



Các chỉ dẫn khi tính toán ngắn mạch

Bởi:

Đại Học Đà Nẵng

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 Yo/Yo.
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 ? 0,2 sec).

Hệ 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 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:

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

(2.2)

$$Z_{cb} = \frac{U_{cb}}{\sqrt{3} \cdot I_{cb}}$$

$$t_{cb} = \frac{1}{\omega_{cb}}$$

(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:

$$\begin{aligned} E_{*(cb)} &= \frac{E}{U_{cb}} & ; & & U_{*(cb)} &= \frac{U}{U_{cb}} \\ S_{*(cb)} &= \frac{S}{S_{cb}} & ; & & I_{*(cb)} &= \frac{I}{I_{cb}} \\ Z_{*(cb)} &= \frac{Z}{Z_{cb}} = Z \cdot \frac{\sqrt{3} \cdot I_{cb}}{U_{cb}} = Z \cdot \frac{S_{cb}}{U_{cb}^2} \end{aligned}$$

$E_{*(cb)}$ 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.

1. 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.
2. 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.
3. Thường tham số của các thiết bị được cho trong đơn vị tương đối với lượng cơ bản là định mức của chúng ($S_{đm}$, $U_{đm}$, $I_{đm}$). Lúc đó:

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

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

Các chỉ dẫn khi tính toán ngắn mạch

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

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

• **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 ($S_{\hat{d}m}$, $U_{\hat{d}m}$, $I_{\hat{d}m}$) 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 $U_{cb} = U_{\hat{d}m}$ 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

Các chỉ dẫn khi tính toán ngắn mạch

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.

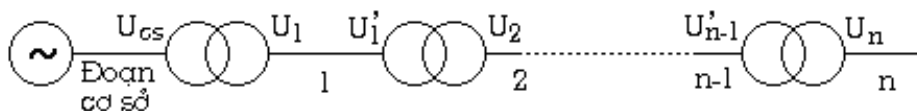
Trong hệ đơn vị tương đối, một đại lượng vật lý này cũng có thể biểu diễn bằng một đại lượng vật lý khác có cùng trị số tương đối. Ví dụ nếu chọn ω_{db} làm lượng cơ bản thì khi $\omega_{*(db)} = 1$ ta có:

$$\begin{aligned}X_{*(cb)} &= \omega_{*(\hat{a}b)} \cdot L_{*(cb)} = L_{*(cb)} \\X_{*(cb)} &= \omega_{*(\hat{a}b)} \cdot M_{*(cb)} = M_{*(cb)} \\ \Psi_{*(cb)} &= I_{*(cb)} \cdot L_{*(cb)} = L_{*(cb)} \cdot X_{*(cb)} \\ E_{*(cb)} &= \omega_{*(\hat{a}b)} \cdot \Psi_{*(cb)} = \Psi_{*(cb)}\end{aligned}$$

Cách thành lập sơ đồ thay thế:

Sơ đồ thay thế là sơ đồ cho phép thể 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.

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:

$$\begin{aligned} E_{n\text{qđ}} &= (k_1 \cdot k_2 \dots k_n) E_n \\ U_{n\text{qđ}} &= (k_1 \cdot k_2 \dots k_n) U_n \\ I_{n\text{qđ}} &= \frac{1}{k_1 \cdot k_2 \dots k_n} I_n \\ Z_{n\text{qđ}} &= (k_1 \cdot k_2 \dots k_n)^2 Z_n \end{aligned}$$

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.

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

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 $Z^*(\text{đm})$ thì:

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

(2.4)

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:

Các chỉ dẫn khi tính toán ngắn mạch

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

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

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

Tương tự:

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

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

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 $U_{đm} = U_{tb}$.

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:

Các chỉ dẫn khi tính toán ngắn mạch

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

- 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:

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

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 $U_{đm} = U_{tb}$ 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.

