

ĐẠI HỌC BÁCH KHOA HÀ NỘI

NGẮN MẠCH TRONG HỆ THỐNG ĐIỆN

LÊ KIM HÙNG

Chương 1: KHÁI NIỆM VỀ QUÁ TRÌNH QUÁ ĐỘ ĐIỆN TỬ

I. KHÁI NIỆM CHUNG

Chế độ của hệ thống điện thay đổi đột ngột sẽ làm phát sinh quá trình quá độ điện tử, trong đó quá trình phát sinh do ngắn mạch là nguy hiểm nhất. Để tính chọn các thiết bị điện và bảo vệ rơle cần phải xét đến quá trình quá độ khi:

- ngắn mạch.
- ngắn mạch kèm theo đứt dây.
- cắt ngắn mạch bằng máy cắt điện.

Khi xảy ra ngắn mạch, tổng trở của hệ thống điện giảm, làm dòng điện tăng lên, điện áp giảm xuống. Nếu không nhanh chóng cô lập điểm ngắn mạch thì hệ thống sẽ chuyển sang chế độ ngắn mạch duy trì (xác lập).

Từ lúc xảy ra ngắn mạch cho đến khi cắt nó ra, trong hệ thống điện xảy ra quá trình quá độ làm thay đổi dòng và áp. Dòng trong quá trình quá độ thường gồm 2 thành phần: chu kỳ và không chu kỳ. Trường hợp hệ thống có đường dây truyền tải điện áp từ 330 KV trở lên thì trong dòng ngắn mạch ngoài thành phần tần số cơ bản còn các thành phần sóng hài bậc cao. Nếu đường dây có tụ bù dọc sẽ có thêm thành phần sóng hài bậc thấp.

Nhiệm vụ của môn học ngắn mạch là nghiên cứu diễn tiến của quá trình ngắn mạch trong hệ thống điện, đồng thời xét đến các phương pháp thực dụng tính toán ngắn mạch.

II. CÁC ĐỊNH NGHĨA CƠ BẢN

□ *Ngắn mạch*: là một loại sự cố xảy ra trong hệ thống điện do hiện tượng chạm chập giữa các pha không thuộc chế độ làm việc bình thường.

- Trong hệ thống có trung tính nối đất (hay 4 dây) chạm chập một pha hay nhiều pha với đất (hay với dây trung tính) cũng được gọi là *ngắn mạch*.

- Trong hệ thống có trung tính cách điện hay nối đất qua thiết bị bù, hiện tượng chạm chập một pha với đất được gọi là *chạm đất*. Dòng chạm đất chủ yếu là do điện dung các pha với đất.

□ *Ngắn mạch gián tiếp*: là ngắn mạch qua một điện trở trung gian, gồm điện trở do hồ quang điện và điện trở của các phần tử khác trên đường đi của dòng điện từ pha này đến pha khác hoặc từ pha đến đất.

Điện trở hồ quang điện thay đổi theo thời gian, thường rất phức tạp và khó xác định chính xác. Theo thực nghiệm:

$$R = \frac{1000.l}{I} \quad [\Omega]$$

trong đó: I - dòng ngắn mạch [A]

l - chiều dài hồ quang điện [m]

□ *Ngắn mạch trực tiếp*: là ngắn mạch qua một điện trở trung gian rất bé, có thể bỏ qua (còn được gọi là ngắn mạch kim loại).

□ *Ngắn mạch đối xứng*: là dạng ngắn mạch vẫn duy trì được hệ thống dòng, áp 3 pha ở tình trạng đối xứng.

□ *Ngắn mạch không đối xứng*: là dạng ngắn mạch làm cho hệ thống dòng, áp 3 pha mất đối xứng.


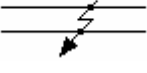
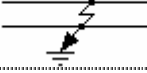

- Không đối xứng ngang: khi sự cố xảy ra tại một điểm, mà tổng trở các pha tại điểm đó như nhau.

- Không đối xứng dọc: khi sự cố xảy ra mà tổng trở các pha tại một điểm không như nhau.

□ *Sự cố phức tạp*: là hiện tượng xuất hiện nhiều dạng ngắn mạch không đối xứng ngang, dọc trong hệ thống điện.

Ví dụ: đứt dây kèm theo chạm đất, chạm đất hai pha tại hai điểm khác nhau trong hệ thống có trung tính cách đất.

