Chương 7: TÍNH TOÁN NGẮN MẠCH

7.1. KHÁI NIỆM CHUNG

7.2. CÁC DẠNG NGẮN MẠCH CHÍNH

7.3. CÁC GIẢ THIẾT CƠ BẢN

7.4. TÍNH TOÁN ĐIỆN KHÁNG CÁC PHẦN TỬ

7.5. TRÌNH TỰ TIẾN HÀNH TÍNH TOÁN NGẮN MẠCH

7.6. TÍNH NGẮN MẠCH Ở MẠNG ĐIỆN ĐIỆN ÁP CAO

7.7. TÍNH NGẮN MẠCH Ở MẠNG ĐIỆN ĐIỆN ÁP THẤP

7.1. KHÁI NIỆM CHUNG

Ngắn mạch là tình trạng sự cố nghiêm trọng và thường xuyên xảy ra trong hệ thống cung cấp điện.

Do đó, các phần tử trong hệ thống cung cấp điện phải được tính toán và lựa chọn sao cho không những làm việc tốt trong trạng thái bình thường mà còn có thể chịu đựng được trạng thái sự cố trong giới hạn quy định cho phép.

7.1. KHÁI NIỆM CHUNG

Để lựa chọn được tốt các phần tử của hệ thống cung cấp điện phải dự đoán được các tình trạng ngắn mạch có thể xảy ra và điều quan trọng hơn là tính toán được các số liệu về tình trạng ngắn mạch như dòng điện ngắn mạch ở các thời điểm khác nhau, công suất ngắn mạch...

7.1. KHÁI NIỆM CHUNG

Các số liệu về tình trạng ngắn mạch là căn cứ quan trọng để giải quyết một loạt vấn đề khác như lựa chọn các thiết bị điện, thiết kế hệ thống bảo vệ rơle, định phương thức vận hành...

Tính toán ngắn mạch là một phần không thể thiếu được khi thiết kế cung cấp điện.

7.2. CÁC DẠNG NGẮN MẠCH CHÍNH

7.2.1. Định nghĩa

Ngắn mạch là hiện tượng các pha chập nhau (đối với mạng trung tính cách điện với đất) hoặc là hiện tượng các pha chập nhau và chạm đất (đối với mạng trung tính trung tính trực tiếp nối đất).

Ngắn mạch là hiện tượng mạch điện bị nối tắt lại qua một tổng trở rất nhỏ có thể xem như bằng không.

7.2. CÁC DẠNG NGẮN MẠCH CHÍNH

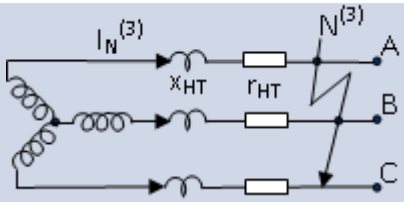
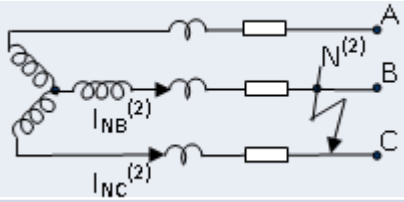
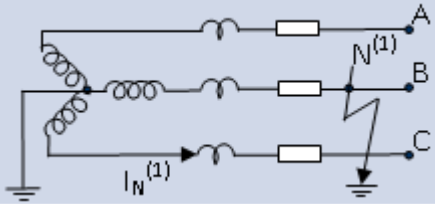
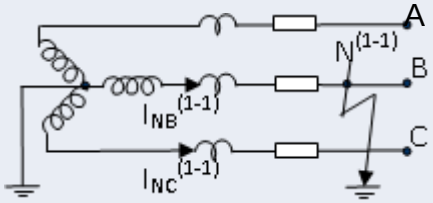
7.2.1. Định nghĩa

Lúc ngắn mạch tổng trở hệ thống bị giảm xuống và tùy theo vị trí điểm ngắn mạch xa hay gần nguồn cung cấp mà tổng trở hệ thống giảm xuống ít hay nhiều.

Khi ngắn mạch, trong mạch xuất hiện quá trình quá độ nghĩa là dòng điện và điện áp đều thay đổi, dòng điện tăng lên rất nhiều so với lúc làm việc bình thường, còn điện áp trong mạng điện thì giảm xuống.

Thời gian điện áp giảm xuống xác định bằng thời gian tác động của bảo vệ rơle và máy cắt điện đặt gần điểm ngắn mạch nhất.

7.2. CÁC DẠNG NGẮN MẠCH CHÍNH
7.2.2. Các dạng ngắn mạch

Dạng ngắn mạch	Sơ đồ nguyên lý	Ký hiệu	Xác xuất xảy ra [%]
Ngắn mạch ba pha		$N^{(3)}$	5
Ngắn mạch hai pha		$N^{(2)}$	10
Ngắn mạch một pha		$N^{(1)}$	65
Ngắn mạch hai pha chạm đất		$N^{(1-1)}$	20

Ký hiệu và xác suất xảy ra đối với từng dạng ngắn mạch

7.2. CÁC DẠNG NGẮN MẠCH CHÍNH

7.2.2. Các dạng ngắn mạch

Cần nghiên cứu ngắn mạch ba pha vì:

- Tuy ít xảy ra nhưng vẫn có khả năng xảy ra.
- Có lúc nó quyết định tình trạng làm việc của hệ thống điện chẳng hạn khi xảy ra ngắn mạch trên đường dây liên lạc giữa các hệ thống điện với nhau hay giữa các nhà máy điện với hệ thống.
- Từ ngắn mạch ba pha có thể dùng phương pháp thành phần đối xứng để tính dòng điện và điện áp của các dạng ngắn mạch khác (như ngắn mạch hai pha, một pha, hai pha chạm đất)...
- Trong tính toán chọn máy cắt điện và các khí cụ điện, cần kiểm tra ổn định lực điện động của chúng xuất phát từ dòng ngắn mạch ba pha.