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 $I_{cs} = I_n$ qđ. Dòng thực ở đoạn thứ n là:

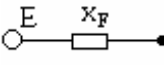
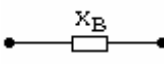
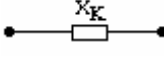
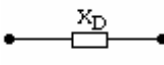
$$I_n = (k_1 \cdot k_2 \dots k_n) I_n \text{ qđ}$$

- Khi tính toán trong hệ đơn vị tương đối thì kết quả tính được là ở trong đơn vị tương đối, muốn tìm giá trị thực ở một đoạn nào đó chỉ cần nhân kết quả tính được với lượng cơ bản của đoạn đó.

Ví dụ: Dòng tính được là I_{*n} . Dòng thực ở đoạn thứ n là:

$$I_n = I_{*n} \cdot I_{cbn} = I_{*n} \cdot \frac{S_{cb}}{\sqrt{3} \cdot U_{cbn}}$$

Bảng 2.1: Tóm tắt một số biểu thức tính toán tham số của các phần tử

THIẾT BỊ	SƠ ĐỒ THAY THẾ	THAM SỐ TRA ĐƯỢC	TÍNH TRONG ĐƠN VỊ CÓ TÊN	TÍNH CHÍNH XÁC TRONG ĐVTĐ	TÍNH GẦN ĐÚNG TRONG ĐVTĐ
Máy phát		$X''_d, S_{đm}, U_{đm}$	$X''_d \cdot \frac{U_{đm}^2}{S_{đm}}$	$X''_d \cdot \frac{S_{cb}}{S_{đm}} \cdot \frac{U_{đm}^2}{U_{cb}^2}$	$X''_d \cdot \frac{S_{cb}}{S_{đm}}$
Máy biến áp (2 cuộn dây)		$u_N\%, k, S_{đm}$	$\frac{u_N\%}{100} \cdot \frac{U_{đm}^2}{S_{đm}}$	$\frac{u_N\%}{100} \cdot \frac{S_{cb}}{S_{đm}} \cdot \frac{U_{đm}^2}{U_{cb}^2}$	$\frac{u_N\%}{100} \cdot \frac{S_{cb}}{S_{đm}}$
Kháng điện		$X\%, I_{đm}, U_{đm}$	$\frac{X\%}{100} \cdot \frac{U_{đm}}{\sqrt{3}I_{đm}}$	$\frac{X\%}{100} \cdot \frac{I_{cb}}{I_{đm}} \cdot \frac{U_{đm}}{U_{cb}}$	$\frac{X\%}{100} \cdot \frac{I_{cb}}{I_{đm}}$
Đường dây		X_1 [Ω/Km]	X_1	$X_1 \cdot l \cdot \frac{S_{cb}}{U_{cb}^2}$	$X_1 \cdot l \cdot \frac{S_{cb}}{U_{tb}^2}$

Chú ý:

Đối với máy biến áp 3 cuộn dây thì các tham số tra được là điện áp ngắn mạch giữa các cuộn dây: $u_{N\ I-II}\%$, $u_{N\ I-III}\%$, $u_{N\ II-III}\%$, ta phải tính $u_{N\ \%}$ của từng cuộn dây và sau đó tính điện kháng của từng cuộn dây theo các biểu thức trong bảng 2.1 đối với máy biến áp 2 cuộn dây. Điện áp ngắn mạch $u_{N\ \%}$ của từng cuộn dây được tính như sau:

$$u_{N\ I\%} = 0,5 (u_{N\ I-II\%} + u_{N\ I-III\%} - u_{N\ II-III\%})$$

$$u_{N\ II\%} = u_{N\ I-II\%} - u_{N\ I\%}$$

$$u_{N\ III\%} = u_{N\ I-III\%} - u_{N\ I\%}$$

Biến đổi sơ đồ thay thế

Các phép biến đổi sơ đồ thay thế được sử dụng trong tính toán ngắn mạch nhằm mục đích biến đổi những sơ đồ thay thế phức tạp của hệ thống điện thành một sơ đồ đơn giản nhất tiện lợi cho việc tính toán, còn gọi là *sơ đồ tối giản*. Sơ đồ tối giản có thể bao gồm một hoặc một số nhánh nối trực tiếp từ nguồn sức điện động đẳng trị $E?$ đến điểm ngắn mạch thông qua một điện kháng đẳng trị $X?$.

