

**TIÊU CHUẨN
QUỐC TẾ**

**IEC
909-1**

**XUẤT BẢN LẦN THỨ NHẤT
1991**

**DÒNG NGẮN MẠCH
TRONG LƯỚI ĐIỆN
BA PHA XOAY CHIỀU**

PHẦN 1

Các hệ số tính toán dòng
ngắn mạch ba pha xoay chiều
theo Tiêu chuẩn IEC 909

NỘI DUNG

LỜI NÓI ĐẦU .

Phần 1 : Tổng quát.....	4
<i>1.1- Phạm vi và đối tượng :</i>	<i>4</i>
<i>1.2- Các tài liệu tham khảo chuẩn tắc :</i>	<i>4</i>
<i>1.3- áp dụng các hệ số :</i>	<i>4</i>
<i>1.4- Các ký hiệu, các chỉ số viết ở dưới và các chỉ số viết ở trên</i>	<i>5</i>
Phần 2 : Các hệ số được dùng trong IEC 909.....	7
<i>2.1- Hệ số C đối với nguồn điện áp tương đương ở điểm ngắn mạch.....</i>	<i>7</i>
<i>2.2- Các hệ số hiệu chỉnh tổng trở $K(K_G, K_{psu})$ khi tính toán các tổng trở</i>	<i>14</i>
<i>2.3- Hệ số K để tính dòng ngắn mạch đỉnh</i>	<i>32</i>
<i>2.4- Hệ số α để tính toán dòng ngắn mạch đối xứng</i>	<i>44</i>
<i>2.5- Hệ số β (β_{max}, β_{min}) để tính toán dòng ngắn mạch trạng thái ổn định</i>	<i>50</i>
<i>2.6- Hệ số q để tính toán dòng cắt ngắn mạch của các động cơ không đồng bộ</i>	<i>56</i>
<i>2.7- Đánh giá sự góp phần của các động cơ không đồng bộ hoặc các</i>	<i>62</i>

ỦY BAN KỸ THUẬT ĐIỆN QUỐC TẾ

**TÍNH TOÁN DÒNG NGẮN MẠCH TRONG
HỆ THỐNG ĐIỆN XOAY CHIỀU 3 PHA .**

**Phần 1 : Các hệ số để tính toán các dòng ngắn mạch
trong hệ thống xoay chiều (A.C) 3 pha theo IEC-909.**

LỜI NÓI ĐẦU :

1) Các quyết định hoặc thoả thuận chính thức của IEC về các vấn đề kỹ thuật đã được soạn thảo bởi các Ủy ban kỹ thuật, trong đó có đại diện của các Ủy ban Quốc gia đang có quan tâm đặc biệt đến vấn đề này, thể hiện sự nhất trí Quốc tế cao về các chủ đề đã được đề cập .

2) Các quyết định hoặc thoả thuận này là các khuyến nghị để sử dụng Quốc tế và đã được các Ủy ban Quốc gia chấp nhận theo ý nghĩa đó .

3) Để xúc tiến sự thống nhất Quốc tế, IEC bày tỏ mong muốn tất cả các Ủy ban Quốc gia nên chấp thuận khuyến nghị của IEC như là các quy định quốc gia của mình trong chừng mực các điều kiện Quốc gia cho phép. Bất kỳ sự khác biệt nào giữa khuyến nghị của IEC và quy định Quốc gia tương ứng, cần được nêu rõ trong chừng mực cho phép trong các quy định này .

Phần này của IEC 909 có dạng của một báo cáo kỹ thuật đã được soạn thảo bởi Ủy ban kỹ thuật IEC số 73 : các dòng ngắn mạch

Văn bản của phần này được dựa vào các tài liệu sau :

Quy tắc sáu tháng	Biên bản biểu quyết
73 (CO)13	73(CO)14

Thông tin đầy đủ về biểu quyết chấp thuận phần này có thể tìm thấy trong biên bản biểu quyết được chỉ ở biểu trên

Báo cáo này là một báo cáo kỹ thuật loại 2 : Nó không được coi là một tiêu chuẩn quốc tế. Việc xem xét lại báo cáo này sẽ được tiến hành không chậm hơn 2 năm sau ấn phẩm của nó và kéo dài hiệu lực trong 2 năm, để chuyển đổi nó thành tiêu chuẩn Quốc tế hoặc huỷ bỏ .

Phụ lục A chỉ là để thông tin .

TÍNH TOÁN DÒNG NGẮN MẠCH TRONG HỆ THỐNG XOAY CHIỀU 3 PHA

Phần 1 : Các hệ số để tính toán các dòng ngắn mạch trong các hệ thống xoay chiều 3 pha theo IEC 909 .

Phần 1 : Tổng quát

1.1- Phạm vi và đối tượng :

Báo cáo kỹ thuật IEC này nhằm nêu ra nguồn gốc và cách áp dụng trong các giới hạn cần thiết , các hệ số được sử dụng để đáp ứng các yêu cầu chính xác kỹ thuật và đơn giản khi tính toán các dòng ngắn mạch theo IEC 909. Vì vậy báo cáo kỹ thuật này là một bổ sung vào IEC 909. Tuy nhiên, nó không làm thay đổi phần cơ bản về phương pháp tính toán được tiêu chuẩn hoá đã cho trong ấn phẩm đó .

Ghi chú : Các tài liệu tham khảo để cập tới một số trường hợp để giúp thêm chứ không làm thay đổi phương pháp đã đặt ra trong tiêu chuẩn .