7.2. CÁC DẠNG NGẮN MẠCH CHÍNH

7.2.3. Nguyên nhân của ngắn mạch

Do *cách điện bị hỏng*:

- Do vận hành lâu ngày cách điện bị già hóa mà không phát hiện kịp thời bằng các thử nghiệm định kỳ.

- Do sét đánh vào các đường dây tải điện trên không hoặc sét đánh trực tiếp vào thiết bị phân phối ngoài trời hoặc do quá điện áp nội bộ.

- Do nguyên nhân cơ học khác như cột điện bị đổ, khi đào đất chạm phải các đường dây cáp.

7.2. CÁC DẠNG NGẮN MẠCH CHÍNH

7.2.3. Nguyên nhân của ngắn mạch

Ngắn mạch xảy ra đôi khi còn do *thao tác nhầm lẫn* của nhân viên vận hành hoặc do *các nguyên nhân ngẫu nhiên khác* như chim bay hay động vật chạm phải các phần dẫn điện trần.

7.2. CÁC DẠNG NGẮN MẠCH CHÍNH

7.2.4. Hậu quả của ngắn mạch

- Khi ngắn mạch, dòng điện tăng lên rất nhiều gây đốt nóng cục bộ các bộ phận có dòng điện ngắn mạch đi qua dù thời gian tồn tại ngắn mạch rất ngắn.

- Tạo ra lực điện động lớn có thể phá hỏng các khí cụ điện, sứ đỡ hoặc làm uốn cong thanh dẫn...

- Điện áp mạng bị tụt xuống có thể làm cho động cơ điện ngừng quay, sản xuất bị ngừng trệ hoặc động cơ quay chậm lại và làm hư hỏng sản phẩm.

- Phá hoại sự làm việc đồng bộ của các máy phát điện trong hệ thống mất ổn định và tan rã.

- Làm gián đoạn việc cung cấp điện cho các hộ tiêu thụ.

7.2. CÁC DẠNG NGẮN MẠCH CHÍNH

7.2.5. Mục đích tính ngắn mạch

- Lựa chọn các thiết bị điện và khí cụ điện như máy cắt điện, dao cách ly, sứ cách điện, thanh dẫn...

- Lựa chọn các biện pháp hạn chế dòng ngắn mạch.

- Tính toán thiết kế bảo vệ rơle.

7.2. CÁC DẠNG NGẮN MẠCH CHÍNH

7.2.6. Nội dung tính toán ngắn mạch

- **I”** : dòng ngắn mạch siêu quá độ, là giá trị ban đầu của thành phần chu kỳ của dòng ngắn mạch. Nó được làm căn cứ để tính toán các số liệu khác như i_{xk}, I_{xk}.

- **i_{xk}** : dòng ngắn mạch xung kích tức thời là giá trị tức thời cực đại của dòng ngắn mạch toàn phần. Nó dùng để kiểm tra các thiết bị điện, thanh cái, sứ đở... vì khả năng ổn định lực điện động.

- **I_{xk}** : dòng ngắn mạch xung kích hiệu dụng.

- **$I_{0,2}$** : dòng ngắn mạch sau thời gian 0,2 giây, dùng để kiểm tra khả năng cắt của máy cắt.

7.2. CÁC DẠNG NGẮN MẠCH CHÍNH

7.2.6. Nội dung tính toán ngắn mạch

- $\mathbf{I_\infty}$: dòng ngắn mạch ở thời gian ổn định t = ∞ dùng để kiểm tra khả năng ổn định nhiệt của các thiết bị điện thanh góp, sứ đở...

- $\mathbf{S_{0,2}}$: công suất ngắn mạch lúc 0,2 giây, dùng để kiểm tra khả năng cắt của máy.

- $\mathbf{t_N}$: thời gian xảy ra ngắn mạch. Thời gian này được tính bằng tổng thời gian tác động của thiết bị bảo vệ và thời gian tác động của máy cắt. $t_N = t_{bv} + t_{MC}$

- $\mathbf{t_{gt}}$: thời gian giả thiết (còn gọi là thời gian quy đổi) là khoảng thời gian cần thiết để dòng ngắn mạch có thể phát ra một nhiệt lượng đúng bằng nhiệt lượng do dòng ngắn mạch thực tế phát ra trong thời gian t_N.

7.3. CÁC GIẢ THIẾT CƠ BẢN

Tính chính xác dòng điện ngắn mạch trong hệ thống điện phức tạp là một điều khó khăn, bản thân dòng điện ngắn mạch phụ thuộc vào nhiều yếu tố.

Để đơn giản hóa việc tính toán sẽ giả thiết:

7.3. CÁC GIẢ THIẾT CƠ BẢN

- Các máy phát điện không có dao động công suất, nghĩa là góc lệch pha giữa sức điện động của các máy phát điện không thay đổi trong thời gian ngắn mạch.

- Tính gần đúng phụ tải, thay phụ tải bằng một tổng trở cố định tập trung tại một điểm nút chung.

Với động cơ điện cỡ lớn, khi ngắn mạch ở gần cực của chúng, tại thời điểm ban đầu có thể xem như máy phát điện cung cấp dòng cho điểm ngắn mạch.

7.3. CÁC GIẢ THIẾT CƠ BẢN

- Bỏ qua điện trở quá độ ở nơi ngắn mạch.

- Không tính đến sự bão hòa từ của các hệ thống từ.

- Bỏ qua dòng điện từ hóa của máy biến áp.

- Bỏ qua dung dẫn của đường dây (trừ trường hợp điện áp cao U ≥ 220kV và đường dây dài).

- Hệ thống điện ba pha là đối xứng.

