,856}{1443,375} = 0,0096 \approx 9,6 \text{ m}\Omega$$

🚩 Điện Kháng ngắn mạch (qui về thứ cấp):

$$X_T = \sqrt{Z_T^2 - R_T^2} = \sqrt{9,6^2 - 1,92^2} = 9,406 \approx 9,4 \text{ m}\Omega$$

PHƯƠNG PHÁP ƯỚC LƯỢNG: (giả thiết $RT = 0,2.ZT$)

- Với $u_{SC}\% = 6\%$; Áp dây tại thứ cấp $V_{dây} = 400$ V công suất biểu kiến của biến áp $S_n = 1000$ KVA, suy ra:

$$Z_T = \frac{u_{sc}\%}{100} \cdot \frac{V_{dây}^2}{S_n} = \frac{6}{100} \cdot \frac{400^2}{10^6} = 0,0096 \Omega \approx 9,6 \text{ m}\Omega$$

- Thành phần **điện trở ngắn mạch** được xác định theo quan hệ sau:

$$R_T \approx 0,2 Z_T = 0,2 \cdot 9,6 = 1,92 \text{ m}\Omega$$

- Thành phần **điện kháng ngắn mạch** là:

$$X_T = \sqrt{Z_T^2 - R_T^2} = \sqrt{9,6^2 - 1,92^2} = 9,406 \approx 9,4 \text{ m}\Omega$$

Tổng trở ĐƯỜNG DÂY (LINE IMPEDANCE)

Tổng trở đường dây phụ thuộc các giá trị :

- Điện trở trên 1 đơn vị độ dài của dây dẫn.
- Điện kháng trên 1 đơn vị độ dài của dây dẫn.
- Tổng bề dài đoạn dây dẫn.

Theo thực hành, mạng hạ thế với tiết diện dây dẫn nhỏ hơn 150 mm² chỉ cần quan tâm đến giá trị điện trở của dây dẫn ($RL < 0,15 \text{ m} / \text{m}$ khi tiết diện dây $A > 150 \text{ mm}^2$).

Điện kháng trên 1 đơn vị độ dài dây cable hay thanh dẫn được xác định theo quan hệ sau:

$$X_L = L \cdot \omega = 15,7 + 144,44 \cdot \log \frac{d}{r}$$

Điện Trở Suất thay đổi theo Dòng Ngắn Mạch tính toán

| QUI LUẬT | ĐẶC TÍNH ĐIỆN TRỞ | ĐIỆN TRỞ SUẤT [.mm ² /m] | | DÂY DẪN TƯƠNG QUAN |
|--|-------------------|---|---------|--------------------|
| | | ĐỒNG | NHÔM | |
| DÒNG NGẮN MẠCH CỰC ĐẠI | O | 0,01851 | 0,02941 | PH - N |
| DÒNG NGẮN MẠCH CỰC TIỂU | 2=1,5. O | 0,028 | 0,044 | PH - N |
| ✚ VỚI CẦU CHÌ | 2=1,25. O | 0,023 | 0,037 | PH - N (**) |
| ✚ VỚI CB (BREAKER) | O | | | |
| DÒNG SỰ CỐ TRONG HỆ THỐNG NỐI ĐẤT TN HAY IT | 2=1,25. O | 0,023 | 0,037 | PH - N PE - PEN |
| ĐIỆN ÁP RƠI (ĐỘ SỤT ÁP) | 1=1,25. O | 0,023 | 0,037 | PH - N |
| KIỂM TRA ĐỘ BÊN NHIỆT LÚC QUÁ DÒNG TRÊN DÂY DẪN BẢO VỆ | 1=1,25. O | 0,023 | 0,037 | PH, PE và PEN |

(*) O điện trở suất tại 20oC ; bằng 0,01851 mm²/m với đồng và bằng 0,02941 mm²/m với nhôm

(**) N tiết diện dây trung tính nhỏ hơn tiết diện của dây pha.

Đơn vị X_L trong quan hệ

$$X_L = 15,7 + 144,44 \cdot \log \frac{d}{r}$$

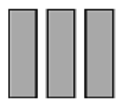


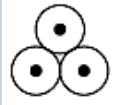

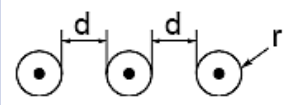
được tính theo m / km cho **mạch một pha** hay **hệ thống 3 pha bố trí dây dạng** . Trong đó:

- d [mm]: khoảng cách trung bình giữa các dây dẫn.
- r [mm]: bán kính của dây dẫn.

Với dây dẫn truyền tải, **điện kháng** gia tăng rất ít **khi thay đổi khoảng cách giữa các dây dẫn**

$$X_L = 0,3 \frac{\Omega}{\text{km}} \text{ hay } \frac{\text{m}\Omega}{\text{m}}$$

$$X_L = 0,4 \frac{\Omega}{\text{km}} \text{ hay } \frac{\text{m}\Omega}{\text{m}}$$

| Hệ thống đi dây | Thanh dẫn | cable 3 pha | cable 1 pha | | | | |
|--|---|---|--|---|---|---|--------------|
| Sơ đồ |  |  |  |  |  |  | |
| | | | | | | d = 2r | d = 4r |
| ĐIÊN KHÁNG TRÊN 1 ĐƠN VỊ ĐỘ DÀI THEO UTE C 15-105 (m /m) | | 0,08 | 0,13 | 0,08 | 0,09 | 0,13 | 0,13 |
| Điện kháng trung bình trên 1 đơn vị độ dài (m /m) | 0,15 | 0,08 | 0,15 | 0,085 | 0,095 | 0,145 | 0,19 |
| dãy giá trị Điện kháng trên 1 đơn vị độ dài (m /m) | 0,12 đến 0,18 | 0,06 đến 0,1 | 0,1 đến 0,2 | 0,08 đến 0,09 | 0,09 đến 1 | 0,14 đến 0,15 | 0,18 đến 0,2 |

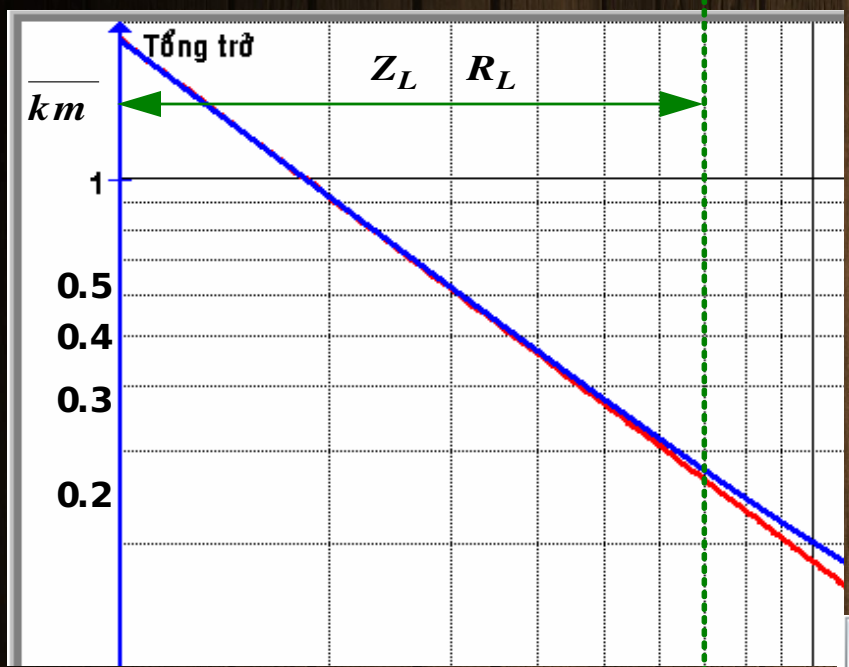
Khi tiết diện dây dẫn thay đổi, giá trị điện kháng thay đổi rất ít có thể xem là không thay đổi.