Bảng 1.1: Ký hiệu và xác suất xảy ra các dạng ngắn mạch

DẠNG NGẮN MẠCH	HÌNH VẼ QUY ƯỚC	KÍ HIỆU	XÁC SUẤT XẢY RA %
3 pha		$N^{(3)}$	5
2 pha		$N^{(2)}$	10
2 pha-đất		$N^{(1,1)}$	20
1 pha		$N^{(1)}$	65

III. NGUYÊN NHÂN VÀ HẬU QUẢ CỦA NGẮN MẠCH

III.1. Nguyên nhân:

- Cách điện của các thiết bị già cỗi, hư hỏng.
- Quá điện áp.
- Các ngẫu nhiên khác, thao tác nhầm hoặc do được dự tính trước...

III.2. Hậu quả:

- Phát nóng: dòng ngắn mạch rất lớn so với dòng định mức làm cho các phần tử có dòng ngắn mạch đi qua nóng quá mức cho phép dù với một thời gian rất ngắn.

- Tăng lực điện động: ứng lực điện từ giữa các dây dẫn có giá trị lớn ở thời gian đầu của ngắn mạch có thể phá hỏng thiết bị.

- Điện áp giảm và mất đối xứng: làm ảnh hưởng đến phụ tải, điện áp giảm 30 đến 40% trong vòng một giây làm động cơ điện có thể ngừng quay, sản xuất đình trệ, có thể làm hỏng sản phẩm.

- Gây nhiễu đối với đường dây thông tin ở gần do dòng thứ tự không sinh ra khi ngắn mạch chạm đất.

- Gây mất ổn định: khi không cách ly kịp thời phần tử bị ngắn mạch, hệ thống có thể mất ổn định và tan rã, đây là hậu quả trầm trọng nhất.

IV. MỤC ĐÍCH TÍNH TOÁN NGẮN MẠCH VÀ YÊU CẦU ĐỐI VỚI CHÚNG:

Khi thiết kế và vận hành các hệ thống điện, nhằm giải quyết nhiều vấn đề kỹ thuật yêu cầu tiến hành hàng loạt các tính toán sơ bộ, trong đó có tính toán ngắn mạch.

Tính toán ngắn mạch thường là những tính toán dòng, áp lúc xảy ra ngắn mạch tại một số điểm hay một số nhánh của sơ đồ đang xét. Tùy thuộc mục đích tính toán mà các đại lượng trên có thể được tính ở một thời điểm nào đó hay diễn biến của chúng trong suốt cả quá trình quá độ. Những tính toán như vậy cần thiết để giải quyết các vấn đề sau:

- So sánh, đánh giá, chọn lựa sơ đồ nối điện.
- Chọn các khí cụ, dây dẫn, thiết bị điện.
- Thiết kế và chỉnh định các loại bảo vệ.
- Nghiên cứu phụ tải, phân tích sự cố, xác định phân bố dòng...

Trong hệ thống điện phức tạp, việc tính toán ngắn mạch một cách chính xác rất khó khăn. Do vậy tùy thuộc yêu cầu tính toán mà trong thực tế thường dùng các phương pháp thực nghiệm, gần đúng với các điều kiện đầu khác nhau để tính toán ngắn mạch.

Chẳng hạn để tính chọn máy cắt điện, theo điều kiện làm việc của nó khi ngắn mạch cần phải xác định dòng ngắn mạch lớn nhất có thể có. Muốn vậy, người ta giả thiết rằng ngắn mạch xảy ra lúc hệ thống điện có số lượng máy phát làm việc nhiều nhất, dạng ngắn mạch gây nên dòng lớn nhất, ngắn mạch là trực tiếp, ngắn mạch xảy ra ngay tại đầu cực máy cắt ...

Để giải quyết các vấn đề liên quan đến việc chọn lựa và chỉnh định thiết bị bảo vệ rơle thường phải tìm dòng ngắn mạch nhỏ nhất. Lúc ấy tất nhiên cần phải sử dụng những điều kiện tính toán hoàn toàn khác với những điều kiện nêu trên.