Nhánh đẳng trị:

Phép biến đổi này được dùng để ghép song song các nhánh có nguồn hoặc không nguồn thành một nhánh tương đương. Xét sơ đồ thay thế (hình 2.2a) gồm có n nhánh nối chung

Các chỉ dẫn khi tính toán ngắn mạch

vào một điểm M, mỗi nhánh gồm có 1 nguồn sức điện động E_k nối với 1 điện kháng X_k , ta có thể biến đổi nó thành sơ đồ tối giản (hình 2.2b) bằng các biểu thức sau:

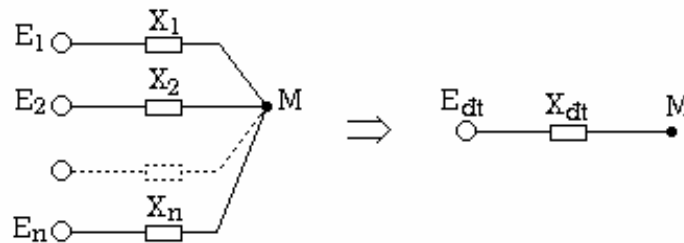
$$E_{\%ot} = \frac{\sum_{k=1}^n E_k \cdot Y_k}{\sum_{k=1}^n Y_k}; X_{\%ot} = \frac{1}{\sum_{k=1}^n Y_k}$$

trong đó : $Y_k = 1/ X_k$ là điện dẫn của nhánh thứ k.

Khi sơ đồ chỉ có 2 nhánh thì:

$$E_{dt} = \frac{E_1 \cdot X_2 + E_2 \cdot X_1}{X_1 + X_2}; X_{dt} = \frac{X_1 \cdot X_2}{X_1 + X_2}$$

Khi $E_1 = E_2 = \dots = E_n = E$ thì $E_{dt} = E$.



Hình 2.2 : Phép biến đổi dùng nhánh đẳng trị

Biến đổi Y - Δ:

Biến đổi sơ đồ thay thế có dạng hình sao gồm 3 nhánh (hình 2.3a) thành tam giác (hình 2.3b) theo các biểu thức sau:

$$X_{12} = X_1 + X_2 + \frac{X_1 \cdot X_2}{X_3}$$

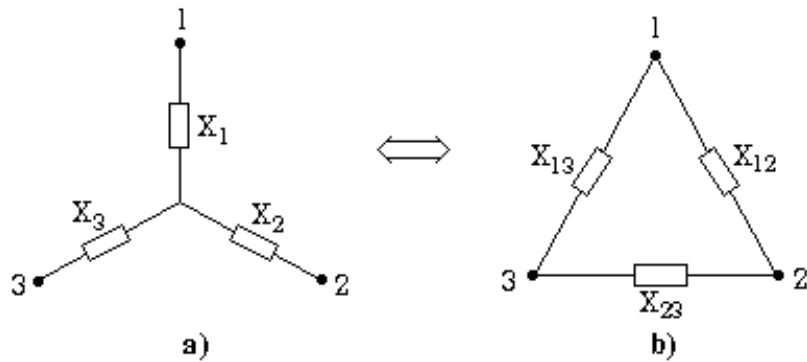
$$X_{13} = X_1 + X_3 + \frac{X_1 \cdot X_3}{X_2}$$

$$X_{23} = X_2 + X_3 + \frac{X_2 \cdot X_3}{X_1}$$

Ngược lại, biến đổi sơ đồ có dạng hình tam giác sao thành hình sao dùng các biểu thức sau:

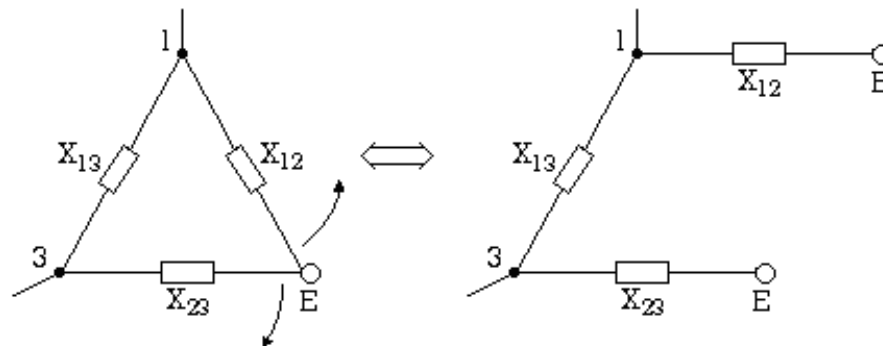
$$X_1 = \frac{X_{12} \cdot X_{13}}{X_{12} + X_{13} + X_{23}}; X_2 = \frac{X_{12} \cdot X_{23}}{X_{12} + X_{13} + X_{23}}; X_3 = \frac{X_{23} \cdot X_{13}}{X_{12} + X_{13} + X_{23}}$$

Các chỉ dẫn khi tính toán ngắn mạch



Hình 2.3 : Biến đổi Y - Δ

Biến đổi Y - Δ cũng có thể áp dụng được khi ở các nút có nguồn, lúc đó có thể ứng dụng tính chất đẳng thế để tách ra hay nhập chung các nút có nguồn (ví dụ như trên hình 2.4).



Hình 2.4 : Tách / nhập các nút có nguồn

Biến đổi sao - lưới:

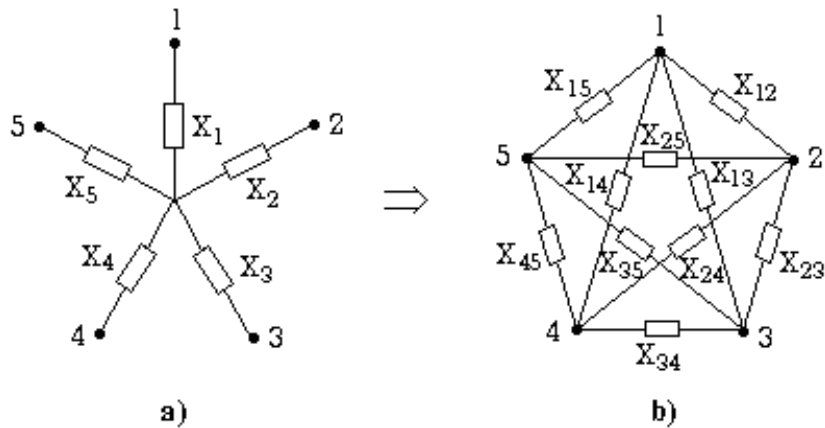
Sơ đồ thay thế hình sao (hình 2.5a) có thể biến đổi thành lưới (hình 2.5b). Điện kháng giữa 2 đỉnh m và n của lưới được tính như sau:

$$X_{mn} = X_m \cdot X_n \cdot \Sigma Y$$

trong đó: X_m , X_n là điện kháng của nhánh thứ m và n trong hình sao.

ΣY là tổng điện dẫn của tất cả các nhánh hình sao.

Các chỉ dẫn khi tính toán ngắn mạch



Hình 2.5 : Biến đổi sao - lưới

<p>Phép biến đổi này sử dụng tiện lợi trong tính toán ngắn mạch khi có một nút là điểm ngắn mạch và tất cả các nút còn lại là các nút nguồn. Nếu các nguồn là đẳng thế thì điện kháng tương hỗ giữa các nguồn có thể bỏ qua, lúc đó sơ đồ sẽ trở nên rất đơn giản. Ví dụ, từ sơ đồ lưới ở hình 2.5b khi các nút 1, 2, 3, 4 có nguồn đẳng thế và nút 5 là điểm ngắn mạch ta có thể đơn giản thành sơ đồ trên hình 2.6.</p>	
---	--