1.2- Các tài liệu tham khảo chuẩn tắc :

Các tiêu chuẩn sau đây có các điều khoản quy định, qua tham khảo trong văn bản này, đã tạo thành các điều khoản quy định của phần này của IEC 909. Ở thời điểm ban hành, các ấn phẩm đều có hiệu lực. Tất cả các tiêu chuẩn đều cần xem xét lại, và các bên tham gia xét duyệt tiêu chuẩn phần này của IEC 909 đều được khuyến khích nghiên cứu khả năng áp dụng các ấn phẩm mới nhất của các tiêu chuẩn đã chỉ ra dưới đây, Các thành viên của IEC và ISO vẫn lưu giữ các bản ghi tên các tiêu chuẩn Quốc tế có hiệu lực.

IEC 38 : Các điện áp tiêu chuẩn IEC

IEC 865 : 1986, tính toán các hiệu ứng của các dòng ngắn mạch .

IEC 909 : 1988, tính toán dòng ngắn mạch trong các hệ thống xoay chiều 3 pha .

1.3- áp dụng các hệ số :

1.3.1- Các hệ số C .

Các hệ số C_{max} và C_{min} được sử dụng cùng với nguồn điện áp tương đương ở điểm ngắn mạch để tính toán các dòng ngắn mạch ban đầu cực tiểu và cực đại .
(Điều 2.1)

1.3.2- Các hệ số K .

Các hệ số hiệu chỉnh tổng trở K_G và K_{PSU} được đưa vào khi tính toán các tổng trở ngắn mạch của các máy phát và các tổ máy phát (Điều 2.2).

1.3.3- Hệ số k

Dòng ngắn mạch đỉnh được tính toán bằng cách sử dụng hệ số này (điều 2.3) .

1.3.4- Các hệ số \sim , $\}$ và q .

Các hệ số này được dùng khi tính toán độ giảm sút thành phần xoay chiều dòng ngắn mạch ở gần máy phát (các điều 2.4, 2.5 và 2.6) .

1.3.5- Đóng góp của các động cơ không đồng bộ vào dòng ngắn mạch ban đầu

Tính toán và sử dụng các phương trình thích hợp để kiểm tra sự đóng góp của các động cơ không đồng bộ hoặc một tổ các động cơ không đồng bộ vào dòng ngắn mạch ban đầu (điều 2.7)

1.4- Các ký hiệu, các chỉ số viết ở dưới và các chỉ số viết ở trên .

Các ký hiệu, các chỉ số dưới và chỉ số trên sau đây được dùng để bổ sung vào những cái đã được định nghĩa trong IEC 909 .

1.4.1- Các ký hiệu :

- E Điện áp sau điện kháng dọc trục một chiều đồng bộ của 1 máy đồng bộ, xem hình 16.
- E Sai số .
- E' Điện áp sau điện kháng dọc trục một chiều quá độ của một máy đồng bộ
Xem hình 16
- E''_Q Điện áp quá độ phụ sau tổng trở lộ cấp của lưới điện được nối ở Q
- $E_o(I_f)$ Điện áp cực của một máy điện đồng bộ bị bão hoà ở không tải ($I_G=0$) như một hàm số của I_f .
- I^b Dòng nhánh (dòng tải) trước khi ngắn mạch
- I_f Dòng trường của một máy điện đồng bộ .
- $I''_{KU}{}^b$ Dòng ngắn mạch đối xứng ban đầu gây ra bởi điện áp $-U^b$, khi tính toán các dòng ngắn mạch, sử dụng phương pháp xếp chồng .
- P_G hoặc P_T Các giá trị tương đối để xác định miền đối với sự thay đổi các điện áp đầu cực, chẳng hạn $U_G = U_{TG} (1 \pm P_G)$ hoặc $U_{THV} = U_{fTHV} (1 \pm P_T)$
- T_{AC} Hằng số thời gian AC của một động cơ không đồng bộ
- T''_N Giá trị trung bình của hằng số thời gian T''_{dN} và T''_{qN}

$T_{\mu q}$	Hằng số thời gian được tính toán với tích $\mu.q$ (2.6.2)
t_p	Thời gian từ lúc bắt đầu một ngắn mạch đến khi có dòng ngắn mạch đỉnh i_p .
U^b	Điện áp ở điểm ngắn mạch trước khi ngắn mạch.
X_p	Điện kháng Potier.
Y	Độ dẫn nạp
γ	Góc tổng trở
Δ	Độ lệch
φ_U	Góc điện áp

1.4.2- Các chỉ số viết ở dưới.

O	Không tải (T''_{do})
AC	Dòng xoay chiều
ad	Chấp nhận được
DC	Dòng một chiều
d	Dọc trục (xem q)
IEC	Theo IEC 909, chẳng hạn K_{psu} (IEC)
i	Nội (bên trong)
L	Tải (phụ tải)
N	Lưới
q	Trục cầu phương (xem d)
S	Phương pháp xếp chồng (S)
t_r	Tỷ số hằng số biến đổi ($t = t_r =$ hằng số, tức là $K_{psu}(t_r)$)
t	Tỷ số biến đổi ($t \neq t_r$)

1.4.3- Các chỉ số viết ở trên.

b	Trước khi
'	Quá độ

Phần 2 : Các hệ số được dùng trong IEC 909

2.1- Hệ số C đối với nguồn điện áp tương đương ở điểm ngắn mạch

2.1.1- Tổng quát :

Độ lớn của một dòng ngắn mạch trong một hệ thống xoay chiều 3 pha (các dòng ngắn mạch cực tiểu hoặc cực đại) tại bất kỳ điểm nào đều phụ thuộc trước tiên vào cấu hình của lưới điện, các máy phát hoặc các tổ máy của trạm phát điện và các động cơ điện đang vận hành và thứ hai phụ thuộc vào trạng thái vận hành của lưới điện trước khi xảy ra ngắn mạch .