Chương 2:

CÁC CHỈ DẪN

KHI TÍNH TOÁN NGẮN MẠCH

I. NHỮNG GIẢ THIẾT CƠ BẢN:

Khi xảy ra ngắn mạch sự cân bằng công suất từ điện, cơ điện bị phá hoại, trong hệ thống điện đồng thời xảy ra nhiều yếu tố làm các thông số biến thiên mạnh và ảnh hưởng tương hỗ nhau. Nếu kể đến tất cả những yếu tố ảnh hưởng, thì việc tính toán ngắn mạch sẽ rất khó khăn. Do đó, trong thực tế người ta đưa ra những giả thiết nhằm đơn giản hóa vấn đề để có thể tính toán.

Mỗi phương pháp tính toán ngắn mạch đều có những giả thiết riêng của nó. Ở đây ta chỉ nêu ra các giả thiết cơ bản chung cho việc tính toán ngắn mạch.

1. *Mạch từ không bão hòa*: giả thiết này sẽ làm cho phương pháp phân tích và tính toán ngắn mạch đơn giản rất nhiều, vì mạch điện trở thành tuyến tính và có thể dùng nguyên lý xếp chồng để phân tích quá trình.

2. *Bỏ qua dòng điện từ hóa của máy biến áp*: ngoại trừ trường hợp máy biến áp 3 pha 3 trụ nối Y_0/Y_0 .

3. *Hệ thống điện 3 pha là đối xứng*: sự mất đối xứng chỉ xảy ra đối với từng phần tử riêng biệt khi nó bị hư hỏng hoặc do cố ý có dự tính.

4. *Bỏ qua dung dẫn của đường dây*: giả thiết này không gây sai số lớn, ngoại trừ trường hợp tính toán đường dây cao áp tải điện đi cực xa thì mới xét đến dung dẫn của đường dây.

5. *Bỏ qua điện trở tác dụng*: nghĩa là sơ đồ tính toán có tính chất thuần kháng. Giả thiết này dùng được khi ngắn mạch xảy ra ở các bộ phận điện áp cao, ngoại trừ khi bắt buộc phải xét đến điện trở của hồ quang điện tại chỗ ngắn mạch hoặc khi tính toán ngắn mạch trên đường dây cáp dài hay đường dây trên không tiết diện bé. Ngoài ra lúc tính hằng số thời gian tắt dần của dòng điện không chu kỳ cũng cần phải tính đến điện trở tác dụng.

6. *Xét đến phụ tải một cách gần đúng*: tùy thuộc giai đoạn cần xét trong quá trình quá độ có thể xem gần đúng tất cả phụ tải như là một tổng trở không đổi tập trung tại một nút chung.

7. *Các máy phát điện đồng bộ không có dao động công suất*: nghĩa là góc lệch pha giữa sức điện động của các máy phát điện giữ nguyên không đổi trong quá trình ngắn mạch. Nếu góc lệch pha giữa sức điện động của các máy phát điện tăng lên thì dòng trong nhánh sự cố giảm xuống, sử dụng giả thiết này sẽ làm cho việc tính toán đơn giản hơn và trị số dòng điện tại chỗ ngắn mạch là lớn nhất. Giả thiết này không gây sai số lớn, nhất là khi tính toán trong giai đoạn đầu của quá trình quá độ ($0,1 \div 0,2$ sec).

II. HẸ ĐƠN VỊ TƯƠNG ĐỐI:

Bất kỳ một đại lượng vật lý nào cũng có thể biểu diễn trong hệ đơn vị có tên hoặc trong hệ đơn vị tương đối. *Trị số trong đơn vị tương đối của một đại lượng vật lý nào đó là tỷ số giữa nó với một đại lượng vật lý khác cùng thứ nguyên được*

chọn làm đơn vị đo lường. Đại lượng vật lý chọn làm đơn vị đo lường được gọi là đại lượng cơ bản.

Như vậy, muốn biểu diễn các đại lượng trong đơn vị tương đối trước hết cần chọn các đại lượng cơ bản. Khi tính toán đối với hệ thống điện 3 pha người ta dùng các đại lượng cơ bản sau:

S_{cb} : công suất cơ bản 3 pha.

U_{cb} : điện áp dây cơ bản.

I_{cb} : dòng điện cơ bản.

Z_{cb} : tổng trở pha cơ bản.

t_{cb} : thời gian cơ bản.

ω_{cb} : tốc độ góc cơ bản.