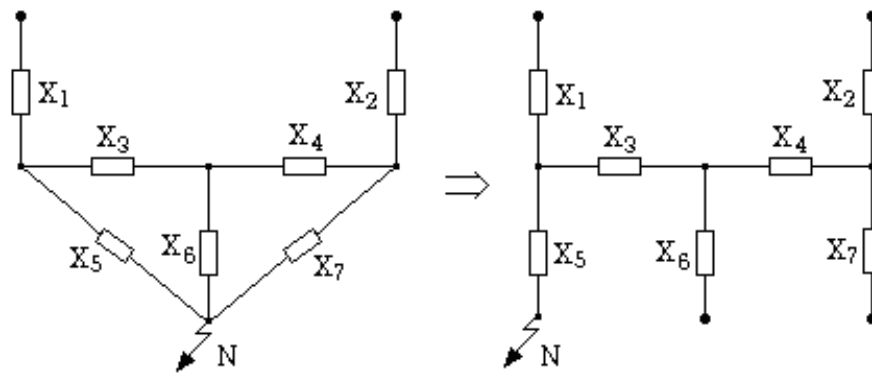
Hình 2.6 : Áp dụng biến đổi sao-lưới

Tách riêng các nhánh tại điểm ngắn mạch:

Nếu ngắn mạch trực tiếp 3 pha tại điểm nút có nối một số nhánh (ví dụ, hình 2.7), thì có thể tách riêng các nhánh này ra khi vẫn giữ ở đầu mỗi nhánh cũng ngắn mạch như vậy. Sơ đồ nhận được lúc này không có mạch vòng sẽ dễ dàng biến đổi. Tính dòng trong mỗi nhánh khi cho ngắn mạch chỉ trên một nhánh, các nhánh ngắn mạch khác xem như phụ tải có sức điện động bằng không. Dòng qua điểm ngắn mạch là tổng các dòng đã tính ở các nhánh ngắn mạch riêng rẽ.

Phương pháp này thường dùng khi cần tính dòng trong một nhánh ngắn mạch nào đó.