Các biến đổi trong khi vận hành trong một hệ thống xoay chiều 3 pha là rất rộng. Vì thế thật là khó khăn để tìm được điều kiện tải đặc biệt này (riêng) dẫn đến hoặc là 1 dòng ngắn mạch cực tiểu hoặc cực đại tại các điểm khác nhau của hệ thống đó. Trong một hệ thống đã cho, có bao nhiêu độ lớn dòng ngắn mạch khác nhau thì có thể có bấy nhiêu các điều kiện dòng tải khác nhau đối với từng điểm (chỗ, nơi). Thông thường, các trường hợp dòng tải cực hạn đều không được biết bằng kinh nghiệm .

Vì thế, IEC 909 khuyến nghị một phương pháp tính toán với các nguồn điện áp tương đương $cU_n/\sqrt{3}$ ở điểm ngắn mạch. Phương pháp này được mô tả trong điều 6, là một phương pháp gần đúng không có các điều kiện vận hành đặc biệt. Mục đích của phương pháp này là tìm ra các dòng ngắn mạch cực đại với độ chính xác vừa đủ, chủ yếu có tính đến các khía cạnh an toàn và các khía cạnh kinh tế chừng nào có thể được.

Trong giai đoạn lập kế hoạch một lưới điện, các trạng thái dòng tải tương lai khác nhau đều không được biết. Vì thế, nguồn điện áp tương đương $cU_n/\sqrt{3}$ được dựa vào điện áp hệ thống bình thường U_n và hệ số $c = c_{\max}$ hoặc $c = c_{\min}$ để tính toán các dòng ngắn mạch cực tiểu hoặc cực đại. Các hệ số này được cho trong bảng I của IEC 909. Việc đưa vào hệ số c là cần thiết vì các lý do khác nhau (IEC 909, 3.16).

- Điện áp biến đổi tùy thuộc vào thời gian và nơi
- Việc chuyển đổi các nấc biến áp
- Các tải và điện dung bỏ sót do các tính toán theo điều 6 của IEC 909 (2.1.3)
- Các tính năng quá độ phụ của các máy phát điện, các tổ trạm phát điện và các động cơ

Ý nghĩa của hệ số c này được mô tả đối với một mô hình đơn giản của một lưới điện hình tia trong 2.1.4. Hơn nữa các kết quả của các tính toán mở rộng được cho trong 2.2.6 trình bày các sai số có thể của các tính toán với nguồn điện áp tương đương ở điểm ngắn mạch đối với các giá trị trường hợp xấu nhất được tìm thấy với một phương pháp đặc biệt là dùng phương pháp xếp chồng .

2.1.2- Các phương pháp tính toán .

Về nguyên tắc có 2 phương pháp để tính toán dòng ngắn mạch đối xứng ban đầu ở điểm ngắn mạch (IEC 909, các hình 1 và 2) :

- Phương pháp xếp chồng, được bắt nguồn từ nguyên lý Helmholtz
- Phương pháp dùng nguồn điện áp tương đương ở điểm ngắn mạch (2.1.3)

Nếu một dòng tải nào đó trong lưới điện hiện có được biết thì có thể tính toán được dòng ngắn mạch đối xứng ban đầu với phương pháp xếp chồng .

Phương pháp xếp chồng cho dòng ngắn mạch chỉ liên quan tới một dòng tải giả định trước. Vì thế phương pháp này không cần thiết dẫn tới dòng ngắn mạch cực đại. Lý do là ở chỗ đối với một điểm ngắn mạch thì có bao nhiêu dòng ngắn mạch thì có bấy nhiêu trạng thái dòng tải không vượt quá các trạng thái biên (giới hạn) của các dòng và điện áp trong vận hành bình thường, dù là có cùng điện áp vận hành ở điểm ngắn mạch đã cho .

Để khắc phục vấn đề này và để tìm được dòng tải trường hợp xấu nhất mà nó dẫn tới dòng ngắn mạch cực đại ở điểm ngắn mạch, một phương pháp đặc biệt đã được phát triển bằng cách thay đổi các trạng thái vận hành {8}. Thông tin chi tiết hơn được cho trong 2.2.6 .

2.1.3- Nguồn điện áp tương đương ở điểm ngắn mạch và hệ số c .

Phương pháp để tính toán dòng ngắn mạch đối xứng ban đầu dùng nguồn điện áp tương đương ở điểm ngắn mạch được mô tả trong điều 6 của IEC 909 . Phương pháp này thường chỉ dựa vào dữ liệu định mức của thiết bị điện, là một sự đơn giản hóa cần thiết so với phương pháp xếp chồng .