Xét về ý nghĩa vật lý, các đại lượng cơ bản này có liên hệ với nhau qua các biểu thức sau:

$$S_{cb} = \sqrt{3} U_{cb} \cdot I_{cb} \quad (2.1)$$

$$Z_{cb} = \frac{U_{cb}}{\sqrt{3} \cdot I_{cb}} \quad (2.2)$$

$$t_{cb} = \frac{1}{\omega_{cb}} \quad (2.3)$$

Do đó ta chỉ có thể chọn tùy ý một số đại lượng cơ bản, các đại lượng cơ bản còn lại được tính từ các biểu thức trên. Thông thường chọn trước S_{cb} , U_{cb} và ω_{cb} .

Khi đã chọn các đại lượng cơ bản thì các đại lượng trong đơn vị tương đối được tính từ các đại lượng thực như sau:

$$E_{*(cb)} = \frac{E}{U_{cb}} \quad ; \quad U_{*(cb)} = \frac{U}{U_{cb}}$$

$$S_{*(cb)} = \frac{S}{S_{cb}} \quad ; \quad I_{*(cb)} = \frac{I}{I_{cb}}$$

$$Z_{*(cb)} = \frac{Z}{Z_{cb}} = Z \cdot \frac{\sqrt{3} \cdot I_{cb}}{U_{cb}} = Z \cdot \frac{S_{cb}}{U_{cb}^2}$$

$E_{*(cb)}$ đọc là E tương đối cơ bản (tức là sức điện động E trong hệ đơn vị tương đối với lượng cơ bản là U_{cb}). Sau này khi ý nghĩa đã rõ ràng và sử dụng quen thuộc thì có thể bỏ dấu (*) và (cb).

□ **MỘT SỐ TÍNH CHẤT CỦA HỆ ĐƠN VỊ TƯƠNG ĐỐI:**

1) Các đại lượng cơ bản dùng làm đơn vị đo lường cho các đại lượng toàn phần cũng đồng thời dùng cho các thành phần của chúng.

Ví dụ: S_{cb} dùng làm đơn vị đo lường chung cho S, P, Q; Z_{cb} - cho Z, R, X.

2) Trong đơn vị tương đối điện áp pha và điện áp dây bằng nhau, công suất 3 pha và công suất 1 pha cũng bằng nhau.

3) Một đại lượng thực có thể có giá trị trong đơn vị tương đối khác nhau tùy thuộc vào lượng cơ bản và ngược lại cùng một giá trị trong đơn vị tương đối có thể tương ứng với nhiều đại lượng thực khác nhau.

4) Thường tham số của các thiết bị được cho trong đơn vị tương đối với lượng cơ bản là định mức của chúng (S_{dm}, U_{dm}, I_{dm}). Lúc đó:

$$Z_{*(\hat{a}m)} = \frac{Z}{Z_{\hat{a}m}} = Z \cdot \frac{\sqrt{3} \cdot I_{\hat{a}m}}{U_{\hat{a}m}} = Z \cdot \frac{S_{\hat{a}m}}{U_{\hat{a}m}^2}$$

5) Đại lượng trong đơn vị tương đối có thể được biểu diễn theo phần trăm, ví dụ như ở kháng điện, máy biến áp...

$$X_K \% = 100 \cdot X_{*(\hat{a}m)} = X_K \cdot \frac{\sqrt{3} \cdot I_{\hat{a}m}}{U_{\hat{a}m}} \cdot 100$$

$$X_B \% = X_B \cdot \frac{\sqrt{3} \cdot I_{\hat{a}m}}{U_{\hat{a}m}} \cdot 100 = U_N \%$$

□ **TÍNH ĐỔI ĐẠI LƯỢNG TRONG HỆ ĐƠN VỊ TƯƠNG ĐỐI:**

Một đại lượng trong đơn vị tương đối là $A_{*(cb1)}$ với lượng cơ bản là A_{cb1} có thể tính đổi thành $A_{*(cb2)}$ tương ứng với lượng cơ bản là A_{cb2} theo biểu thức sau:

$$A_t = A_{*(cb1)} \cdot A_{cb1} = A_{*(cb2)} \cdot A_{cb2}$$

Ví dụ, đã cho $E_{*(cb1)}, Z_{*(cb1)}$ ứng với các lượng cơ bản ($S_{cb1}, U_{cb1}, I_{cb1}$) cần tính đổi sang hệ đơn vị tương đối ứng với các lượng cơ bản ($S_{cb2}, U_{cb2}, I_{cb2}$):

$$E_{*(cb2)} = E_{*(cb1)} \cdot \frac{U_{cb1}}{U_{cb2}}$$

$$Z_{*(cb2)} = Z_{*(cb1)} \cdot \frac{I_{cb2}}{I_{cb1}} \cdot \frac{U_{cb1}}{U_{cb2}} = Z_{*(cb1)} \cdot \frac{S_{cb2}}{S_{cb1}} \cdot \frac{U_{cb1}^2}{U_{cb2}^2}$$