7.4. TÍNH TOÁN ĐIỆN KHÁNG CÁC PHẦN TỬ

Tính toán ngắn mạch trong mạng điện áp cao U>1000V chỉ xét đến những yếu tố có điện kháng ảnh hưởng lớn đến dòng ngắn mạch như máy phát điện, cuộn điện kháng, đường dây trên không, máy biến áp…

7.4. TÍNH TOÁN ĐIỆN KHÁNG CÁC PHẦN TỬ

7.4.1. Điện kháng máy phát điện

$$X_F = X''_d \frac{U_{đm}^2}{S_{đmF}} \quad [\Omega]$$

trong đó:

- $U_{đm} = U_{tb}$: điện áp trung bình định mức của máy phát [kV].
- $S_{đmF}$: dung lượng định mức của máy phát [MVA].
- X_F : điện kháng máy phát điện [Ω].
- X''_d : điện kháng siêu quá độ dọc trục của máy phát điện [Ω], tra ở bảng.

7.4. TÍNH TOÁN ĐIỆN KHÁNG CÁC PHẦN TỬ

7.4.1. Điện kháng máy phát điện

Điện kháng siêu quá độ dọc trục của máy phát điện

Thiết bị điện	X''_d [Ω]
- Máy phát điện tuốcbin nước không có cuộn cảm	0,3 ÷ 0,38
- Máy phát điện tuốcbin nước có cuộn cảm	0,14 ÷ 0,3
- Máy phát điện tuốcbin hơi	0,125
- Máy bù đồng bộ	0,15 ÷ 0,2
- Động cơ điện đồng bộ	0,18 ÷ 0,38

Điện áp trung bình định mức của các cấp

Cấp điện áp định mức [kV]	500	220	110	35	15	10	6	3	0,38
Điện áp trung bình định mức [kV]	500	230	115	37	15,75	10,5	6,3	3,15	0,4

7.4. TÍNH TOÁN ĐIỆN KHÁNG CÁC PHẦN TỬ

7.4.2. Điện kháng máy biến áp

$$X_{BA} = \frac{U_n\%}{100} \frac{U_{đm}^2}{S_{đmBA}} \quad [\Omega]$$

trong đó:

- $U_n\%$: điện áp ngắn mạch phần trăm của máy biến áp cho trên nhản máy hoặc tra trong sổ tay kỹ thuật.
- $U_{đm} = U_{tb}$: điện áp trung bình phía thứ cấp của máy biến áp [kV].
- $S_{đmBA}$: dung lượng định mức của máy biến áp [MVA].

7.4. TÍNH TOÁN ĐIỆN KHÁNG CÁC PHẦN TỬ

7.4.3. Điện kháng đường dây cáp và đường dây trên không

$$X_{đd} = x_o.l \quad [\Omega]$$

trong đó:

- l : chiều dài đường dây [km].
- S_{cb} : dung lượng cơ bản tự chọn [MVA].
- x_o : điện kháng trên một đơn vị chiều dài dây dẫn [Ω/km].

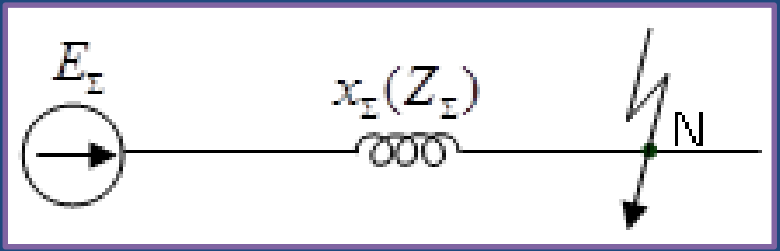
Điện kháng trên một đơn vị chiều dài dây dẫn

Loại đường dây	x_0 [Ω/km]
Đường dây trên không U = 6÷220kV	0,4
Đường dây trên không U ≤ 1000V	0,3
Cáp ba lõi U = 35kV	0,12
Cáp ba lõi U = 3÷10KV	0,07÷0,08
Cáp hạ áp U ≤ 1000V	0,06÷0,07

7.5. TRÌNH TỰ TIẾN HÀNH TÍNH TOÁN NGẮN MẠCH

7.5.1. Trình tự tính toán ngắn mạch

- Xác định điểm ngắn mạch.
- Xác định điện kháng các phần tử trong mạch điện ngắn mạch. Sau đó dùng phép biến đổi đưa về một sơ đồ đẳng trị để có một điện kháng tổng. Một đầu là sức điện động và đầu kia là điểm ngắn mạch.



Sơ đồ tính toán ngắn mạch

- Ứng dụng định luật Ohm để xác định dòng điện ngắn mạch. Như vậy xác định điện kháng là một bước quan trọng trong tính toán ngắn mạch.