Dùng phương pháp được đơn giản hoá này, thì nguồn điện áp tương đương $cU_n/\sqrt{3}$ ở điểm ngắn mạch chỉ là điện áp tác dụng trong hệ thống thứ tự dương. Tất cả các lộ cấp ở lưới điện, các máy đồng bộ và các động cơ không đồng bộ đều bị ngắn mạch theo các điện kháng (siêu quá độ) bên trong của chúng (IEC 909, 11.5.3). Tất cả các dung kháng song song và các dẫn nạp song song (các tải), trừ những dung kháng và dẫn nạp của các động cơ, đều được bỏ qua trong các hệ thống thứ tự âm và dương (IEC 909, 8.3.2.5, 11.5.3.5 và điều 13). Các dung kháng của hệ thống thứ tự không nói chung đều được xem xét. Các dung kháng thứ tự không đều được bỏ đi trong các hệ thống hạ áp và trong các hệ thống cao áp được nối đất tốt (tức là hệ số sự cố tiếp đất $\partial \leq 1,4$). Các cân nhắc đặc biệt đều cần thiết trong các lưới cao áp với các đường dây khoảng cách dài và, dĩ nhiên, trong trường hợp các lưới điện được nối đất cộng hưởng hoặc trung tính cách ly (IEC 909 - 8.3.1 và 11.4). Một ví dụ áp dụng tính toán dùng nguồn điện áp tương đương ở điểm ngắn mạch F được cho trong hình 3 của IEC 909 .

Các hệ số c_{max} và c_{min} được giới thiệu theo bảng I của IEC 909. Tương ứng với c_{max} hoặc c_{min} thì có các dòng ngắn mạch cực đại I''_{KQmax} hoặc cực tiểu I''_{KQmin} , phải được đưa vào các lộ cấp lưới điện (IEC 909, điều 2 và điều phụ 12.2.3.1). Các trạng thái đặc biệt đều được xem xét khi tính toán I''_{Kmin} (IEC 909,9.3). Việc đưa vào hệ số c là nhằm tìm ra một dòng ngắn mạch, chẳng hạn, một dòng ngắn mạch cực đại, càng gần giá trị thực càng tốt . Dùng các hệ số hiệu chỉnh tổng trở (IEC 909,11.5.3.7 và 1.5.3.8) thì các giá trị thực đối với các dòng ngắn riêng phần cũng nhận được, ngay cả nếu ta phải chấp nhận đều cần thiết cho một thoả hiệp nhất định, Xem 2.2.6 .

Điều khoản phụ sau đây sẽ giải quyết độ tin cậy của phương pháp dùng nguồn điện áp tương đương ở điểm ngắn mạch và cho một quan hệ cơ bản giữa các độ sụt điện áp thông thường hoặc thừa nhận được Δu và các độ sai lệch cực đại có thể $\Delta i''_k$, xem phương trình (13).

2.1.4- Mô hình đơn giản minh họa ý nghĩa của hệ số c .

Mô hình đơn giản sau đây trong hình 1 minh họa ý nghĩa cơ bản của hệ số trong trường hợp của một lưới hình tia không mạch vòng (mắt lưới), chẳng hạn, trong một lưới phân phối. Các mô hình phức hợp và các kết quả tính toán chúng được sử dụng để tìm ra sự kết hợp giữa độ rơi điện áp tương đối và hệ số c đó được cho trong hình [9, 14]. Các nhận xét chi tiết hơn về quan hệ giữa các hệ số hiệu chỉnh tổng trở của các máy phát điện và các tổ trạm phát điện với hệ số c trong các lưới điện mạch vòng (mắt lưới) được mô tả ở 2.2.6.

Hệ thống thứ tự dương của lưới điện mẫu của hình 1a) được cho trong hình 1b). Nó được giả định rằng điện áp U_A ở đầu đường dây là không đổi. Phụ tải tiêu thụ được tập trung và được mô phỏng qua tổng trở song song (shunt) Z_c ở điểm có thể thay đổi được c giữa các tổng trở đường dây αZ_L và $(1-\alpha)Z_L$ với $0 \leq \alpha \leq 1$.

- a) Mô hình 3 pha xoay chiều (lưới điện không có mạch vòng hình tia)
- b) Biểu đồ mạch tương đương, hệ thống thứ tự dương, trước và sau ngắn mạch F

Hình 1 : Mô hình để tính toán sự kết hợp giữa độ rơi điện áp Δu với độ lệch dòng ngắn mạch $\Delta i''_k$.

Giả thiết rằng ở điểm đặt có thể thay đổi được B ($0 \leq \beta \leq 1$), điện áp U_B thì bằng điện áp danh định của hệ thống.

Các hệ thức sau đây cần được sử dụng :

$$\Delta u_A = \left| \frac{U_A}{U_R} \right| - 1 \quad (1a)$$

$$\Delta u_E = \left| \frac{U_E}{U_b} \right| - 1 \quad (1b)$$

$$\Delta i''_k = \left| \frac{I''_{ka}}{I''_{kc}} \right| - 1 \quad (2)$$

Ở đây : a là chỉ số gần đúng của dòng ngắn mạch.
e là chỉ số giá trị chính xác của dòng ngắn mạch

Các phương trình sau đây có thể được dẫn ra cho trạng thái điện áp trước ngắn mạch, lấy $\underline{U}_A/\sqrt{3}$ như một giá trị không đổi.

$$\underline{U}_A = \underline{U}_B \frac{a\underline{Z}_L + \underline{Z}_C}{a(1-s)\underline{Z}_L + \underline{Z}_C} \quad (3)$$

$$\underline{U}_C = \underline{U}_B \frac{\underline{Z}_C}{a(1-s)\underline{Z}_L + \underline{Z}_C} \quad (4)$$