Tại nhiệt độ môi trường là 20°C, giá trị R_L theo tiết diện dây cable thỏa quan hệ:

$$R_L = \frac{\rho}{A} = \frac{0,01851 \text{ } \Omega \cdot \text{km}}{\text{A}}$$

Tổng trở đường dây dẫn đồng theo tiết diện là:

$$Z_L = \sqrt{R_L^2 + X_L^2} = \sqrt{\frac{0,01851^2}{A^2} + 0,08^2} \text{ } \Omega \cdot \text{km} = \text{mm}^2$$



X_L



Z_L

200 300 400 500

R_L

mm^2

Với kết quả nhận được trong đồ thi, rút ra các nhận xét sau:

- Với tiết diện **dây dẫn đồng nhỏ hơn 70 mm^2** , tổng trở đường dây ZL bằng điện trở RL. Với tiết diện dây thuộc phạm vi này, **điện kháng đường dây không ảnh hưởng đến tổng trở ZL.**
- Khi tiết diện **dây dẫn đồng lớn hơn 700 mm^2** , tổng trở đường dây ZL bằng điện kháng XL, hầu như không phụ thuộc giá trị RL

Tổng trở MÁY PHÁT ĐIỆN ĐỒNG BỘ

Gọi $u_{sc} \%$ là phần trăm sức điện động ngắn mạch trên dây quấn phần ứng lúc thí nghiệm ngắn mạch, ta có định nghĩa sau:

$$u_{sc} \% = \frac{E_{pSC}}{E_{pn}} \cdot 100$$

Trong đó, Z là tổng trở nội mỗi pha dây quấn máy phát đồng bộ.

$$u_{sc} = \frac{E_{pSC}}{E_{pn}} = \frac{Z I_{pn}}{E_{pn}}$$

Suy ra

$$Z = \frac{u_{sc} \%}{100} \frac{E_{pn}}{I_{pn}} = \frac{u_{sc} \%}{100} \frac{E_{pn}^2}{E_{pn} I_{pn}}$$

Gọi **Vdây** là áp dây định mức của máy phát.

Sn : công suất biểu kiến định mức của máy phát

Ta có: $S_n = 3.E_{pn}.I_{pn}$

Với: $Z = \frac{U_{sc} \%}{100} \frac{E_{pn}}{I_{pn}} = \frac{U_{sc} \%}{100} \frac{E_{pn}^2}{E_{pn} I_{pn}}$


Vì: $\frac{E_{pn}^2}{E_{pn} I_{pn}} = \frac{V_{dây}^2}{3 I_{pn}^2} = \frac{V_{dây}^2}{S_n}$

Tóm lại:


$$Z = \frac{U_{sc} \%}{100} \frac{V_{dây}^2}{S_n}$$

Với máy phát điện đồng bộ có **cấp công suất khác nhau**, tỉ số  **thay đổi** và có giá trị thấp.

Với các **máy phát điện phát trung thế (MV)**


$$= 0,05 \quad 0,1$$

Với các **máy phát điện phát hạ thế (LV)**


$$= 0,1 \quad 0,2$$

Một cách gần đúng: giá trị **tổng trở nội tính trên một pha** của máy phát chỉ **phụ thuộc vào thành phần điện kháng X**.

Các **giá trị usc tham khảo** của một số dạng **máy phát điện cực ắn** (máy phát điện dùng thủy lực – hydraulic generator) và **máy phát điện cực từ lõi** (máy phát điện dùng động cơ Diesel) trong bảng số sau.

| LOẠI MÁY PHÁT | ĐIỆN KHÁNG TIỀN QUÁ ĐỘ | ĐIỆN KHÁNG QUÁ ĐỘ | ĐIỆN KHÁNG ĐỒNG BỘ |
|---------------|------------------------|-------------------|--------------------|
| | Giai đoạn tiền quá độ. | Giai đoạn quá độ. | Chế độ xác lập |
| CỰC TỪ ẮN | 10 - 20 | 15 - 25 | 150 -230 |
| CỰC TỪ LỖI | 15 - 25 | 25 - 35 | 70 - 120 |

THÍ DU 3:

Cho máy phát điện đồng bộ có: $S_n = 1 \text{ MVA}$; áp dây định mức $V_{dây} = 20 \text{ KV}$.

Ước lượng tổng trở tương đương một pha của máy phát khi xét theo từng giai đoạn hoạt động của máy phát: giai đoạn tiền quá độ (Subtransient), giai đoạn quá độ (transient) và chế độ hoạt động xác lập. Biết máy phát đồng bộ dạng cực từ lõi (tổ máy phát Diesel)

GIAI ĐOẠN TIỀN QUÁ ĐỘ:

các thông số dùng tính toán như sau:

- ▣ $usc\% = 20$ (giá trị trung bình của dãy số cho phép).
- ▣ $S_n = 1 \text{ MVA}$.
- ▣ $V_{dây} = 20 \text{ KV}$

$$Z = \frac{u_{sc} \%}{100} \cdot \frac{V_{dây}^2}{S_n} = \frac{20}{100} \cdot \frac{20000^2}{10^6} = 80 \Omega$$

Nếu áp dụng quan hệ $\frac{R}{X} = 0,1$

$$Z = \sqrt{0,1^2 X^2 + X^2} = X \sqrt{1,01} \approx X = 80 \Omega$$

$$R = 0,1 X = 8 \Omega$$

GIAI ĐOẠN QUÁ ĐỘ:

Các thông số dùng tính toán như sau:

- $usc\% = 30$ (trị trung bình của dãy số cho phép).
- $S_n = 1 \text{ MVA}$.
- $V_{dây} = 20 \text{ KV}$

$$Z = \frac{u_{sc} \%}{100} \frac{V_{dây}^2}{S_n} = \frac{30}{100} \frac{20000^2}{10^6} = 120 \Omega$$

Nếu áp dụng quan hệ $\frac{R}{X} = 0,1$

$$Z = \sqrt{0,1^2 X^2 + X^2} = X \sqrt{1,01} \approx X = 120 \Omega$$

$$R = 0,1 X = 12 \Omega$$

CHẾ ĐỘ XÁC LẬP:

Các thông số dùng tính toán như sau:

- $u_{sc} \% = 95$ (giá trị trung bình dãy số cho phép).
- $S_n = 1 \text{ MVA}$.
- $V_{dây} = 20 \text{ KV}$

$$Z = \frac{u_{sc} \%}{100} \cdot \frac{V^2}{S_n \text{ dây}} = \frac{95}{100} \cdot \frac{200000^2}{10^6} = 380 \Omega$$

Nếu áp dụng quan hệ $\frac{R}{X} = 0,1$

$$Z = \sqrt{0,1^2 X^2 + X^2} = X \sqrt{1,01} \approx X = 380 \Omega$$

$$R = 0,1 X = 38 \Omega$$

TỔNG TRỞ ĐỘNG CƠ KHÔNG ĐỒNG BỘ 3 PHA

- ✚ Khi một động cơ không đồng bộ được ngắt mạch trong lúc đang hoạt động, giữa các đầu dây stator duy trì điện áp tức thời và mất đi sau khoảng thời gian vài phần trăm của giây.
- ✚ Khi ngắn mạch ngang qua các đầu dây quấn stator, động cơ hình thành dòng ngắn mạch qua dây quấn và mất đi rất nhanh sau đó. Thời gian tồn tại dòng ngắn mạch trong dây quấn phụ thuộc vào thời hằng của mạch. Tham khảo một vài giá trị thời hằng sau đây.

- ✦ Với động cơ **rotor lồng sóc đơn** có **công suất dưới 100 KW**, thời hằng là 20 ms.
- ✦ Với động cơ **rotor lồng sóc kép** cấp **công suất trên 100 KW**, thời hằng là 30 ms.
- ✦ Với động cơ **cấp nguồn cao áp, rotor dây quấn**, có **công suất đến 1000 KW**, hằng số thời gian 30 ms đến 100 ms.

Trong quá trình tính toán ngắn mạch, có thể xem động cơ cảm ứng như là một máy phát điện có **tổng trở nội xác định theo chế độ tiền quá độ** (subtransient) lúc đó giá trị **điện áp ngắn mạch uSC%** trong phạm vi từ **20% đến 25%**.

Gọi Z là tổng trở nội của một pha dây quấn stator động cơ cảm ứng (giá trị này là tổng trở ngắn mạch của động cơ khi thực hiện thí nghiệm ngắn mạch).

Gọi S_n là công suất điện biểu kiến định mức cung cấp vào động cơ lúc đầy tải và $V_{\text{dây}}$ là áp dây nguồn 3 pha cấp vào động cơ, ta có:

$$Z = \frac{U_{sc} \%}{100} \frac{V_{\text{dây}}^2}{S_n}$$

$$S_n = \frac{P_n}{\eta_n \cos \varphi_n}$$

Trong tài liệu này đề nghị phương pháp tính gần đúng điện trở nội của một pha dây quấn theo quan hệ sau:

$$R \cong 2gK$$

THÍ DU 4:

Cho động cơ cảm ứng 3 pha có công suất định mức $P_n = 50\text{KW}$, hiệu suất $\eta = 90\%$; hệ số công suất $\cos \varphi_n = 0,8$.

Áp dây định mức 380 V ; $u_{SC}\% = 25\%$.

Tìm tổng trở nội 1 pha dây quấn của động cơ.