7.5. TRÌNH TỰ TIẾN HÀNH TÍNH TOÁN NGẮN MẠCH

7.5.2. Chọn điểm ngắn mạch

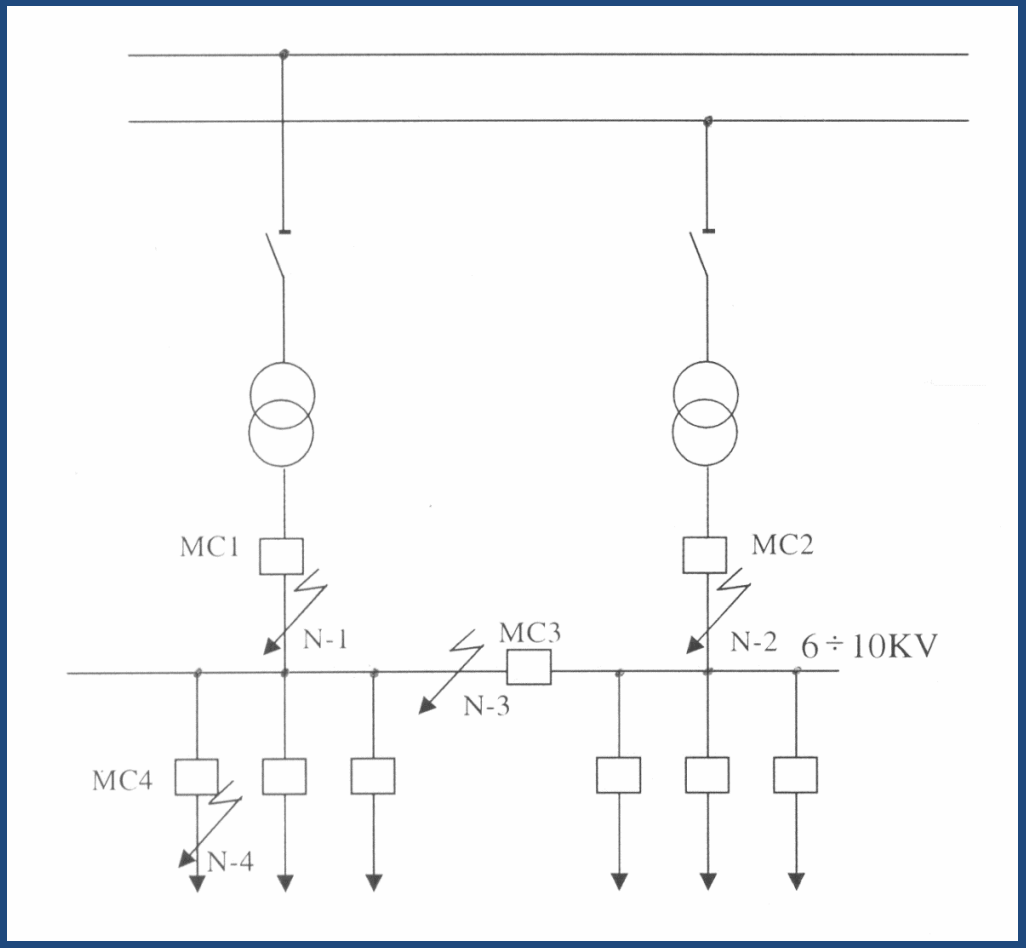
Để chọn thiết bị điện, phải kiểm tra điều kiện ổn định lực điện động và ổn định nhiệt.

Khi đó cần giả thiết rằng ngắn mạch tại một điểm nào đó mà dòng điện ngắn mạch chạy qua thiết bị là lớn nhất.

7.5. TRÌNH TỰ TIẾN HÀNH TÍNH TOÁN NGẮN MẠCH

7.5.2. Chọn điểm ngắn mạch

Xét sơ đồ mạng điện để tính ngắn mạch chọn thiết bị điện.



7.5. TRÌNH TỰ TIẾN HÀNH TÍNH TOÁN NGẮN MẠCH

7.5.2. Chọn điểm ngắn mạch

Muốn chọn máy cắt MC1, tính ngắn mạch tại N-1. Chọn MC2, tính ngắn mạch ở N-2. Chọn MC3 tính, ngắn mạch ở N-3.

Như thế có quá nhiều điểm ngắn mạch phải tính. Thực ra sơ đồ này chỉ cần tính một điểm hai điểm ngắn mạch mà thôi.

7.5. TRÌNH TỰ TIẾN HÀNH TÍNH TOÁN NGẮN MẠCH

7.5.2. Chọn điểm ngắn mạch

Có thể tính điểm ngắn mạch N-4 từ điểm N-1 và N-2 vì điểm ngắn mạch N-1 và N-2 so với điểm N-4 rất gần nhau (chỉ qua thanh góp, điện kháng không đáng kể).

Nếu thiết bị của 2 máy biến áp hoàn toàn tương tự thì có thể tính một điểm và suy ra $I_{N-4} = 2I_{N-1} = 2I_{N-2}$.

7.5. TRÌNH TỰ TIẾN HÀNH TÍNH TOÁN NGẮN MẠCH

7.5.2. Chọn điểm ngắn mạch

Còn đối với MC3 chọn lấy giá trị dòng ngắn mạch nào trong 2 dòng I_{N-1} và I_{N-2} là lớn nhất.

Vì chọn điểm có dòng ngắn mạch lớn nhất nên khi tính, giả thiết máy cắt MC3 đóng lại.

Như vậy khi tính toán cần nghiên cứu kỹ sơ đồ sao cho chỉ chọn một vài điểm ngắn mạch là có thể tính được cho việc lựa chọn hầu hết các thiết bị trong mạch đó.

7.5. TRÌNH TỰ TIẾN HÀNH TÍNH TOÁN NGẮN MẠCH

7.5.3. Thành lập sơ đồ thay thế

Muốn tính dòng điện ngắn mạch, trước tiên phải thành lập sơ đồ thay thế.

Đây là sơ đồ đơn tuyến, trong đó mỗi phần tử của hệ thống điện được thay bằng một điện kháng tương ứng, với máy phát điện được thay bằng một điện kháng và một sức điện động.

Trong sơ đồ thay thế, mỗi phần tử của mạch điện được biểu diễn bằng một phân số, tử số ghi số thứ tự của của phần tử còn mẫu số ghi trị số điện kháng của phần tử đó.

7.5. TRÌNH TỰ TIẾN HÀNH TÍNH TOÁN NGẮN MẠCH

7.5.3. Thành lập sơ đồ thay thế

Xét một phần tử bất kỳ của hệ thống điện ba pha có các thông số định mức: điện áp định mức $U_{đm}$ [kV], dòng điện định mức $I_{đm}$ [kA], công suất định mức $S_{đm}$ [kVA], điện kháng định mức $x_{đm}$ [Ω].

Chúng liên hệ với nhau bởi các điều kiện:

$$S_{đm} = \sqrt{3}\, U_{đm}\, I_{đm}$$

$$x_{đm} = \frac{U_{đm}}{\sqrt{3}\, I_{đm}}$$

7.5. TRÌNH TỰ TIẾN HÀNH TÍNH TOÁN NGẮN MẠCH

7.5.4. Xác định tổng trở kháng

Nếu trong sơ đồ có nhiều cấp điện áp khác nhau, điện kháng các phần tử trong sơ đồ phải được quy đổi về cùng một cấp điện áp cơ bản.