Với $\underline{U}_E/\sqrt{3} = \underline{U}_C/\sqrt{3}$ trước khi ngắn mạch ($t < 0$) và $\underline{U}_B/\sqrt{3} = \underline{U}_n/\sqrt{3}$, thì độ rơi điện áp tương đối của phương trình (1) có thể được biểu thị như sau :

$$\Delta u_A = \left| \frac{U_A}{U_B} \right| - 1 = \left| \frac{1 + a\underline{Z}_L\underline{Y}_C}{1 + a(1-s)\underline{Z}_L\underline{Y}_C} \right| - 1 \quad (5)$$

$$\Delta u_E = \left| \frac{U_E}{U_B} \right| - 1 = \left| \frac{1}{1 + a(1-s)\underline{Z}_L\underline{Y}_C} \right| - 1 \quad (6)$$

Giá trị chính xác của dòng ngắn mạch đối xứng ban đầu được tính toán như sau :

$$I''_{ke} = \underline{I}_A \frac{\underline{Z}_C}{(1-a)\underline{Z}_L + \underline{Z}_C} \quad (7)$$

$$\text{Với } \underline{I}_A = \frac{\underline{U}_A}{\sqrt{3}} \frac{1}{a\underline{Z}_L + \frac{(1-a)\underline{Z}_L\underline{Z}_C}{(1-a)\underline{Z}_L\underline{Z}_C}} \quad (8)$$

Đưa \underline{I}_A từ phương trình (8) vào phương trình (7) và dùng $\underline{Z}_C = 1 / \underline{Y}_C$

$$\underline{I''}_{ke} = \frac{\underline{U}_A}{\sqrt{3} \underline{Z}_L} \cdot \frac{1}{1 + \alpha (1 - \alpha) \underline{Z}_L \underline{Z}_C} \quad (9)$$

Dòng $\underline{I''}_{ka}$ gần đúng với $Z_C = \alpha$ (hoặc $Y_C = \infty$) và $U_n = U_B$ được tìm thấy như sau từ hình 1b) dùng phương trình (3), nhưng không có hệ số c .

$$\underline{I''}_{ka} = \frac{\underline{U}_B}{\sqrt{3} \underline{Z}_L} = \frac{\underline{U}_A}{\sqrt{3} \underline{Z}_L} \cdot \frac{1 + \alpha (1 - \beta) \underline{Z}_L \underline{Z}_C}{1 + \alpha \underline{Z}_L \underline{Y}_C} \quad (10)$$

Và vì thế :

$$\Delta i''_k = \left| \frac{\underline{I''}_{ka}}{\underline{I''}_{ke}} \right| - 1 = \left| \frac{[1 + \alpha (1 - \beta) \underline{Z}_L \underline{Z}_C] [1 + \alpha (1 - \alpha) \underline{Z}_L \underline{Z}_C]}{1 + \alpha \underline{Z}_L \underline{Z}_C} \right| - 1 \quad (11)$$

Tích $\underline{Z}_L \underline{Y}_C$ có thể được viết :

$$\underline{Z}_L \underline{Y}_C = \underline{Z}_L e^{j\gamma} Y_C e^{-j\varphi} = \underline{Z}_L Y_C e^{j(\gamma + \varphi)} = \underline{Z}_L Y_C e^{j\eta} \quad (12)$$

với : $\underline{Z}_L = R_L + jX_L = \underline{Z}_L e^{j\gamma}$ và $Y_C = G - jB = Y_C e^{-j\varphi}$

QUANPHAM.VN

- a) $\Delta i''_k = f(\Delta u, \alpha)$ với $\Delta u = \Delta u_A$ và $\beta = 1, \eta = 0$
- b) $\Delta i''_k = f(\beta, Z_L, Y_C)$ với $\alpha = 1, \eta = 0$
- c) $\Delta i''_k = f(\eta, Z_L, Y_C)$ với $\alpha = \beta = 1$

Hình 2 : Tính toán $\Delta i''_k$ theo phương trình (11) đối với các thông số khác nhau

Các kết quả sau đây có thể được dẫn ra từ hình 2 .

- Độ sai lệch âm lớn nhất $\Delta i''_k$ từ phương trình (11) xảy ra trong trường hợp $\alpha = \beta = 1$ và $\eta = 0$. Phụ tải hộ tiêu thụ $Z_C = 1/Y_C$ là ở đầu đường dây ($\alpha = 1$). Điện áp ở phụ tải hộ tiêu thụ thì bằng U_n ($\beta = 1$; $\Delta u_E = 0$). góc của tích $Z_L Y_C$ là bằng zero ($\eta = 0$), tức là hộ tiêu thụ là điện cảm

- Các giá trị tuyệt đối của các sai lệch âm $\Delta i''_k$ là nhỏ hơn các độ rơi điện áp tương đối $\Delta u = \Delta u_A$

$$|\Delta i''_k| < \Delta u \quad (13)$$

Phương trình sau đây có thể được thiết lập cho các sai lệch âm có thể $\Delta i''_{kmax}$ ở $\alpha=1$ (xem hình 2), phụ thuộc vào độ rơi điện áp có thể chấp nhận được $\Delta u_{ad} = \Delta u_A$ (xem phương trình 5) :

$$\Delta i''_{max} = \frac{1}{1 + \Delta u_{nd}} - 1 \quad (14)$$

Đường gãy ($\alpha = 1$) trong hình 2a) tương ứng với phương trình này . Hơn nữa, hệ thức sau đây giữa Δu_{nd} và tích $Z_L Y_C$ ($\eta = 0$) và có thể được dẫn ra từ hình 2a) :

$$Z_L Y_C \leq \Delta u_{nd} \quad (15)$$

Phương trình (14) có giá trị đối với các giá trị dương Δu cũng như đối với các giá trị âm, do đó các điều kiện sau đây được tìm thấy :

$$\Delta u_{ad} = \pm 5\% : -0,048 \leq \Delta i''_{kmax} \leq 0,053$$

$$\Delta u_{ad} = \pm 10\% : -0,091 \leq \Delta i''_{kmax} \leq 0,111$$

$$\Delta u_{ad} = \pm 15\% : -0,130 \leq \Delta i''_{kmax} \leq 0,176$$

Có thể chỉ ra rằng đây cũng là trường hợp có thể không thuận lợi nhất, ngay cả trong việc so sánh với các kết quả của lưới điện mạch vòng (mắt lưới) và các truyền tải khoảng cách dài tới khoảng 400 Km .