GIẢI:

Công suất điện biểu kiến cấp vào động cơ lúc đầy tải:

$$S_n = \frac{P_n}{\eta_n \cos \varphi_n} = \frac{50000}{0,9 \cdot 0,8} \approx 69444 \text{ [VA]}$$

• Tổng trở nội của mỗi pha dây quấn stator :

$$Z = \frac{u_{sc} \%}{100} \cdot \frac{V^2}{S_n} = 0,25 \cdot \frac{380^2}{69444} = 0,5198 \approx 0,52 \Omega$$

Điện trở nội của một pha dây quấn

$$R \approx \frac{Z}{5,1} = \frac{0,52}{5,1} = 0,102 \Omega$$

Điện kháng nội của một pha dây quấn

$$X \approx \frac{Z}{1,02} = \frac{0,52}{1,02} = 0,5098 \approx 0,51 \Omega$$

KHÍ CỤ DÙNG ĐÓNG NGẮT MẠCH ĐIỆN:

- ✚ Đối với các khí cụ điện dùng đóng ngắt mạch điện (CB, contactor có cuộn dây thời từ dập hồ quang, relay nhiệt nung nóng trực tiếp. .), cần chú ý đến giá trị tổng trở khi tính toán dòng ngắn mạch.
- ✚ Với CB (hay MCCB) dùng trong lưới hạ thế, điện kháng có giá trị tiêu chuẩn là 0,15 m và bỏ qua giá trị điện trở nội của chúng.
- ✚ Với các khí cụ ngắt mạch, cần phân biệt giá trị điện kháng vì các điện kháng của khí cụ phụ thuộc vào tốc độ đóng ngắt của chúng.

THÍ DU 5:



MẠCH ĐIỆN PHÍA TRÊN $U_1 = 20 \text{ KV}$; $SSC = 500 \text{ MVA}$
ĐOẠN DÂY DẪN PHÍA TRÊN: 3 dây cable đồng, 50 mm^2
Bề dài dây 2 Km

MÁY BIẾN ÁP 1000 KVA Thứ cấp $220 / 380 \text{ V}$ $usc = 5\%$

TỦ ĐỘNG LỰC HẠ ÁP 3 BUSBAR Đồng $400 \text{ m}^2/\text{pha}$ dài

10 m
OLE
B

ĐOẠN CABLE 1 cable đơn nhôm $400 \text{ m}^2/\text{pha}$ dài 80 m
Bố trí trong không khí đặt nằm ngang trên mặt phẳng.

ĐOẠN CABLE 2

cable đơn đồng $35 \text{ m}^2/\text{pha}$ Bề dài 30 m

03 ĐỘNG CƠ ĐIỆN mỗi động cơ 50 KW
Hiệu suất 90% Hệ số công suất $0,8$; $usc = 25\%$

TÍNH TỔNG TRỞ MẠCH PHÍA TRÊN:

- Công Suất Biểu Kiến Ngắn Mạch của mạch phía trên (Upstream) $S_{sc} = 500 \text{ MVA}$
- Áp định mức phía trên $V = 20 \text{ kV}$
- Tổng trở ngắn mạch đoạn dây phía trên là:

$$Z_{up} = \frac{V^2}{S_{sc}} = \frac{20^2 \cdot 10^3}{500 \cdot 10^6} = 0,8 \Omega$$

Tại cấp điện áp 20 KV:

$$R_{up} = 0,2 \Omega$$

$$R_{up} = 0,2 \cdot 0,8 = 0,16 \Omega$$

$$X_{up} = \sqrt{Z_{up}^2 - R_{up}^2} = \sqrt{0,8^2 - 0,16^2} \approx 0,784 \Omega$$

ĐOẠN DÂY DẪN PHÍA TRÊN: 3 dây cable đồng,
50 mm² Bề dài dây 2 Km

$$X_L = 0,4 \frac{\Omega}{\text{km}} \text{ hay } \frac{\text{m}\Omega}{\text{m}} \text{ và } R_L = 0,4 \frac{\Omega}{\text{km}} \text{ hay } \frac{\text{m}\Omega}{\text{m}}$$

$$\rho_{\text{Cu}} = 0,01851 \frac{\Omega \cdot \text{mm}^2}{\text{m}}$$

☛ Tổng trở dây dẫn phía trên (Overhead line) là:

$$X_{\text{Co}} = 0,4 \cdot 2 = 0,8 \Omega$$

$$R_{\text{Co}} = \frac{0,01851 \cdot 2000}{50} \approx 0,74 \Omega$$

$$R_{up} = 0,16$$

$$X_{up} = 0,784$$

$$R_{co} = 0,74$$

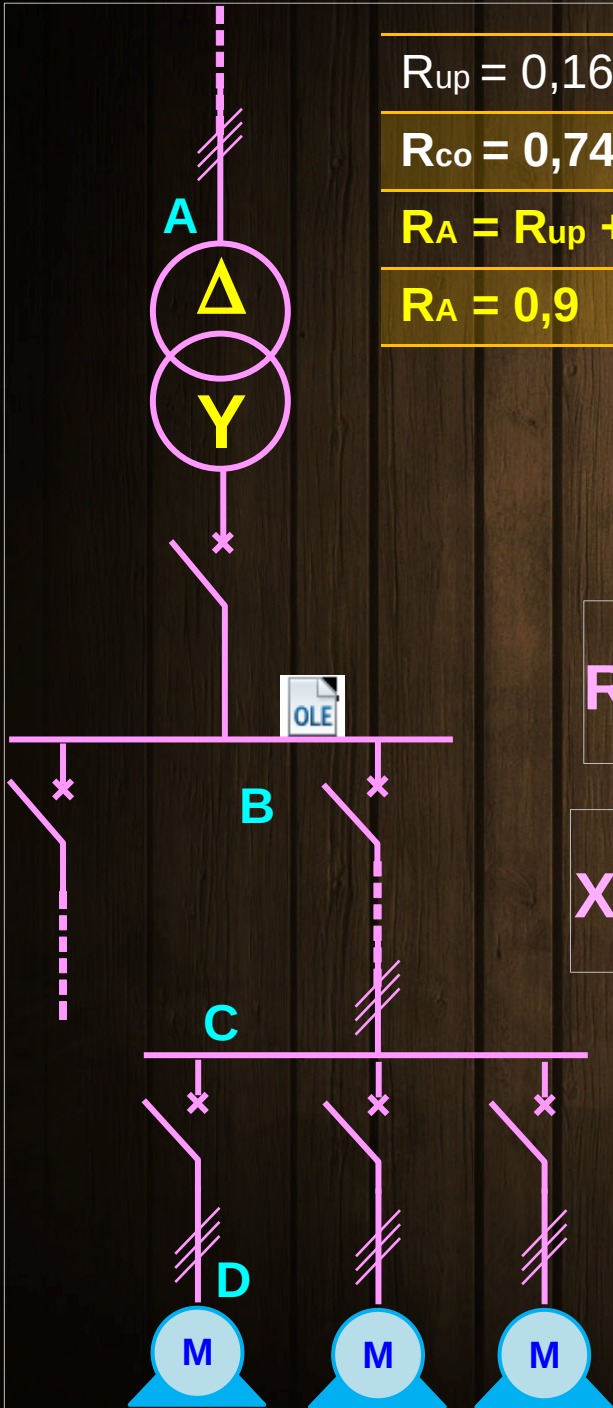
$$X_{co} = 0,74$$

$$R_A = R_{up} + R_{co}$$

$$X_A = X_{up} + X_{co}$$

$$R_A = 0,9$$

$$X_A = 1,524$$



QUI ĐỔI TỔNG TRỞ TẠI A VỀ THỨ CẤP BIẾN ÁP

$$R_A = R_A \frac{380^2}{20000} = 0,69 \frac{380^2}{20000} \cong 0,325 \text{ m}\Omega$$

$$X_A = X_A \frac{380^2}{20000} = 1,49 \frac{380^2}{20000} \cong 0,55 \text{ m}\Omega$$

TỔNG TRỞ NGẮN MẠCH BIẾN ÁP QUI VỀ THỨ CẤP:

☛ Công Suất Biểu Kiến $S = 1000 \text{ kVA}$

☛ Áp định mức thứ cấp $V_2 = 380 \text{ V}$

☛ Phần trăm áp ngắn mạch $u_{sc} \% = 5 \%$

$$Z_T = \frac{u_{sc} \% \cdot V_2^2}{100 \cdot S_n} = \frac{5 \cdot 380^2}{100 \cdot 10^6} = 7,22 \text{ m}\Omega$$

☛ Thành phần điện trở ngắn mạch $R_T \approx 0,29 \text{ g}\Omega_T$

$$Z_T = \sqrt{R_T^2 + X_T^2} = \sqrt{0,04 \text{ g}\Omega_T^2} = 1,0198 \text{ g}\Omega_T$$