Cấp điện áp cơ bản này là cấp điện áp tính trạm ngắn mạch, tức là điểm ngắn mạch ở cấp điện áp nào thì U_{cb} được lấy là điện áp trung bình định mức của cấp điện áp đó.

7.5. TRÌNH TỰ TIẾN HÀNH TÍNH TOÁN NGẮN MẠCH

7.5.4. Xác định tổng trở kháng

Công thức quy đổi điện kháng: $X_{Ucb} = X_{Utb}\left(\frac{Ucb}{Utb}\right)^2$

trong đó:

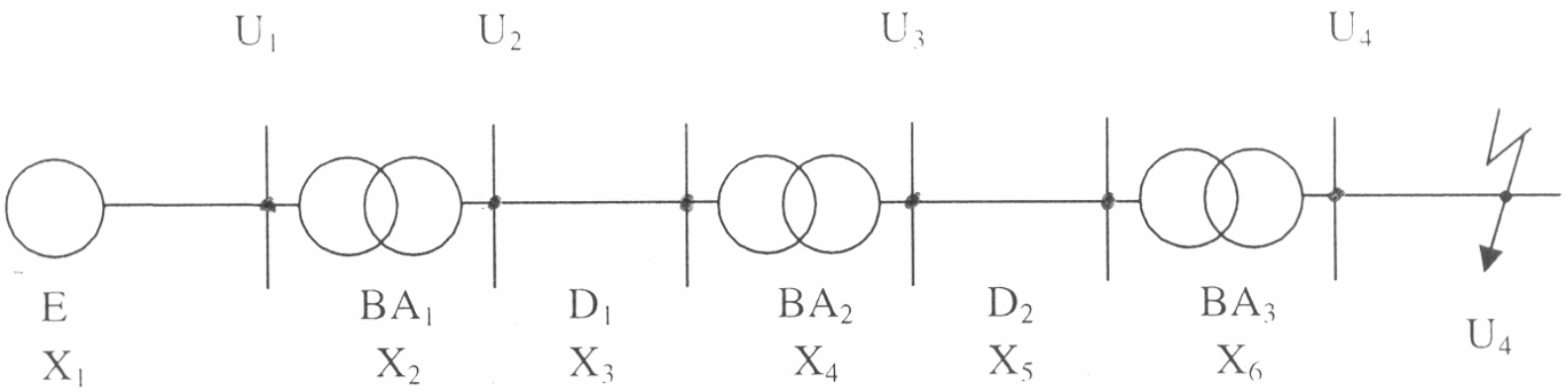
- X_{Ucb} : điện kháng quy về điện áp cơ bản tính toán [Ω]
- X_{Utb} : điện kháng ứng với cấp điện áp trung bình của phần tử điện kháng [Ω]

Khi có được giá trị điện kháng các phần tử quy về cùng cấp điện áp cơ bản tính toán, tính được điện kháng tổng từ nguồn đến điểm ngắn mạch.

7.5. TRÌNH TỰ TIẾN HÀNH TÍNH TOÁN NGẮN MẠCH

7.5.4. Xác định tổng trở kháng

Xét sơ đồ mạng điện để tính điện kháng các phần tử



7.5. TRÌNH TỰ TIẾN HÀNH TÍNH TOÁN NGẮN MẠCH

7.5.4. Xác định tổng trở kháng

Cấp điện áp cơ bản tính toán là $U_{cb} = U_4$

Giá trị điện kháng các phần tử quy đổi về cấp điện áp cơ bản tính toán như sau:

- Máy phát điện: $X_{1qđ} = X_1\left(\frac{U_{cb}}{U_1}\right)^2 = X_1\left(\frac{U_4}{U_1}\right)^2$

- Máy biến áp 1: $X_{2qđ} = X_2\left(\frac{U_{cb}}{U_2}\right)^2 = X_2\left(\frac{U_4}{U_2}\right)^2$

- Đường dây 1: $X_{3qđ} = X_3\left(\frac{U_{cb}}{U_3}\right)^2 = X_3\left(\frac{U_4}{U_3}\right)^2$

- Máy biến áp 2: $X_{4qđ} = X_4\left(\frac{U_{cb}}{U_3}\right)^2 = X_4\left(\frac{U_4}{U_3}\right)^2$

- Đường dây 2: $X_{5qđ} = X_5\left(\frac{U_{cb}}{U_3}\right)^2 = X_5\left(\frac{U_4}{U_3}\right)^2$