Hệ số $c = c_{max}$ (IEC 909, điều 6 và bảng 1) có tính đến các kết quả này ($c_{max} = 1,1$ đối với các lưới điện cao áp và trung áp và $c_{max} = 1,05$ đối với các lưới điện hạ áp) nếu coi rằng điện áp cao nhất trong một hệ thống bình thường không được chênh lệch về trị số trung bình quá +5% (hạ áp) hoặc +10% (cao áp) của điện áp danh định U_n (IEC 38, bảng III ghi chú 2). Trong một hệ thống bình thường của dây I (các hệ thống 50HZ và 60HZ) thì điện áp cao nhất và điện áp thấp nhất không được khác xấp xỉ quá 10% của điện áp danh định của hệ thống đó. Trong một hệ thống bất thường của dây II (các hệ thống 60HZ - thực tế là Bắc Mỹ) thì điện áp cao nhất không được khác quá +5% và điện áp thấp nhất không được khác quá -10% của điện áp danh định của hệ thống đó)

Các điều kiện đặc biệt có thể xảy ra trong trường hợp của các máy phát và các tổ trạm điện với các giá trị cao của x''_d và u_k dẫn tới các độ rơi điện áp lớn hơn 10%. Vì thế các hệ số hiệu chỉnh tổng trở (xem điều 2.2) được cho để tính toán các tổng trở ngắn mạch của thiết bị điện này (IEC 909, 11.5.3.6, 11.5.3.7 và 11.5.3.8).

Độ rơi điện áp tương đối của các máy biến áp lưới điện thì thường thường nhỏ hơn 10% mặc dù điện áp ngắn mạch u_k đạt được các giá trị tới 20%. Vì thế nói chung nó cũng đủ đối với các máy biến áp có bộ chuyển đổi nấc phân áp để xác định tổng trở ngắn mạch Z_T đối với vị trí chính (IEC 909, 8.3.2.2, ghi chú).

2.2- Các hệ số hiệu chỉnh tổng trở $K(K_G, K_{psu})$ khi tính toán các tổng trở ngắn mạch của các máy phát và các tổ trạm phát điện.

2.2.1- Tổng quát .

Một trong các tiêu chuẩn chủ yếu để đánh giá thiết bị điện là dòng ngắn mạch cực đại và trong nhiều trường hợp cả dòng ngắn mạch riêng phần cực đại nữa. Điều cần thiết là phải đưa vào các hệ số hiệu chỉnh tổng trở K_G (2.2.2) đối với các máy phát điện và K_{psu} (2.2.3) đối với các tổ trạm điện ngoài hệ số C_{max} ra, đặc biệt nếu các điện kháng siêu quá độ x''_d của các máy phát điện đều lớn và tỉ số biến áp của các máy biến áp của nhóm (có hoặc không có bộ điều chỉnh nấc phân áp) là khác với tỷ số của các điện áp hệ thống trong khi vận hành về cả hai phía của máy biến áp đó. Các hệ số hiệu chỉnh K_G và K_{psu} được cho trong IEC 909, 11.5.3.6 và 11.5.3.8. Trong trường hợp của K_{psu} thì một ghi chú bổ sung được cho, thu hút sự chú ý vào các điều kiện đặc biệt đang áp dụng (2.2.3).

Các cứu xét đặc biệt và các hệ số-hiệu chỉnh tổng trở đều cần thiết để tính toán dòng ngắn mạch và dòng ngắn mạch riêng phần trong trường hợp của một ngắn mạch giữa máy phát điện và máy biến áp của một tổ trạm phát. Thường thường, các tính toán này chỉ được tiến hành một lần trong khi xây dựng trạm điện đó.

Các hệ số hiệu chỉnh tổng trở đã cho trong 11.5.3.6 và 11.5.3.8 của IEC900 được dẫn ra đối với các dòng ngắn mạch riêng phần cực đại ($c=c_{max}$). Các hệ số c_{max} cần phải chọn từ bảng I của IEC 909 phù hợp với các điện áp U_{rG} khi sử dụng phương trình (22), và phù hợp với điện áp U_{nQ} ở phía cao áp của tổ máy biến áp máy phát khi sử dụng các phương trình (32) và (36). Các tính toán phụ thêm trong các lưới điện mạch vòng (mất lưới) đã cho thấy rằng các hệ số hiệu chỉnh này cũng đầy đủ khi tính toán các dòng ngắn mạch ở các điểm khác nhau (2.2.6)