☛ Thành phần điện kháng ngắn mạch là:

$$X_T = \frac{Z_T}{1,0198} = \frac{7,22}{1,0198} \approx 7,08 \text{ m}\Omega$$

$$R_T \approx 0,29 \cdot 7,08 \approx 1,42 \text{ m}\Omega$$

TỔNG TRỞ BUSBAR CẤP ĐẾN TỦ ĐỘNG LỰC

- Tiết diện mỗi bus bar **400 m²/pha**
- Bề dài **10 m**
- Thành phần Điện Kháng của busbar

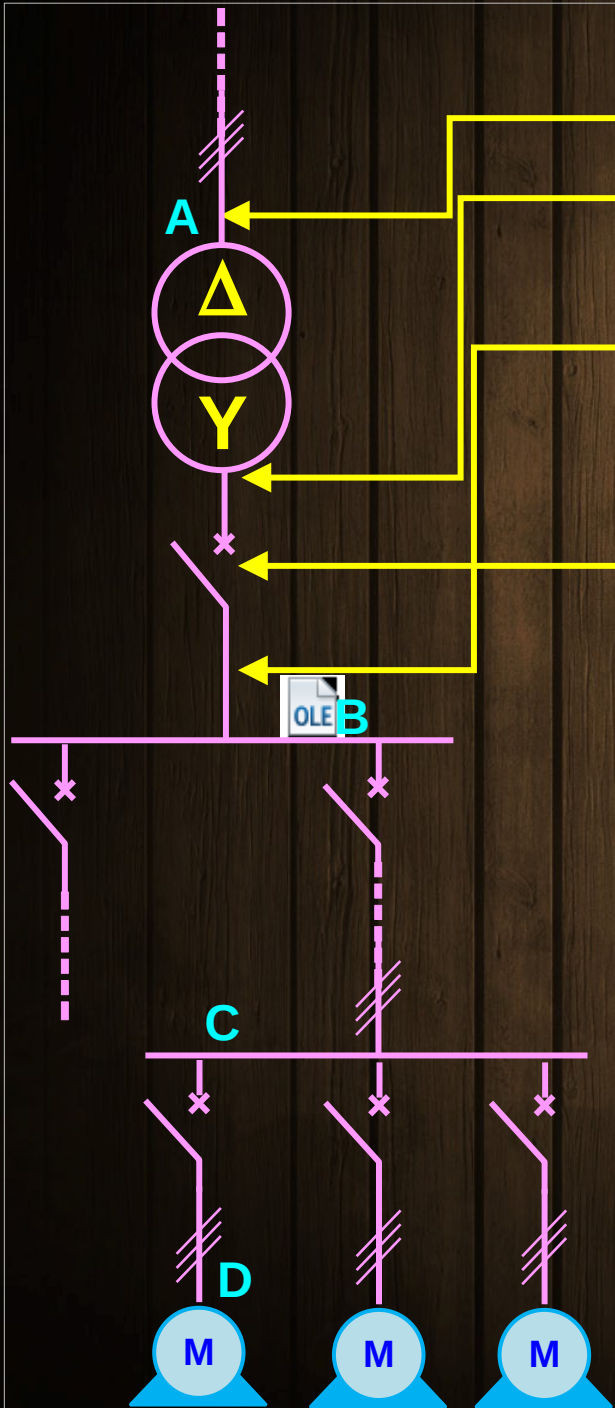
$$X_b = 0,15 \cdot 10 = 1,5 \text{ m}\Omega$$

- Thành phần Điện Trở của busbar

$$\rho_{\text{Cu}} = 0,023 \frac{\Omega \cdot \text{mm}^2}{\text{m}}$$

$$R_b = 0,023 \cdot \frac{10}{400} = 0,575 \text{ m}\Omega$$

| HỆ THỐNG ĐI DÂY | THANH DẪN | CABLE 3 PHA |
|--|---|---|
| <u>SƠ ĐỒ</u> |  |  |
| ĐIỆN KHÁNG TRÊN 1 ĐƠN VỊ ĐỘ DÀI THEO UTE C 15-105 (mΩ/m) | | 0,08 |
| <u>ĐIỆN KHÁNG TRUNG BÌNH TRÊN 1 ĐƠN VỊ ĐỘ DÀI (mΩ/m)</u> | 0,15 | 0,08 |
| GIÁ | | 0,06 |



$$R'_A = 0,325 \text{ m}$$

$$X'_A = 0,55 \text{ m}$$

$$R_T = 1,42 \text{ m}$$

$$X_T = 7,08 \text{ m}$$

$$X_{CB} = 0,15 \text{ m}$$

$$R_b = 0,575 \text{ m}$$

$$X_b = 1,5 \text{ m}$$

$$R_B = R'_A + R_T + R_b$$

$$X_B = X'_A + X_T + X_{CB} + X_b$$

$$R_B = 2,32 \text{ m}$$

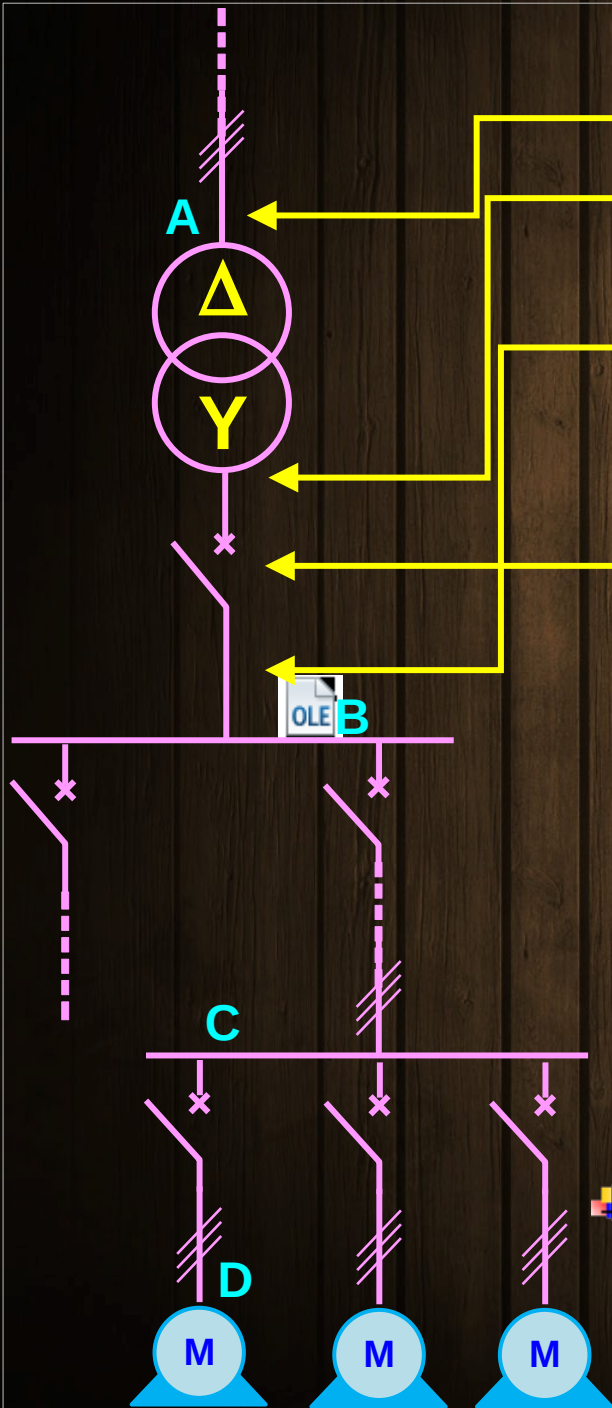
$$X_B = 9,28 \text{ m}$$

🔧 Tổng trở ngắn mạch tại B

$$Z_B = \sqrt{R_B^2 + X_B^2} = \sqrt{2,32^2 + 9,28^2} = 9,5656 \Omega$$

🔧 Dòng ngắn mạch hiệu dụng tại B

$$I_{SCB} = \frac{V_d}{\sqrt{3} Z_B} = \frac{380}{\sqrt{3} \cdot 9,5656 \cdot 10^{-3}} \approx 22936 \text{ A}$$



$$R'_A = 0,325 \text{ m}$$

$$X'_A = 0,55 \text{ m}$$

$$R_T = 1,42 \text{ m}$$

$$X_T = 7,08 \text{ m}$$

$$X_{CB} = 0,15 \text{ m}$$

$$R_b = 0,575 \text{ m}$$

$$X_b = 1,5 \text{ m}$$

$$R_B = R'_A + R_T + R_b$$

$$X_B = X'_A + X_T + X_{CB} + X_b$$

$$R_B = 2,32 \text{ m}$$

$$X_B = 9,28 \text{ m}$$

■ Dòng ngắn mạch hiệu dụng tại B

$$I_{SCB} = \frac{V_d}{\sqrt{3g_B}} = \frac{380}{\sqrt{3 \cdot 5,656 \cdot 10^{-3}}} \cong 22936 \text{ A}$$