Nếu tính đổi các tham số ứng với lượng định mức (S_{dm}, U_{dm}, I_{dm}) thành giá trị ứng với lượng cơ bản (S_{cb}, U_{cb}, I_{cb}) thì:

$$E_{*(cb)} = E_{*(\hat{a}m)} \cdot \frac{U_{\hat{a}m}}{U_{cb}}$$

$$Z_{*(cb)} = Z_{*(\hat{a}m)} \cdot \frac{I_{cb}}{I_{\hat{a}m}} \cdot \frac{U_{\hat{a}m}}{U_{cb}} = Z_{*(\hat{a}m)} \cdot \frac{S_{cb}}{S_{\hat{a}m}} \cdot \frac{U_{\hat{a}m}^2}{U_{cb}^2}$$

Khi chọn $U_{cb} = U_{dm}$ ta có các biểu thức đơn giản sau:

$$E_{*(cb)} = E_{*(\hat{a}m)}$$

$$Z_{*(cb)} = Z_{*(\hat{a}m)} \cdot \frac{I_{cb}}{I_{\hat{a}m}} = Z_{*(\hat{a}m)} \cdot \frac{S_{cb}}{S_{\hat{a}m}}$$

□ **CHỌN CÁC ĐẠI LƯỢNG CƠ BẢN:**

Thực tế trị số định mức của các thiết bị ở cùng một cấp điện áp cũng không giống nhau. Tuy nhiên, sự khác nhau đó không nhiều (trong khoảng $\pm 10\%$), ví dụ điện áp định mức của máy phát điện là 11KV, máy biến áp - 10,5KV, kháng điện - 10KV. Do đó trong tính toán gần đúng ta có thể xem điện áp định mức U_{dm} của

các thiết bị ở cùng một cấp điện áp là như nhau và bằng giá trị trung bình U_{tb} của cấp điện áp đó. Theo qui ước có các U_{tb} sau [KV]:

500; 330; 230; 154; 115; 37; 20; 15,75; 13,8; 10,5; 6,3; 3,15; 0,525

Khi tính toán gần đúng người ta chọn $U_{cb} = U_{dm} = U_{tb}$, riêng đối với kháng điện nên tính chính xác với lượng định mức của nó vì giá trị điện kháng của kháng điện chiếm phần lớn trong điện kháng tổng của sơ đồ, nhất là đối với những trường hợp kháng điện làm việc ở điện áp khác với cấp điện áp định mức của nó (ví dụ, kháng điện 10KV làm việc ở cấp 6KV).

Nói chung các đại lượng cơ bản nên chọn sao cho việc tính toán trở nên đơn giản, tiện lợi. Đối với S_{cb} nên chọn những số tròn (chẳng hạn như 100, 200, 1000MVA,...) hoặc đôi khi chọn bằng tổng công suất định mức của sơ đồ.

Trong hệ đơn vị tương đối, một đại lượng vật lý này cũng có thể biểu diễn bằng một đại lượng vật lý khác có cùng trị số tương đối. Ví dụ nếu chọn ω_{db} làm lượng cơ bản thì khi $\omega_{*(db)} = 1$ ta có:

$$X_{*(cb)} = \omega_{*(\hat{a}b)} \cdot L_{*(cb)} = L_{*(cb)}$$

$$X_{*(cb)} = \omega_{*(\hat{a}b)} \cdot M_{*(cb)} = M_{*(cb)}$$

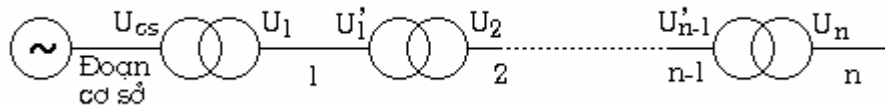
$$\Psi_{*(cb)} = I_{*(cb)} \cdot L_{*(cb)} = L_{*(cb)} \cdot X_{*(cb)}$$