7.5. TRÌNH TỰ TIẾN HÀNH TÍNH TOÁN NGẮN MẠCH

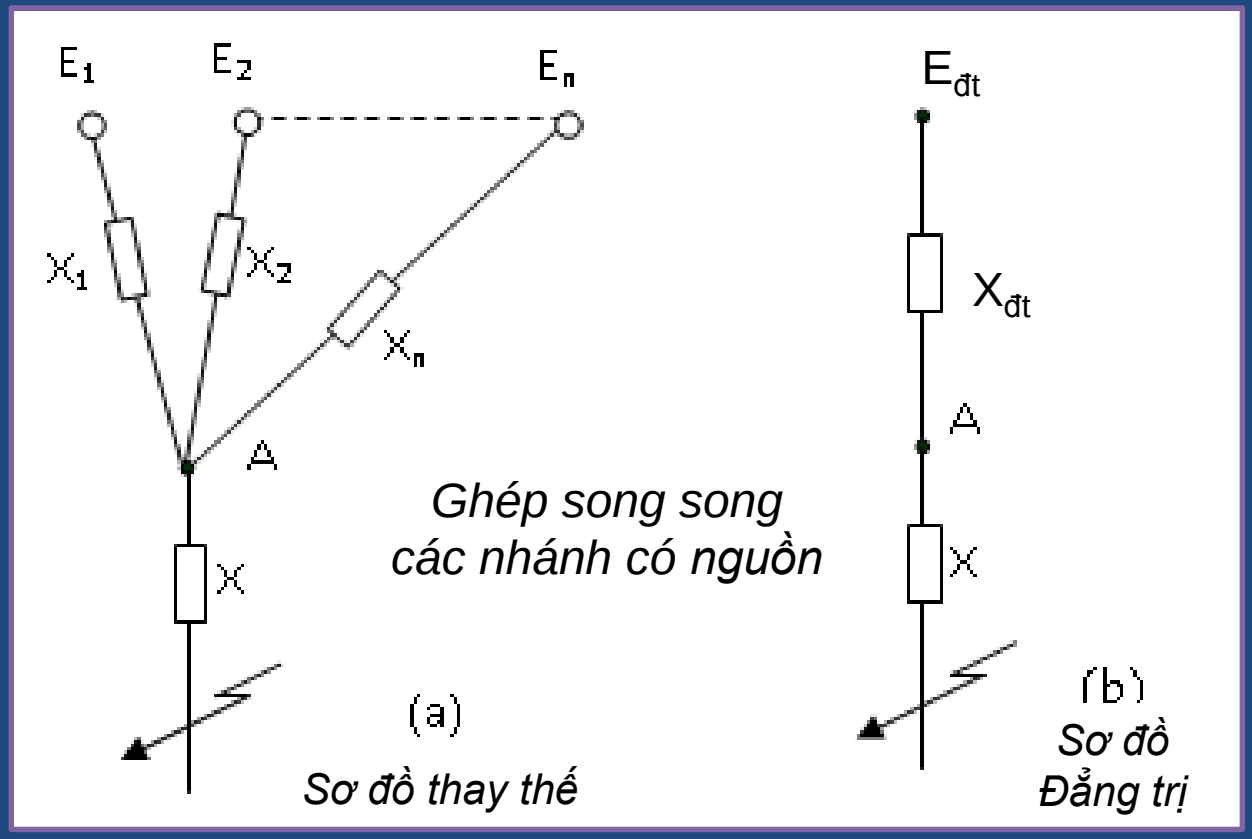
7.5.5. Biến đổi sơ đồ thay thế về dạng đơn giản

Sau khi thành lập sơ đồ thay thế và tính điện kháng của các phần tử, cần phải tiến hành các phép biến đổi để đưa sơ đồ về dạng đơn giản nhất.

7.5. TRÌNH TỰ TIẾN HÀNH TÍNH TOÁN NGẮN MẠCH

7.5.5. Biến đổi sơ đồ thay thế về dạng đơn giản

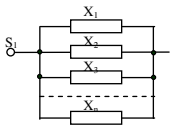
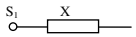
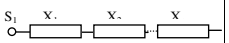
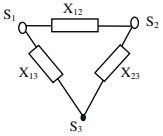
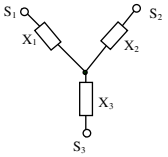
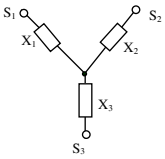
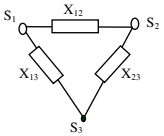
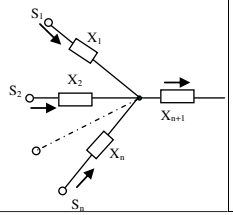
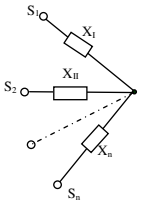
7.5.5.1. Ghép song song các nhánh có nguồn



7.5. TRÌNH TỰ TIẾN HÀNH TÍNH TOÁN NGẮN MẠCH

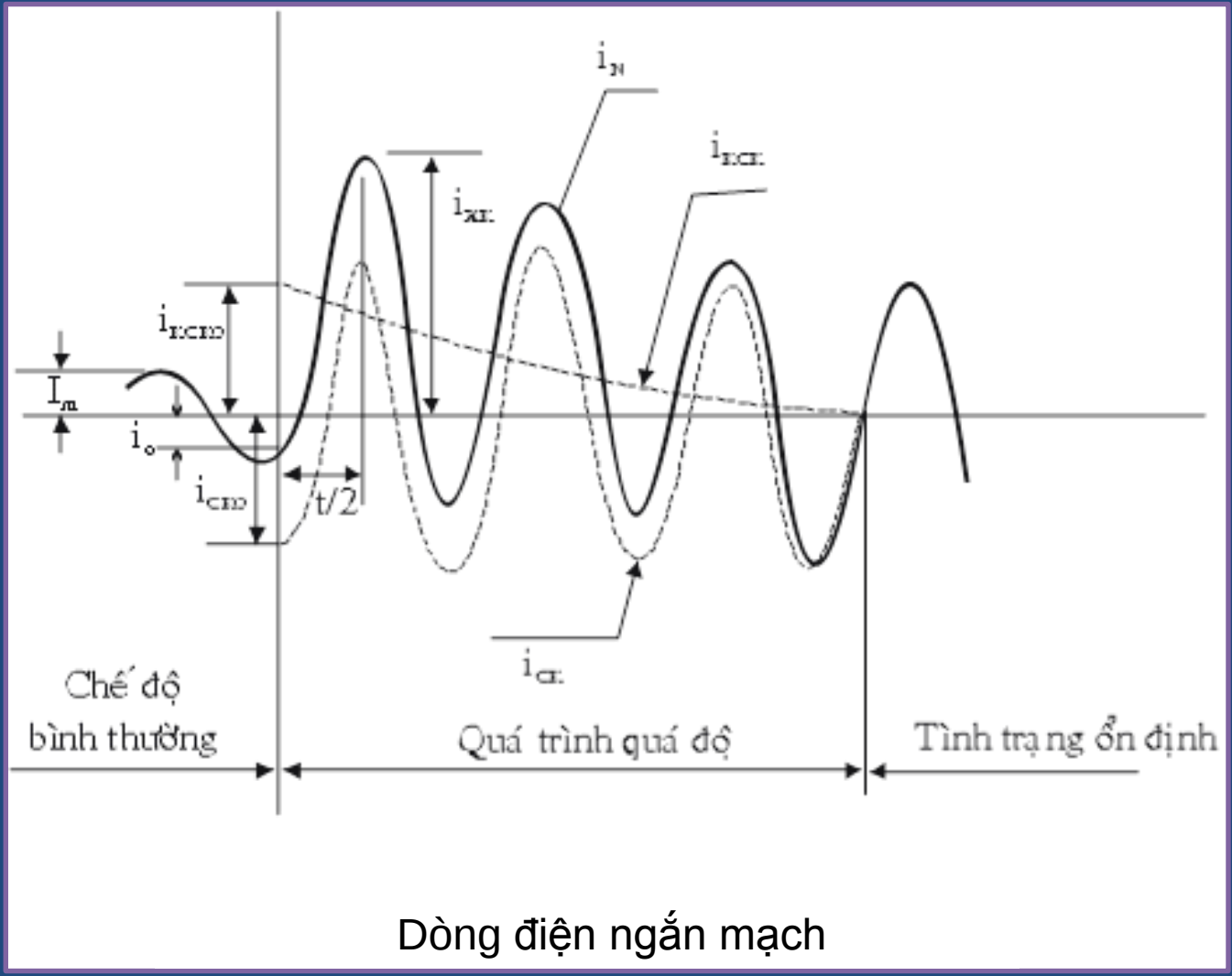
7.5.5. Biến đổi sơ đồ thay thế về dạng đơn giản