■ Tỷ số: $\frac{R_B}{X_B} = \frac{2,32}{9,28} = 0,25$ $K_i = 1,4829$

■ Dòng ngắn mạch đỉnh $I_{PB} = K_i \sqrt{2} I_{SCB}$

$$I_{PB} = 1,4829 \sqrt{2} \cdot 22936 = 48100 \text{ A}$$

TỔNG TRỞ ĐOẠN DÂY CABLE 1 TỪ B ĐẾN C

- Tiết diện mỗi dây cable nhôm đơn **400 m²/pha.**
- Bề dài **80 m**
- Thành phần Điện Kháng dây cable

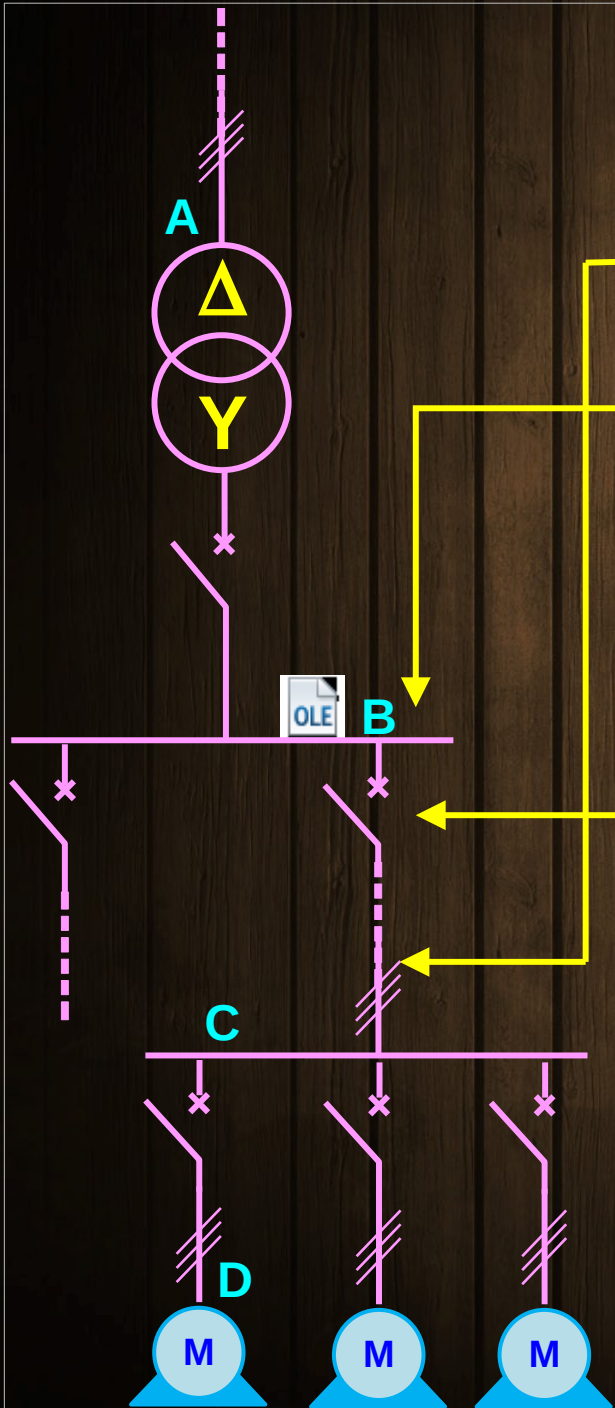
| HỆ THỐNG ĐI DÂY | THANH DẪN | CABLE 3 PHA | |
|--|---|---|---|
| <u>SƠ ĐỒ</u> |  |  |  |
| ĐIỆN KHÁNG TRÊN 1 ĐƠN VỊ ĐỘ DÀI THEO UTE C 15-105 (mΩ/m) | | 0,08 | 0,13 |
| <u>ĐIỆN KHÁNG TRUNG BÌNH TRÊN 1 ĐƠN VỊ ĐỘ DÀI</u> (mΩ/m) | 0,15 | 0,08 | 0,15 |

$$X_{c1} = 0,15 \cdot 80 = 12 \text{ m}\Omega$$

- Thành phần Điện Trở của dây cable nhôm

$$\rho_{Al} = 0,037 \frac{\Omega \cdot \text{m}}{\text{m}^2}$$

$$R_{c1} = 0,037 \cdot \frac{80}{400} = 7,4 \text{ m}\Omega$$



$$R_B = 3,245 \text{ m}$$

$$X_B = 8,355 \text{ m}$$

$$X_{CB} = 0,15 \text{ m}$$

$$R_{C1} = 7,4 \text{ m}$$

$$X_{C1} = 12 \text{ m}$$

$$R_C = R_B + R_{C1}$$

$$X_C = X_B + X_{CB} + X_{C1}$$

$$R_C = 10,645 \text{ m}$$

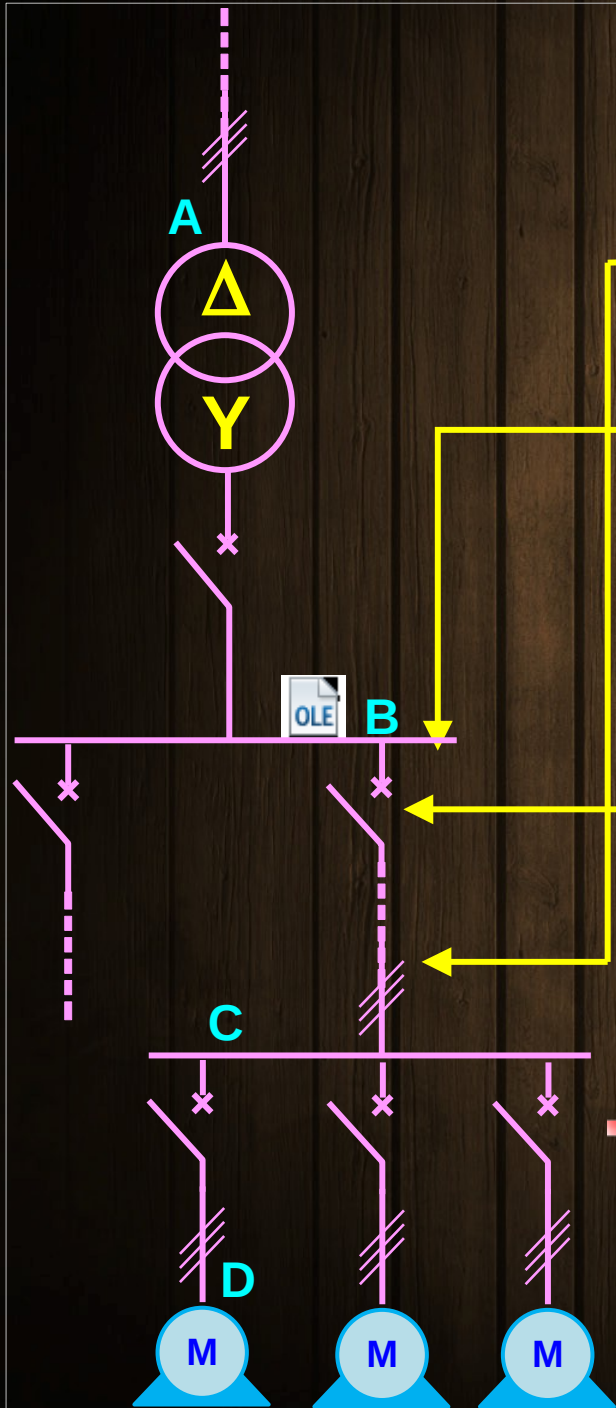
$$X_C = 20,505 \text{ m}$$

■ Tổng trở ngắn mạch tại C

$$Z_C = \sqrt{R_C^2 + X_C^2} = \sqrt{10,65^2 + 20,51^2} = 23,1 \text{ m}\Omega$$

■ Dòng ngắn mạch hiệu dụng tại C

$$I_{SCC} = \frac{V_d}{\sqrt{3} Z_C} = \frac{380}{\sqrt{3} \cdot 23,1 \cdot 10^{-3}} \cong 9498 \text{ A}$$



$$R_B = 3,245 \text{ m}$$

$$X_B = 8,355 \text{ m}$$

$$X_{CB} = 0,15 \text{ m}$$

$$R_{C1} = 7,4 \text{ m}$$

$$X_{C1} = 12 \text{ m}$$

$$R_C = R_B + R_{C1}$$

$$X_C = X_B + X_{CB} + X_{C1}$$

$$R_C = 10,645 \text{ m}$$

$$X_C = 20,505 \text{ m}$$

■ Dòng ngắn mạch hiệu dụng tại C

$$I_{SCC} = \frac{V_d}{\sqrt{3g_C}} = \frac{380}{\sqrt{3 \cdot 3,1 \cdot 10^{-3}}} \approx 9498 \text{ A}$$