$$E_{*(cb)} = \omega_{*(\hat{a}b)} \cdot \Psi_{*(cb)} = \Psi_{*(cb)}$$

III. CÁCH THÀNH LẬP SƠ ĐỒ THAY THẾ:

Sơ đồ thay thế là sơ đồ cho phép thế các mạch liên hệ nhau bởi từ trường bằng một mạch điện tương đương bằng cách qui đổi tham số của các phần tử ở các cấp điện áp khác nhau về một cấp được chọn làm cơ sở. Các tham số của sơ đồ thay thế có thể xác định trong hệ đơn vị có tên hoặc hệ đơn vị tương đối, đồng thời có thể tính gần đúng hoặc tính chính xác.

III.1. Qui đổi chính xác trong hệ đơn vị có tên:



Hình 2.1 : Sơ đồ mạng điện có nhiều cấp điện áp

Xét mạng điện có nhiều cấp điện áp khác nhau (hình 2.1) được nối với nhau bằng n máy biến áp có tỷ số biến áp k_1, k_2, \dots, k_n . Chọn một đoạn tùy ý làm đoạn cơ sở, ví dụ đoạn đầu tiên. Tham số của tất cả các đoạn còn lại sẽ được tính qui đổi về đoạn cơ sở.

Sức điện động, điện áp, dòng điện và tổng trở của đoạn thứ n được qui đổi về đoạn cơ sở theo các biểu thức sau:

$$E_{n\text{qâ}} = (k_1 \cdot k_2 \cdot \dots \cdot k_n) E_n$$

$$U_{n\text{qâ}} = (k_1 \cdot k_2 \cdot \dots \cdot k_n) U_n$$

$$I_{n\text{qâ}} = \frac{1}{k_1 \cdot k_2 \cdot \dots \cdot k_n} I_n$$

$$Z_{n\text{qâ}} = (k_1 \cdot k_2 \cdot \dots \cdot k_n)^2 Z_n$$

Các tỷ số biến áp k trong những biểu thức trên lấy bằng tỷ số biến áp lúc không tải. Các thành phần trong tích các tỷ số biến áp k chỉ lấy của những máy biến áp nằm giữa đoạn xét và đoạn cơ sở, “chiều” của tỷ số biến áp k lấy từ đoạn cơ sở đến đoạn cần xét.

$$k_1 = \frac{U_{\text{cs}}}{U_1} ; k_2 = \frac{U'_1}{U_2} ; \dots ; k_n = \frac{U'_{n-1}}{U_n}$$

Trong những biểu thức qui đổi trên, nếu các đại lượng cho trước trong đơn vị tương đối thì phải tính đổi về đơn vị có tên. Ví dụ, đã cho $Z_{*(\text{dm})}$ thì:

$$Z = Z_{*(\text{âm})} \cdot \frac{U_{\text{âm}}}{\sqrt{3} \cdot I_{\text{âm}}} = Z_{*(\text{âm})} \cdot \frac{U_{\text{âm}}^2}{S_{\text{âm}}} \quad (2.4)$$

III.2. Qui đổi gần đúng trong hệ đơn vị có tên:

Việc qui đổi gần đúng được thực hiện dựa trên giả thiết là xem điện áp định mức của các phần tử trên cùng một cấp điện áp là như nhau và bằng trị số điện áp trung bình của cấp đó. Tức là:

$$U_1 = U'_1 = U_{\text{tb1}} ; U_2 = U'_2 = U_{\text{tb2}} ; \dots$$

Như vậy:

$$k_1 = \frac{U_{\text{tbcs}}}{U_{\text{tb1}}} ; k_2 = \frac{U_{\text{tb1}}}{U_{\text{tb2}}} ; \dots ; k_n = \frac{U_{\text{tbn-1}}}{U_{\text{tbn}}}$$