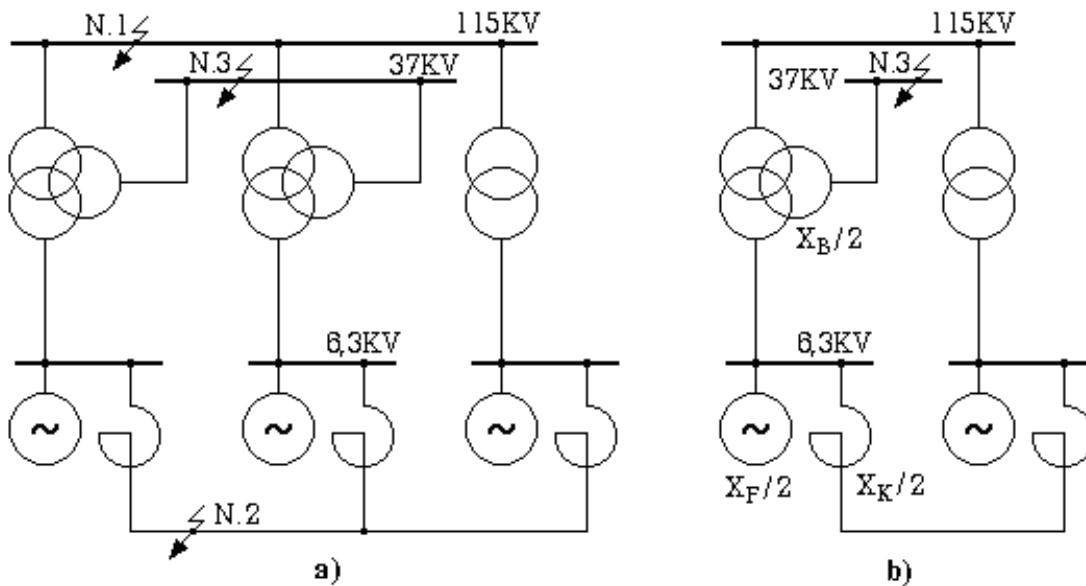
Các chỉ dẫn khi tính toán ngắn mạch

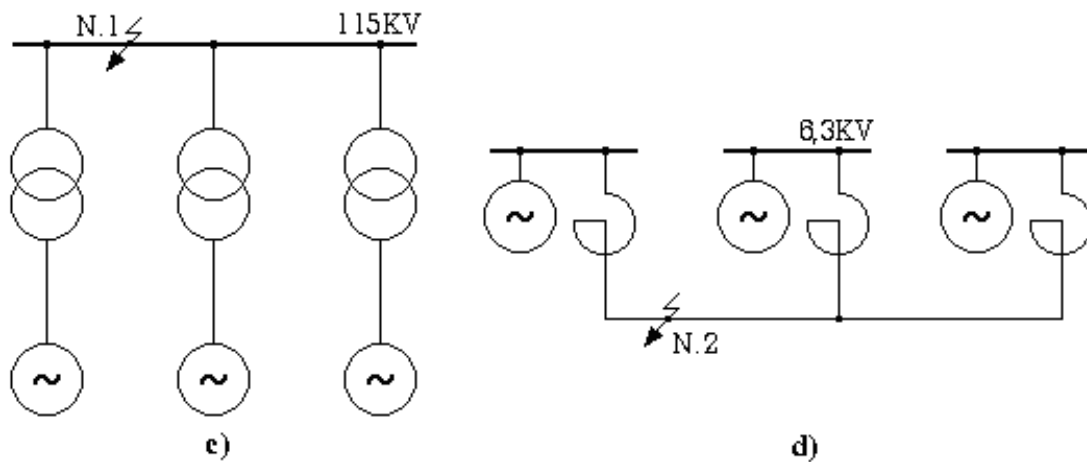


Hình 2.7 : Tách riêng các nhánh tại điểm ngắn mạch

Lợi dụng tính chất đối xứng của sơ đồ:

Lợi dụng tính chất đối xứng của sơ đồ ta có thể ghép chung các nhánh một cách đơn giản hơn hoặc có thể bỏ bớt một số nhánh mà dòng ngắn mạch không đi qua (hình 2.8).





Hình 2.8 : Lợi dụng tính chất đối xứng của sơ đồ

Sử dụng hệ số phân bố dòng:

Hệ số phân bố dòng là hệ số đặc trưng cho phần tham gia của mỗi nguồn vào dòng ngắn mạch với giả thiết là các nguồn có sức điện động bằng nhau và không có phụ tải.

Dùng hệ số phân bố dòng để tính tổng trở tương hỗ giữa các nguồn và điểm ngắn mạch, đưa sơ đồ về dạng rất đơn giản gồm các nguồn nối với điểm ngắn mạch qua tổng trở tương hỗ:

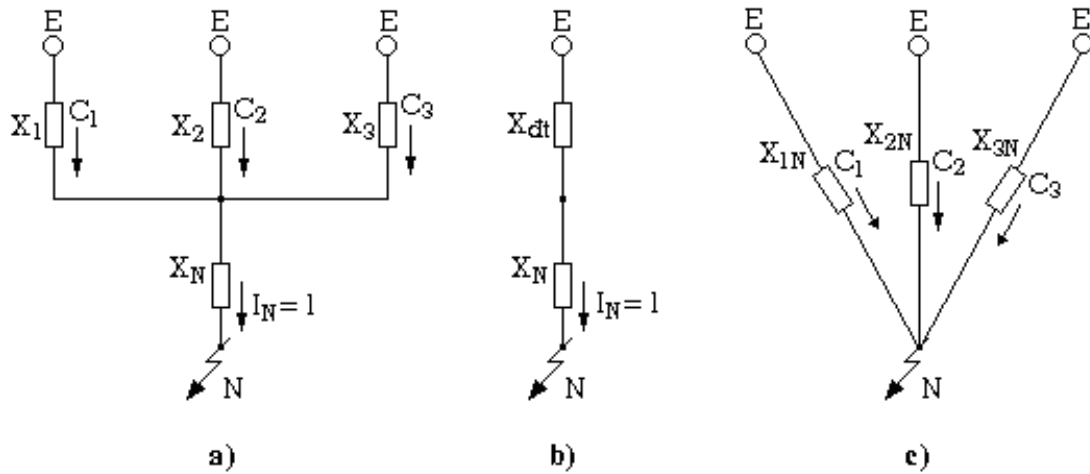
$$Z_{kN} = \frac{Z_{\Sigma}}{C_k}$$

trong đó: Z_{Σ} - tổng trở đẳng trị của toàn sơ đồ đối với điểm ngắn mạch.

C_k - hệ số phân bố dòng của nhánh thứ k.

Hệ số phân bố dòng có thể tìm được bằng mô hình, thực nghiệm hoặc giải tích. Phương pháp giải tích được thực hiện bằng cách cho dòng qua điểm ngắn mạch bằng đơn vị và coi rằng các sức điện động bằng nhau. Dòng tìm được trong các nhánh sẽ là trị số của các hệ số phân bố dòng C_1, C_2, \dots, C_k tương ứng với các nhánh đó.

Các chỉ dẫn khi tính toán ngắn mạch



Hình 2.9 : Sơ đồ để xác định hệ số phân bố dòng

Ví dụ, cho sơ đồ trên hình 2.9a trong đó các sức điện động bằng nhau, không có phụ tải và cho dòng ngắn mạch $I_N = 1$. Sau khi biến đổi sơ đồ và từ điều kiện cân bằng thế ta có:

$$I_N \cdot X_{dt} = C_1 \cdot X_1 = C_2 \cdot X_2 = C_3 \cdot X_3$$

$$\Rightarrow C_1 = \frac{X_{dt}}{X_1}; C_2 = \frac{X_{dt}}{X_2}; C_3 = \frac{X_{dt}}{X_3}$$

$$\text{và: } I_N \cdot X_{\Sigma} = C_1 \cdot X_{1N} = C_2 \cdot X_{2N} = C_3 \cdot X_{3N}$$

$$\Rightarrow X_{1N} = \frac{X_{\Sigma}}{C_1} ; X_{2N} = \frac{X_{\Sigma}}{C_2} ; X_{3N} = \frac{X_{\Sigma}}{C_3}$$

Công suất ngắn mạch

Công suất ngắn mạch S_{Nt} vào thời điểm t là đại lượng qui ước được tính theo dòng ngắn mạch I_{Nt} vào thời điểm t trong quá trình quá độ và điện áp trung bình U_{tb} của đoạn tính dòng ngắn mạch:

$$S_{Nt} =$$

$$I_{Nt} \cdot U_{tb}$$

Các chỉ dẫn khi tính toán ngắn mạch

Công suất ngắn mạch dùng để chọn hay kiểm tra máy cắt, lúc đó t là thời điểm mà các tiếp điểm chính của máy cắt mở ra. Công suất này phải bé hơn công suất đặc trưng cho khả năng cắt của máy cắt hay còn gọi là công suất cắt định mức của máy cắt:

$$S_{Nt} < S_{Cdm} =$$

$$I_{Cdm} \cdot U_{dm}$$

Ngoài ra, khi đã biết công suất ngắn mạch S_{NH} (hoặc dòng ngắn mạch I_{NH}) do hệ thống cung cấp cho điểm ngắn mạch có thể tính được điện kháng của hệ thống đối với điểm ngắn mạch:

$$X_H = \frac{U_{tb}}{\sqrt{3} \cdot I_{NH}} = \frac{U_{tb}^2}{S_{NH}}$$

khi tính toán trong hệ đơn vị tương đối với các lượng cơ bản S_{cb} và $U_{cb} = U_{tb}$ thì:

$$X_H = \frac{I_{cb}}{I_{NH}} = \frac{S_{cb}}{S_{NH}}$$