■ Tỷ số: $\frac{R_C}{X_C} = \frac{10,645}{20,505} \approx 0,52$ $K_i = 1,2259$

■ Dòng ngắn mạch đỉnh $I_{PC} = K_i \sqrt{2} I_{SCC}$





$$I_{PC} = 1,2259 \sqrt{2} \cdot 9498 = 16467 \text{ A}$$

TỔNG TRỞ ĐOẠN DÂY CABLE 2 TỪ C ĐẾN D

🚧 Tiết diện mỗi dây cable đồng đơn **35 m²/pha.**

🚧 Bề dài **30 m**

🚧 Thành phần Điện Kháng dây cable

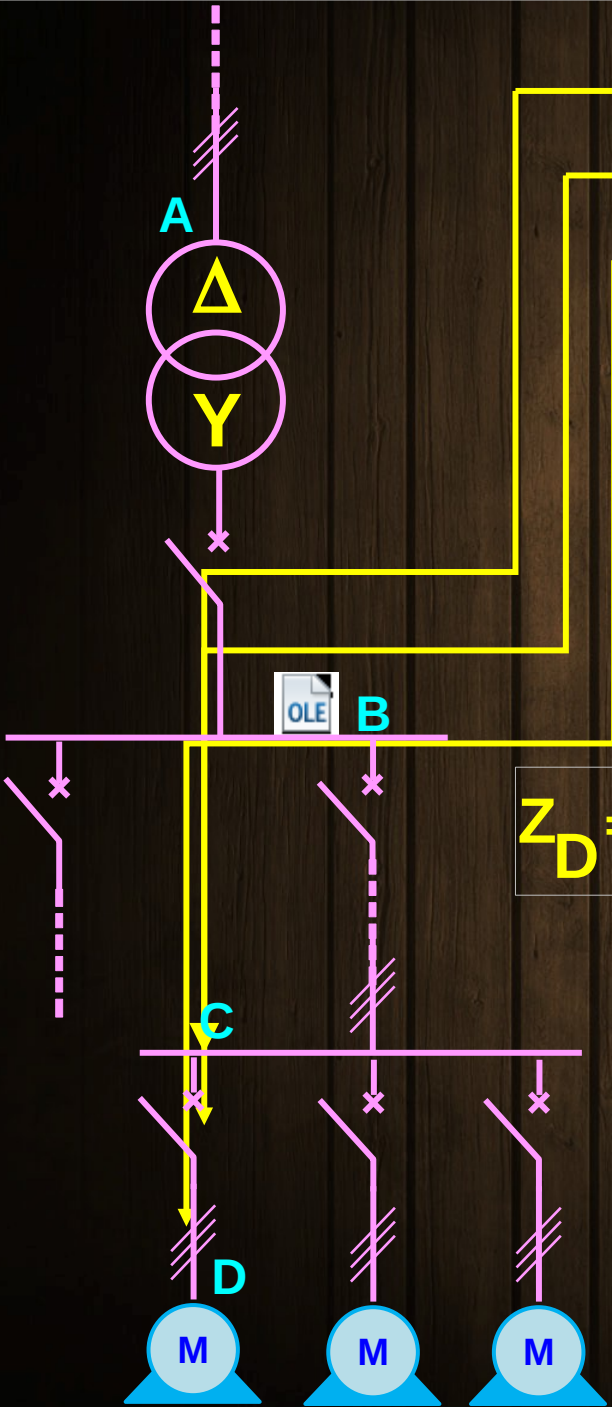
| HỆ THỐNG ĐI DÂY | THANH DẪN | CABLE 3 PHA | CABLE | |
|--|---|---|---|---|
| <u>SƠ ĐỒ</u> |  |  |  |  |
| ĐIÊN KHÁNG TRÊN 1 ĐƠN VỊ ĐỘ DÀI THEO UTE C 15-105 (mΩ/m) | | 0,08 | 0,13 | 0,08 |
| <u>ĐIÊN KHÁNG TRUNG BÌNH TRÊN 1 ĐƠN VỊ ĐỘ DÀI</u> (mΩ/m) | 0,15 | 0,08 | 0,15 | 0,085 |

$$X_{c2} = 0,085 \times 30 = 2,55 \text{ m}\Omega$$

🚧 Thành phần Điện Trở của dây cable đồng

$$\rho_{Cu} = 0,023 \frac{\Omega \cdot \text{mm}^2}{\text{m}}$$

$$R_{c2} = 0,023 \times \frac{30}{35} = 19,7 \text{ m}\Omega$$



$$R_c = 10,645 \text{ m}$$

$$X_c = 20,505 \text{ m}$$

$$X_{CB} = 0,15 \text{ m}$$

$$R_{c2} = 19,7 \text{ m}$$

$$X_{c1} = 2,55 \text{ m}$$

$$R_D = R_c + R_{c2}$$

$$X_D = X_c + X_{CB} + X_{c2}$$

$$R_D = 30,345 \text{ m}$$

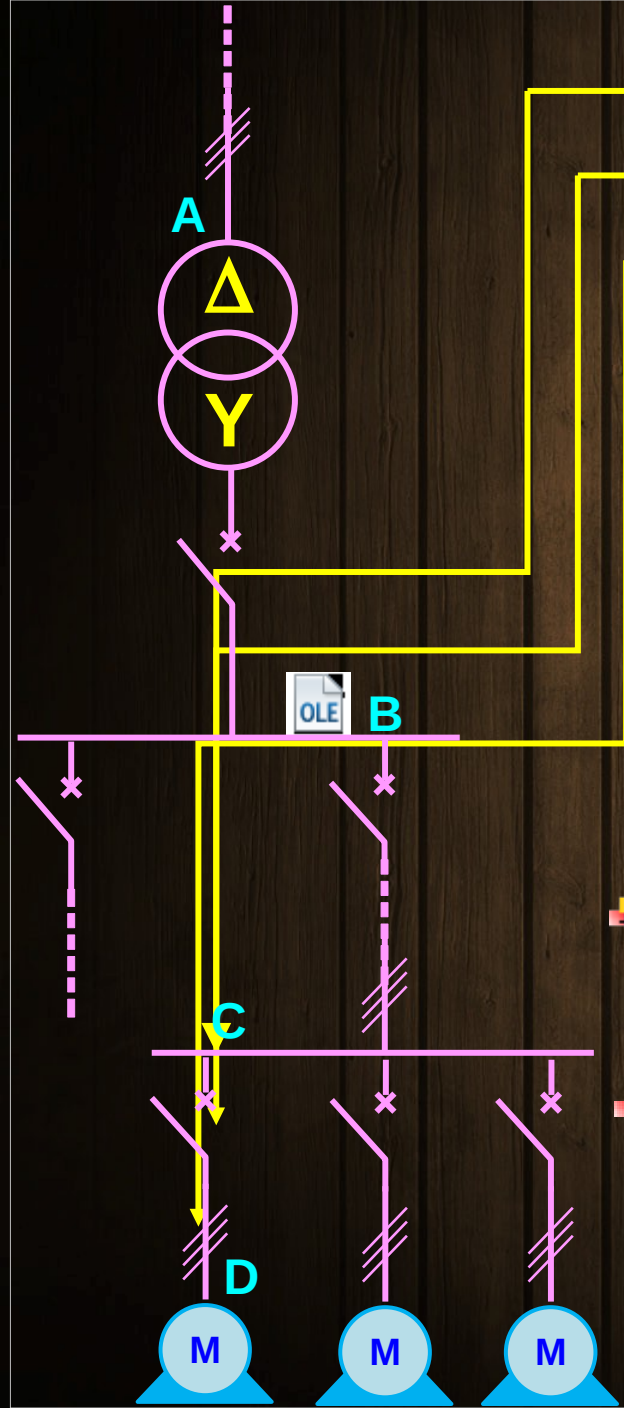
$$X_D = 22,905 \text{ m}$$

▣ Tổng trở ngắn mạch tại D

$$Z_D = \sqrt{R_D^2 + X_D^2} = \sqrt{30,345^2 + 22,905^2} = 38,02 \text{ m}\Omega$$

▣ Dòng ngắn mạch hiệu dụng tại D

$$I_{SCD} = \frac{V_d}{\sqrt{3} Z_D} = \frac{380}{\sqrt{3} \cdot 38,02 \cdot 10^{-3}} \approx 5770 \text{ A}$$



$$R_c = 10,645 \text{ m}$$

$$X_c = 20,505 \text{ m}$$

$$X_{CB} = 0,15 \text{ m}$$

$$R_{c2} = 19,7 \text{ m}$$

$$X_{c1} = 2,55 \text{ m}$$

$$R_D = R_c + R_{c2}$$

$$X_D = X_c + X_{CB} + X_{c2}$$

$$R_D = 30,345 \text{ m}$$

$$X_c = 22,905 \text{ m}$$

➤ Dòng ngắn mạch hiệu dụng tại D

$$I_{SCD} = \frac{V_d}{\sqrt{3} Z_D} = \frac{380}{\sqrt{3} \cdot 0,22905 \cdot 10^{-3}} \cong 5770 \text{ A}$$