Các cứu xét đặc biệt đều cần thiết đối với các hệ số hiệu chỉnh khi tính toán các dòng ngắn mạch cực tiểu, vì các điều kiện giới hạn (biên) đặc biệt đối với các tổ máy trạm điện khác nhau phải được biết. Các điều kiện này; Chẳng hạn, được cho bởi giới hạn cực đại của việc vận hành kích thích dưới mức, thì công suất tác dụng cực tiểu của các nhà máy nhiệt điện trong khi vận hành thời hạn dài hoặc công suất phản kháng cực đại (quá kích thích hoặc kích thích dưới mức) của các tổ máy trong các bơm thủy lực cũng như bằng các trang bị đặc biệt để giới hạn góc xoắn. Hơn nữa, cần phải chú ý tới sự thật rằng ngay cả trong các điều kiện tải thấp trong một lưới điện thì số các tổ trạm phát điện vận hành với phụ tải riêng phần hoặc trong miền kích thích dưới mức thì thường

thường được cực tiểu hoá. Vì thế, một dự kiến thô đối với các dòng ngắn mạch có thể được tìm thấy khi sử dụng các hướng dẫn được cho trong 9.3 và 12.4 của IEC909 và sử dụng các hệ số hiệu chỉnh tổng trở đã cho đối với các máy phát điện và các tổ trạm điện, mặc dù những cái này được tìm thấy trong các tính toán đối với trường hợp vận hành định mức.

2.2.2- Hệ số hiệu chỉnh K_G .

Hệ số hiệu chỉnh tổng trở \underline{K}_G được dùng đối với tổng trở $\underline{Z}_G = R_G + jX''_d$ của một máy phát điện được nối trực tiếp vào lưới điện trung áp và hạ áp (không coa máy biến áp tổ hợp với máy phát) như chỉ trong hình 3 (IEC909, 11.5.3.6 và 12.4)

Hình 3 : Dòng ngắn mạch riêng phần của 1 máy phát điện được nối trực tiếp vào 1 lưới điện .

Hệ số hiệu chỉnh tổng trở K_G được tính từ biểu đồ phasor đối với vận hành máy phát điện qua kích thích bình thường có tính đến điện kháng siêu quá độ X''_d và sức điện động siêu quá độ E''

Hình 4a) cho biểu đồ mạch tương đương (hệ thống thứ tự dương) của một máy phát điện tuabin hơi. Điện áp đầu cực của máy phát điện U_G đó được khống chế và vì thế nó không thay đổi trong khi vận hành trước khi ngắn mạch. Thường thường, người ta có thể áp dụng phương trình $U_G = U_{rG} = 1,05 U_n$. Trong một số trường hợp đặc biệt giá trị tham khảo có thể thay đổi như sau : $U_G = U_{nG} (1 \pm P_G)$

Hình 4 mô tả phương pháp tính toán dòng ngắn mạch riêng phần (siêu quá độ) I''_{KG} sử dụng phương pháp xếp chồng.

- Các điều kiện vận hành bình thường với điện áp được khống chế $U_G = U_{rG}$
- Đưa vào điện áp trước lúc ngắn mạch $U_{rG}/\sqrt{3}$ theo hướng ngược lại ở điểm ngắn mạch
- Xếp chồng mạch điện trong các hình a) và b) để xác định $I''_{KG} = I_G + I''_{kU}^b$.

Hình 4 : Tính toán I''_G dùng phương pháp xếp chồng .

QUANPHAM.VN

Các dòng \underline{I}_G và \underline{I}''_{ku^b} thu được từ các hình 4a) và 4b) với $U_G = U_{rG}$ như sau :

$$\underline{I}_G = \frac{\underline{E}'' - \underline{U}_{rG}/\sqrt{3}}{R_G + jX''_d} \quad (16)$$

$$\underline{I}''_{ku^b} = \frac{\underline{U}_{rG}/\sqrt{3}}{R_G + jX''_d} \quad (17)$$

Chỉ số U^b chỉ ra rằng dòng \underline{I}''_{ku^b} được tìm thấy khi đưa vào điện áp $\underline{U}_{rG}/\sqrt{3}$ trước lúc ngắn mạch theo hướng ngược lại .

Xếp chồng theo hình 4c) dẫn tới dòng ngắn mạch riêng phần \underline{I}''_{KG} :

$$\underline{I}''_{KG} = \underline{I}_G + \underline{I}''_{ku^b} = \frac{\underline{E}'' - \underline{U}_{rG}/\sqrt{3}}{R_G + jX''_d} + \frac{\underline{U}_{rG}/\sqrt{3}}{R_G + jX''_d} = \frac{\underline{E}''}{R_G + jX''_d} \quad (18)$$

Cách khác, khi áp dụng phương pháp sử dụng nguồn điện áp tương đương $cU_n/\sqrt{3}$ ở điểm ngắn mạch thì phương trình sau đây để tính toán tìm dòng ngắn mạch \underline{I}''_{KG} là :

$$\underline{I}''_{KG} = \frac{\underline{E}''}{R_G + jX''_d} = \frac{cU_n}{\sqrt{3} (R_G + jX''_d) K_G} \quad (19)$$

Lấy $\underline{E}'' = \underline{U}_{rG}/\sqrt{3} + \underline{I}_G Z_G = \underline{U}_{rG}/\sqrt{3} + I_G (\cos\varphi_G - j\sin\varphi_G) \cdot (R_G + jX''_d)$, ta tìm được hệ số hiệu chỉnh tổng trở :

$$K_G = \frac{U_n}{U_{rG}} \cdot \frac{C}{1 + \frac{\sqrt{3}I_G}{U_{rG}} (R_G \cos\varphi_G + X''_d \sin\varphi_G) + j \frac{\sqrt{3}I_G}{U_{rG}} X''_d} \quad (20)$$