Do đó ta sẽ có các biểu thức qui đổi đơn giản hơn:

$$E_{n\text{qâ}} = \frac{U_{\text{tbcs}}}{U_{\text{tb1}}} \cdot \frac{U_{\text{tb1}}}{U_{\text{tb2}}} \cdot \dots \cdot \frac{U_{\text{tbn-1}}}{U_{\text{tbn}}} \cdot E_n = \frac{U_{\text{tbcs}}}{U_{\text{tbn}}} \cdot E_n$$

$$I_{n\text{qâ}} = \frac{U_{\text{tbn}}}{U_{\text{tbcs}}} \cdot I_n$$

Tương tự:

$$Z_{n\text{qâ}} = \left(\frac{U_{\text{tbcs}}}{U_{\text{tbn}}} \right)^2 \cdot Z_n$$

Nếu các phần tử có tổng trở cho trước trong đơn vị tương đối, thì tính đổi gần đúng về đơn vị có tên theo biểu thức (2.4) trong đó thay $U_{\text{dm}} = U_{\text{tb}}$.

III.3. Qui đổi chính xác trong hệ đơn vị tương đối:

Tương ứng với phép qui đổi chính xác trong hệ đơn vị có tên ta cũng có thể dùng trong hệ đơn vị tương đối bằng cách sau khi đã qui đổi về đoạn cơ sở trong đơn vị có tên, chọn các lượng cơ bản của đoạn cơ sở và tính đổi về đơn vị tương đối. Tuy nhiên phương pháp này ít được sử dụng, người ta thực hiện phổ biến hơn trình tự qui đổi như sau:

- Chọn đoạn cơ sở và các lượng cơ bản S_{cb} , U_{cbcs} của đoạn cơ sở.
- Tính lượng cơ bản của các đoạn khác thông qua các tỷ số biến áp k_1, k_2, \dots, k_n . Công suất cơ bản S_{cb} đã chọn là không đổi đối với tất cả các đoạn. Các lượng cơ bản U_{cbn} và I_{cbn} của đoạn thứ n được tính như sau:

$$U_{cbn} = \frac{1}{k_1 \cdot k_2 \dots k_n} U_{cbcs}$$

$$I_{cbn} = (k_1 \cdot k_2 \dots k_n) I_{cbcs} = \frac{S_{cb}}{\sqrt{3} \cdot U_{cbn}}$$

$$(S_{cbn} = S_{cbcs} = S_{cb})$$

- Tính đổi tham số của các phần tử ở mỗi đoạn sang đơn vị tương đối với lượng cơ bản của đoạn đó:

Nếu tham số cho trong đơn vị có tên thì dùng các biểu thức tính đổi từ hệ đơn vị có tên sang hệ đơn vị tương đối. Ví dụ:

$$U_{*(cb)} = \frac{U}{U_{cb}} \quad ; \quad Z_{*(cb)} = Z \cdot \frac{S_{cb}}{U_{cb}^2}$$

- Nếu tham số cho trong đơn vị tương đối với lượng cơ bản là định mức hay một lượng cơ bản nào đó thì dùng các biểu thức tính đổi hệ đơn vị tương đối. Ví dụ:

$$Z_{*(cb)} = Z_{*(\text{âm})} \cdot \frac{S_{cb}}{S_{\text{âm}}} \cdot \frac{U_{\text{âm}}^2}{U_{cb}^2}$$

III.4. Qui đổi gần đúng trong hệ đơn vị tương đối:

Tương tự như qui đổi gần đúng trong hệ đơn vị có tên, ta xem k là tỷ số biến áp trung bình, do vậy việc tính toán sẽ đơn giản hơn. Trình tự qui đổi như sau:

- Chọn công suất cơ bản S_{cb} chung cho tất cả các đoạn.
- Trên mỗi đoạn lấy $U_{dm} = U_{tb}$ của cấp điện áp tương ứng.
- Tính đổi tham số của các phần tử ở mỗi đoạn sang đơn vị tương đối theo các biểu thức gần đúng.

III.5. Một số điểm cần lưu ý:

- Độ chính xác của kết quả tính toán không phụ thuộc vào hệ đơn vị sử dụng mà chỉ phụ thuộc vào phương pháp tính chính xác hay gần đúng.

- Khi tính toán trong hệ đơn vị có tên thì kết quả tính được là giá trị ứng với đoạn cơ sở đã chọn. Muốn tìm giá trị thực ở đoạn cần xét phải qui đổi ngược lại.

Ví dụ: Dòng tìm được ở đoạn cơ sở là $I_{cs} = I_{nqd}$. Dòng thực ở đoạn thứ n là:

$$I_n = (k_1 \cdot k_2 \dots k_n) I_{nqd}$$