➤ Tỷ số: $\frac{R_D}{X_D} = \frac{30,345}{22,905} \cong 1,32 \quad K_i = 1,0387$

➤ Dòng ngắn mạch đỉnh $I_{PD} = K_i \sqrt{2} I_{SCD}$

$$I_{PD} = 1,0387 \sqrt{2} \cdot 5770 \cong 8476 \text{ A}$$

TỔNG TRỞ NGẮN MẠCH ĐỘNG CƠ:

▣ Công Suất Cơ Định Mức $P_n = 50 \text{ kW}$

▣ Áp định mức $V_n = 380 \text{ V}$

▣ Hiệu suất định mức $= 0,9$; Hệ số công suất $= 0,8$

▣ Phần trăm áp ngắn mạch $u_{sc} \% = 25 \%$

Gọi S_n là công suất điện biểu kiến định mức cấp vào động cơ lúc đầy tải

$$S_n = \frac{P_n}{\eta_n \cos \varphi_n} = \frac{50000}{0,9 \cdot 0,8} = 69444,44 \text{ VA}$$

▣ Tổng trở nội của mỗi pha dây quấn stator :

$$Z = \frac{u_{sc} \%}{100} \cdot \frac{V_n^2}{S_n} = 0,25 \cdot \frac{380^2}{69444,44} = 0,51984 \approx 0,52 \Omega$$

Thành phần nội trở của pha dây quấn là: $R \cong 0,2gK$

$$Z = \sqrt{R^2 + X^2} = \sqrt{0,2gK^2 + X^2} = 1,0198gK$$

Thành phần Điện Kháng của pha dây quấn là:

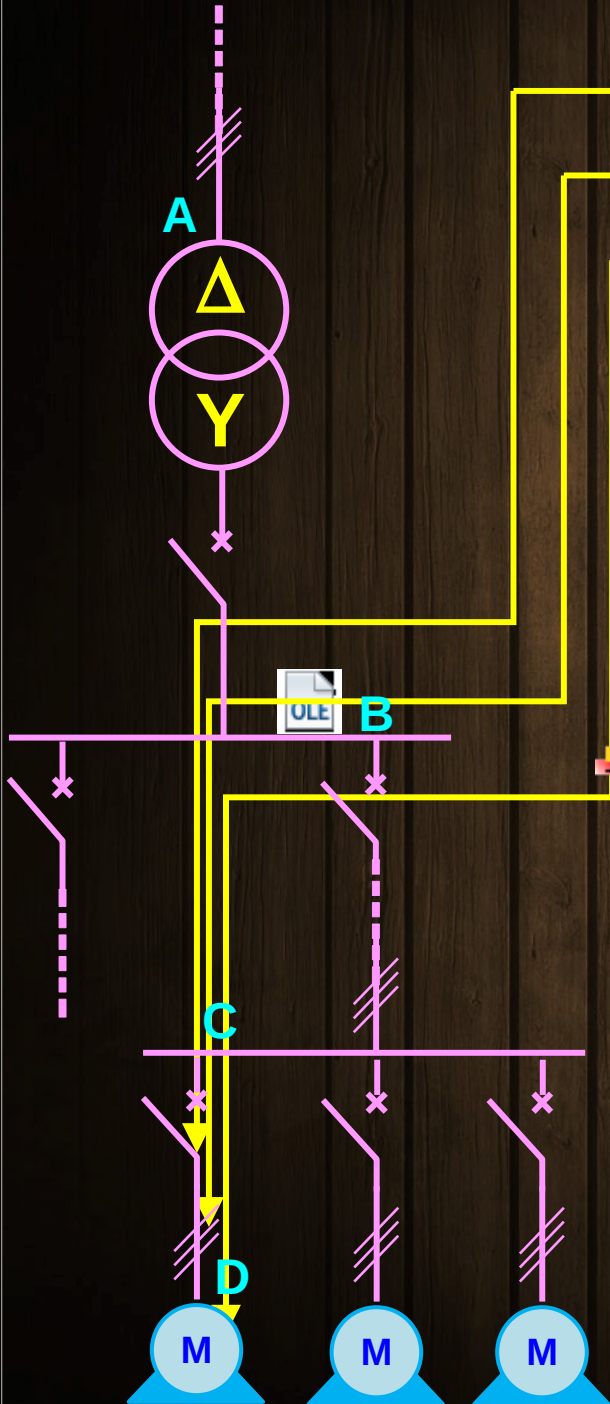
$$X = \frac{Z}{1,0198} = \frac{0,52}{1,0198} = 0,5099 \cong 0,51 \Omega$$

$$R \cong 0,2gK = 0,2g \cdot 0,51 = 0,102 \Omega$$

Tóm lại thành phần Tổng Trở pha của động cơ là:

$$X_m = 0,51 \Omega = 510 \text{ m}\Omega$$

$$R_m = 0,102 \Omega = 102 \text{ m}\Omega$$



| | |
|----------------------------|----------------------------|
| | $X_{CB} = 0,15 \text{ m}$ |
| $R_{c2} = 19,7 \text{ m}$ | $X_{c1} = 2,55 \text{ m}$ |
| $R_m = 102 \text{ m}$ | $X_m = 510 \text{ m}$ |
| $R_{1m} = 121,7 \text{ m}$ | $X_{1m} = 512,7 \text{ m}$ |

■ Tổng trở ngắn mạch trên 1 mạch động cơ


$$Z_{1m} = \sqrt{121,7^2 + 512,7^2} = 526,946 \text{ m}\Omega$$

■ Dòng ngắn mạch hiệu dụng tạo bởi một động cơ tại C

$$I_{SC1m} = \frac{V_d}{\sqrt{3} Z_{1m}} = \frac{380}{\sqrt{3} \cdot 526,946 \cdot 10^{-3}} \cong 416,35 \text{ A}$$

■ Dòng ngắn mạch hiệu dụng tạo bởi 3 động cơ tại C

$$I_{SC3m} = 3 I_{SC1m} = 3 \cdot 416,35 = 1249 \text{ A}$$


 Tỷ số: $\frac{R_{1m}}{X_{1m}} = \frac{1217}{512,7} \approx 0,24 \quad K_i = 1,497$


 Dòng ngắn mạch đỉnh tạo bởi 3 động cơ tại C

$$I_{PC3m} = K_i \sqrt{2} g_{SC3m}$$

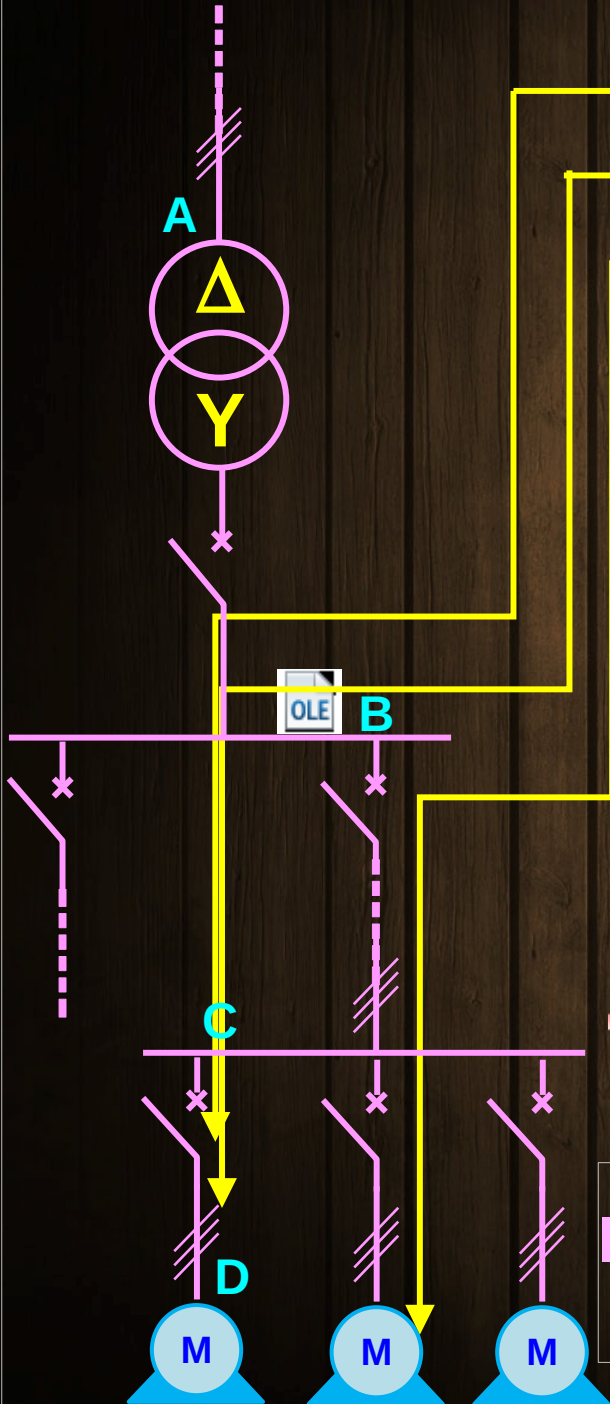
$$I_{PC3m} = 1,497 \sqrt{2} \cdot 1249 \approx 2644 \text{ A}$$