7.5.5.2. Biến đổi tương đương các nhánh không có nguồn

Sơ đồ ban đầu	Sơ đồ tương đương	Công thức biến đổi
		$\frac{1}{X}=\sum_{i=1}^{n}\frac{1}{X_i}$
		$X=\sum_{i=1}^{n}X_i$
		$X_1=\frac{X_{12}\times X_{13}}{X_{12}+X_{13}+X_{23}}$ $X_2=\frac{X_{12}\times X_{23}}{X_{12}+X_{13}+X_{23}}$ $X_3=\frac{X_{23}\times X_{13}}{X_{12}+X_{13}+X_{23}}$
		$X_{12}=X_1+X_2+\frac{X_1X_2}{X_3}$ $X_{13}=X_1+X_3+\frac{X_1X_3}{X_2}$ $X_{23}=X_2+X_3+\frac{X_2X_3}{X_1}$
		$X_I=X_1X_n+1\sum_{i=1}^{n+1}\frac{1}{X_i}$ $X_{II}=X_2X_n+1\sum_{i=1}^{n+1}\frac{1}{X_i}$ $X_K=X_nX_n+1\sum_{i=1}^{n+1}\frac{1}{X_i}$

7.6. TÍNH NGẮN MẠCH Ở MẠNG ĐIỆN ĐIỆN ÁP CAO

7.6.1. Ngắn mạch ba pha trong mạng điện đơn giản



Dòng điện ngắn mạch

7.6. TÍNH NGẮN MẠCH Ở MẠNG ĐIỆN ĐIỆN ÁP CAO

7.6.1. Ngắn mạch ba pha trong mạng điện đơn giản

Từ hình vẽ cho thấy dòng điện ngắn mạch đạt trị số lớn nhất sau nữa bán chu kỳ (t = 0,01sec). Nó bằng tổng trị số tức thời dòng điện chu kỳ và không chu kỳ và gọi là dòng điện ngắn mạch xung kích.

$$i_{xk} = i_{ck}(t = 0,01) + i_{kck}(t = 0,01)$$

Hay: $$i_{xk} = I_{ckm} + I_{ckm}.\, e^{-\frac{0,01}{Ta}} = (1+e^{-\frac{0,01}{Ta}})\, I_{ckm}$$

$$i_{xk} = k_{xk}.I_{ckm} = k_{xk}.\sqrt{2}\, I_{ck}$$

trong đó:

$k_{xk} = 1+e^{-\frac{0,01}{Ta}}$ là hệ số xung kích của dòng điện ngắn mạch.

7.6. TÍNH NGẮN MẠCH Ở MẠNG ĐIỆN ĐIỆN ÁP CAO

7.6.1. Ngắn mạch ba pha trong mạng điện đơn giản

- Nếu mạch điện thuần cảm ($x_\Sigma = 0$) thì $T_a = \infty$ và $K_{xk} = 2$, nghĩa là dòng điện không chu kỳ không tắt dần.

- Nếu mạch điện thuần trở ($r_\Sigma = 0$) thì $T_a = 0$ và $K_{xk} = 1$, nghĩa là thành phần không chu kỳ không xuất hiện.

Như vậy: $1 \le K_{xk} \le 2$

Hệ số k_{xk} có thể tra được theo đường cong $k_{xk} = f(T_a)$, $K_{xk} = f\left(\frac{x}{r}\right)$ hoặc tra bảng ở sổ tay kỹ thuật.

7.6. TÍNH NGẮN MẠCH Ở MẠNG ĐIỆN ĐIỆN ÁP CAO

7.6.2. Trị số hiệu dụng của dòng điện ngắn mạch toàn phần

Dòng điện ngắn mạch toàn phần trong quá trình quá độ không phải là đường cong hình sin vì có sự tham gia của dòng điện không chu kỳ.