 Dòng ngắn mạch đỉnh tại C do nguồn điện lưới

$$I_{PC} = 1,2259 \sqrt{2} \cdot 498 = 16467 \text{ A}$$


 Dòng ngắn mạch đỉnh tổng tại C

$$I_{\Sigma PC} = I_{PC3m} + I_{PC} = 2644 + 16467 = 19111 \text{ A}$$



| | |
|----------------------------|----------------------------|
| | $X_{CB} = 0,15 \text{ m}$ |
| $R_{c2} = 19,7 \text{ m}$ | $X_{c1} = 2,55 \text{ m}$ |
| $R_m = 102 \text{ m}$ | $X_m = 510 \text{ m}$ |
| $R_{1m} = 121,7 \text{ m}$ | $X_{1m} = 512,7 \text{ m}$ |


■ Tổng trở ngắn mạch trên mạch tương đương do 2 động cơ tạo ra

$$Z_{td} = \sqrt{\frac{121,7^2}{2} + 19,7^2 + \frac{512,7^2}{2} + 2,7^2}$$

$$Z_{td} = 271,284 \text{ m}\Omega$$

■ Dòng ngắn mạch hiệu dụng tạo bởi 2 động cơ tại D

$$I_{SD2m} = \frac{V_d}{\sqrt{3} Z_{td}} = \frac{380}{\sqrt{3} \cdot 271,284 \cdot 10^{-3}} \cong 808,72 \text{ A}$$

 **Tỉ số:**
$$\frac{R_{td}}{Z_{td}} = \frac{\frac{1217}{2} + 19,7}{\frac{512,7}{2} + 2,7} = \frac{80,55}{259,05} \cong 0,31 \quad K_i = 1,4067$$

 **Dòng ngắn mạch đỉnh tạo bởi 2 động cơ tại D**

$$I_{PD2m} = K_i \sqrt{2} g_{SC2m}$$

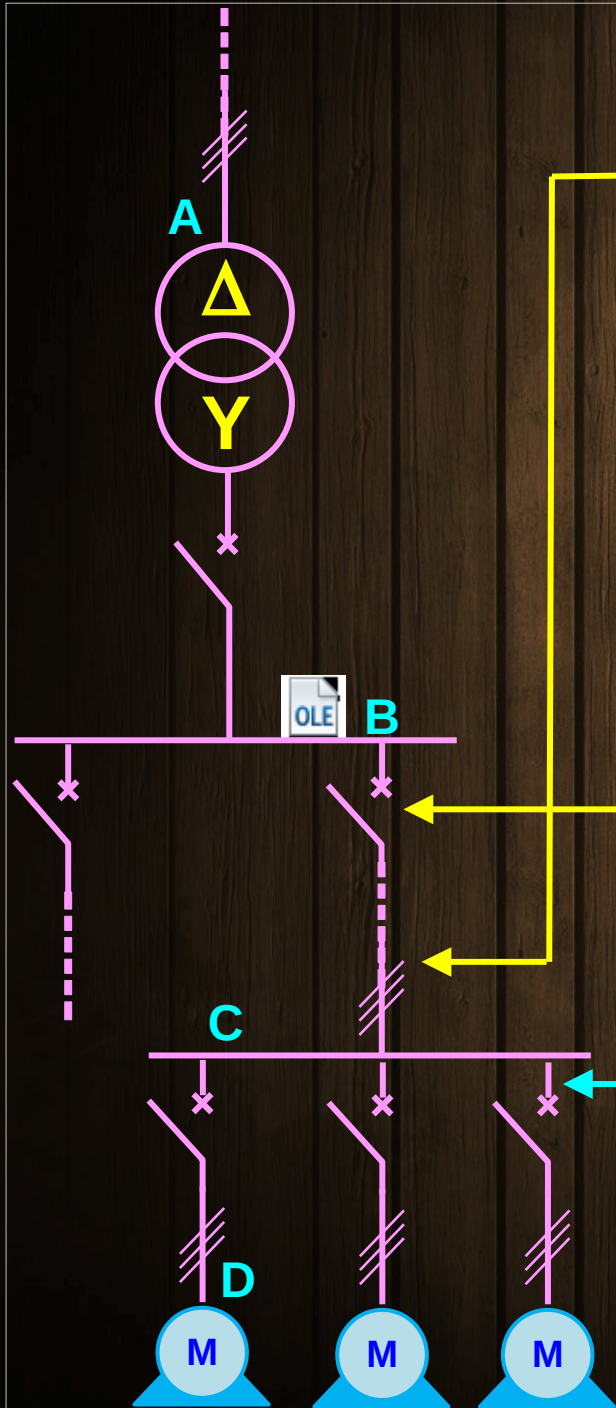
$$I_{PD2m} = 1,4067 \sqrt{2} \cdot 808,72 \cong 1609 \text{ A}$$

 **Dòng ngắn mạch đỉnh tại D do nguồn điện lưới**


$$I_{PD} = 1,0387 \sqrt{2} \cdot 815770 \cong 8476 \text{ A}$$

 **Dòng ngắn mạch đỉnh tổng tại D**

$$I_{\Sigma PD} = I_{PD2m} + I_{PD} = 1609 + 8476 = 10085 \text{ A}$$




| | |
|----------------------------|----------------------------|
| | $X_{CB} = 0,15 \text{ m}$ |
| $R_{c1} = 7,4 \text{ m}$ | $X_{c1} = 12 \text{ m}$ |
| | $X_{CB} = 0,15 \text{ m}$ |
| $R_{c2} = 19,7 \text{ m}$ | $X_{c1} = 2,55 \text{ m}$ |
| $R_m = 102 \text{ m}$ | $X_m = 510 \text{ m}$ |
| $R_{1m} = 121,7 \text{ m}$ | $X_{1m} = 512,7 \text{ m}$ |

 Tổng trở ngắn mạch trên mạch tương đương do 3 động cơ tạo ra

$$Z_{td} = \sqrt{\frac{121,7^2}{3} + 7,4^2 + \frac{512,7^2}{3} + 12,15^2}$$

$$Z_{td} = 189,23 \text{ m}\Omega$$

 Dòng ngắn mạch hiệu dụng tạo bởi 3 động cơ tại B

$$I_{SB3m} = \frac{V_d}{\sqrt{3} Z_{td}} = \frac{380}{\sqrt{3} \cdot 189,23 \cdot 10^{-3}} \approx 1159 \text{ A}$$

🏗️ Tỷ số:

$$\frac{R_{td}}{Z_{td}} = \frac{\frac{121,7}{3} + 7,4}{\frac{512,7}{3} + 12,15} \approx 0,26 \quad K_i = 1,4692$$

🏗️ Dòng ngắn mạch đỉnh tạo bởi 3 động cơ tại B

$$I_{PB3m} = K_i \sqrt{2} g_{SB3m}$$

$$I_{PB3m} = 1,4692 \sqrt{2} g_{159} \approx 2408 \text{ A}$$

🏗️ Dòng ngắn mạch đỉnh tại B do nguồn điện lưới

$$I_{PB} = 1,4829 \sqrt{2} g_{2936} = 48100 \text{ A}$$

🏗️ Dòng ngắn mạch đỉnh tổng tại B

$$I_{\Sigma PB} = I_{PB3m} + I_{PB} = 2408 + 48100 = 50508 \text{ A}$$

| | | | | |
|-----------------|--------------|--------------|-------------|-------------|
| Vị trí B | 22936 | 48100 | 1159 | 2408 |
|-----------------|--------------|--------------|-------------|-------------|

| | | | | |
|-----------------|-------------|--------------|-------------|-------------|
| Vị trí C | 9498 | 16467 | 1249 | 2644 |
|-----------------|-------------|--------------|-------------|-------------|

| | | | | |
|-----------------|-------------|-------------|------------|-------------|
| Vị trí D | 5770 | 8476 | 809 | 1609 |
|-----------------|-------------|-------------|------------|-------------|