Như vậy trị số hiệu dụng của dòng điện ngắn mạch toàn phần tại thời điểm t là $I_{N(t)}$ có thể tính gần đúng như giá trị trung bình bình phương trong bán chu kỳ (0,02sec) mà thời điểm t nằm giữa.

$$i_{N(t)} = \sqrt{I^2_{ck(t)} + I^2_{kck(t)}}$$

7.6. TÍNH NGẮN MẠCH Ở MẠNG ĐIỆN ĐIỆN ÁP CAO

7.6.2. Trị số hiệu dụng của dòng điện ngắn mạch toàn phần

Trị số hiệu dụng của dòng điện xung kích I_{xk} tại thời điểm t = $\frac{T}{2}$ = 0,01sec và với điều kiện $I_{kck(0)} = I_{ckm}$ (trước lúc ngắn mạch là không tải)

$$I_{kck(t)} = i_{xk} - I_{ckm} = k_{xk}.I_{ckm} - I_{ckm} = (k_{xk} - 1)I_{ckm}$$

$$I_{kck(t)} = \sqrt{2}(k_{xk} - 1)\, I_{ck(t)}$$

Cuối cùng tính được:

$$i_{N(t)} = \sqrt{I^2_{ck(t)} + 2(kxk - 1)\, I^2_{ck(t)}}$$

$$i_{N(t)} = \sqrt{1 + 2(kxk - 1)^2}\, I_{ck(t)}$$

7.7. TÍNH NGẮN MẠCH Ở MẠNG ĐIỆN ĐIỆN ÁP THẤP

7.7.1. Các giả thiết

- Vì phần lớn các máy biến áp ở phân xưởng đều có công suất bé hơn nhiều so với công suất nguồn cung cấp. Vì vậy trong tính toán có thể xem công suất của nguồn cung cấp là vô cùng lớn. Do đó, thành phần chu kỳ sẽ không đổi trong suốt thời gian ngắn mạch và bằng

$$I_{ck\infty} = I''$$

- Điện trở của các phần tử trong mạng điện, máy biến áp, đường dây, điện trở tiếp xúc của các máy cắt điện ... có ảnh hưởng lớn đến trị số ngắn mạch nên không thể bỏ qua được.

7.7. TÍNH NGẮN MẠCH Ở MẠNG ĐIỆN ĐIỆN ÁP THẤP

7.7.1. Các giả thiết

- Vì điện trở tương đối lớn nên thành phần tắt dần tắt rất nhanh, có thể bỏ qua không tính đến thành phần này. Tính toán cho thấy rằng đối với máy biến áp có dung lượng S=1000kVA thì dòng điện tắt dần sẽ tắt nhanh theo thời gian với t = 0,3sec.

- Tổng trở máy biến áp và các phần tử nối bên thứ cấp máy biến áp là không đủ lớn, do đó khi ngắn mạch bên thứ cấp máy biến áp thì có thể xem điện áp bên sơ cấp là không thay đổi.

7.7. TÍNH NGẮN MẠCH Ở MẠNG ĐIỆN ĐIỆN ÁP THẤP

7.7.1. Các giả thiết

▪ Điện kháng tương đối của nguồn tới mạng điện điện áp thấp không nhỏ hơn trị số $x_{*tt} > 0,43$.

$$x_{*HTđm} = x_{*Fđm} + x_{*BAđm} + x_{*dd} + x_{*BIđm}$$

$$= 0,125 + 0,105 + 0,105 + 0,105 = 0,43$$

▪ Khi tính toán trong mạng điện áp thấp thường dùng hệ đơn vị có tên U[V], I[A], R[mΩ], x[mΩ], S[kVA].

7.7. TÍNH NGẮN MẠCH Ở MẠNG ĐIỆN ĐIỆN ÁP THẤP

7.7.2. Tính công suất của hệ thống điện

Trường hợp hệ thống cung cấp điện được đấu vào máy cắt điện, biết được công suất cắt của máy cắt, lúc đó lấy công suất ngắn mạch của hệ thống bằng công suất cắt của máy cắt $S_{NHT} = S_{cắt}$.

7.7. TÍNH NGẮN MẠCH Ở MẠNG ĐIỆN ĐIỆN ÁP THẤP

7.7.3. Tính dòng điện ngắn mạch

Tính dòng điện ngắn mạch 3 pha dù có dây trung tính hay không cũng dùng công thức:

$$I_N = \frac{U_{tb}}{\sqrt{3}.\sqrt{R^2_{\Sigma} + X^2_{\Sigma}}}. 10^3 \quad [kA]$$

trong đó:

- U_{tb} : điện áp trung bình định mức ứng với điểm ngắn mạch [V]
- R_{Σ}, X_{Σ} : điện trở tổng, điện kháng tổng từ nguồn đến điểm ngắn mạch [mΩ]

7.7. TÍNH NGẮN MẠCH Ở MẠNG ĐIỆN ĐIỆN ÁP THẤP

7.7.3. Tính dòng điện ngắn mạch

Trị số tức thời của dòng ngắn mạch xung kích:

$$i_{xk} = k_{xk}.\sqrt{2}.I_N$$

Trị số hiệu dụng của dòng ngắn mạch xung kích:

$$I_{xk} = I_N \sqrt{1 + 2(k_{xk} - 1)^2}$$

với K_{xk} là hệ số xung kích

Vị trí của điểm ngắn mạch	Hệ số k_{xk}
Trên thanh cái máy biến áp	
- S = (500 1000)kVA , U_n% = 5,5	1,3
- S = (100 320)kVA , U_n% = 5,5	1,2
Ở xa máy biến áp	1,0

7.7. TÍNH NGẮN MẠCH Ở MẠNG ĐIỆN ĐIỆN ÁP THẤP

7.7.3. Tính dòng điện ngắn mạch

Trong trường hợp ngắn mạch ngay đầu cực của động cơ không đồng bộ thì động cơ này có thể trở thành máy phát điện, cung cấp dòng điện có trị số tức thời khoảng 6,5 lần dòng định mức của động cơ.

Do đó dòng điện xung kích tính:

$$i_{xk} = K_{xk}.\sqrt{2}.I_N + 6,5_{đmĐC}$$