Nếu R_G rất nhỏ so với X''_d ($R_G \ll X''_d$) thì phép gần đúng sau đây có thể được áp dụng :

$$K_G = \frac{U_n}{U_{rG}} \cdot \frac{C}{1 + (I_G/I_{rG}) X''_d \sin\varphi_G} \quad (21)$$

Giá trị p.u (theo đơn vị) của điện kháng siêu quá độ được đưa vào với $X''_d = X''_d/Z_{rG}$ và $Z_{rG} = U_{rG}^2/S_{rG}$ (IEC 909, 3.2.2, ghi chú)

Dòng ngắn mạch cực đại I''_{KG} có được nếu mẫu số của phân thứ hai bên phải của phương trình (21) đạt tới cực đại. Thường thường điều này là trường hợp ở điểm vận hành đã cho (S_{rG} , U_{rG} , $\cos \varphi_{rG}$) hoặc trong vùng lân cận của nó nếu vận hành được quá kích thích quá mức với $Q > Q_f$ được loại trừ. Như vậy, coi như có thể chấp nhận được khi chọn $I_G = I_{rG}$ và $\sin \varphi_G = \sin \varphi_{rG}$.

Bằng cách đưa vào $c = c_{\max}$ (IEC 909, bảng I), phép gần đúng của phương trình (21) lúc này thừa nhận có dạng sau đây [IEC 909, phương trình (36)] :

$$K_G = \frac{U_n}{U_{rG}} \cdot \frac{c_{\max}}{1 + x''_d \sin \varphi_{rG}} \quad (22)$$

Ví dụ : $S_{rG} = 10 \text{ MVA}$; $U_{rG} = 10,5 \text{ KV}$; $\cos \varphi_{rG} = 0,8$; $x''_d = 0,12$

Máy phát điện cấp cho 1 hệ thống với điện áp danh định $U_n = 10 \text{ KV}$ (xem hình 3)

Tính toán dòng ngắn mạch riêng phần cực đại theo phương trình (19) với K_G lấy từ phương trình (22) và $c = c_{\max} = 1,1$ (IEC 909, bảng 1) dẫn tới $I''_{KG} = 4,900 \text{ KA}$

Giá trị được tính toán với phương pháp xếp chồng là $I'' = (0,759 - j 4,889) \text{ KA}$; $I''_{KG(S)} = 4,948 \text{ KA}$; I''_{KG} xấp xỉ khoảng 1% nhỏ hơn giá trị $I''_{KG(S)}$

Nếu điện áp đầu cực của máy phát điện khác với U_{rG} thì có thể phải đưa vào $U_G = U_{rG} (1 \pm p_G)$ thay cho U_{rG} vào các phương trình (20), (21), và (22). Lúc này dòng ngắn mạch cực đại I''_{KG} có được khi điện áp U_G đạt tới giới hạn trên $U_G = U_{rG} (1 + p_G)$.

2.2.3- Hệ số hiệu chỉnh K_{psu} .

Việc xác định hệ số hiệu chỉnh tổng trở K_{psu} (IEC 909, 11.5.3.8.) đối các tổ trạm điện theo hình 5 đòi hỏi các cấu xét đặc biệt, ở đó :

- Máy biến áp tổ hợp với máy phát, tùy thuộc vào các điều kiện hoặc các cấu hình lưới điện từng nước mà máy biến áp đó được trang bị hoặc là với một bộ chuyển nấc phân áp hoặc là với một tỷ số biến áp cao hơn tương ứng $U_{rTHV} / U_{rTLV} > U_{nQ} / U_{rG}$. Trong một trường hợp, có cả một sự tổ hợp của cả hai biện pháp này được dùng để phân phối công suất tác dụng và phản kháng của một tổ trạm điện qua một đường dây truyền tải dài đến tận lưới điện đó .

- Các điện áp định mức của máy phát điện có thể khác với điện áp phía hạ áp của máy biến áp tổ hợp ($U_{rG} \neq U_{rTLV}$) và các công suất biểu kiến định mức của máy phát điện và máy biến áp cũng có thể khác nhau ($S_{rG} \neq S_{rT}$)

Hình 5 : Dòng ngắn mạch đối xứng riêng phần I''_{KPSU} ở phía cao áp của máy biến áp tổ hợp với máy phát của trạm phát (PSU)

Dựa vào việc mô phỏng một tổ phát điện, như chỉ trong hình 6, hệ số hiệu chỉnh K_{PSU} , đầu tiên được xác định đối với trường hợp của một bộ chuyển đổi nấc phân áp trong một máy biến áp tổ hợp với máy phát. Cấu xét đặc biệt được cho trong 2.2.5 đối với trường hợp ở đó máy biến áp tổ hợp không có bộ chuyển đổi nấc phân áp .

QUANPHAM.VN

- a) Biểu đồ mạch tương đương với \underline{E}'' , $\underline{Z}_G = R_G + jX''_d$ và $\underline{Z}_{TLV} = R_{TLV} + jX_{TLV}$ trong hệ thống thứ tự dương.
- b) Biểu đồ vectơ phaor (véctơ đại lượng phức) đối với vận hành quá kích thích .

Hình 6 : Mô phỏng của một tổ hợp máy phát - Máy biến áp .

Sử dụng phương pháp xếp chồng (mô phỏng ở hình 4), có thể tìm được cả dòng I_{PSU} (hình 6) lẫn $I''_{KPSU.U^b}$ tìm được bằng cách đưa vào $\underline{U}_Q/\sqrt{3}$ theo hướng ngược lại ở điểm ngắn mạch và $\underline{E}'' = 0$

$$\underline{I}_{PSU} = \frac{1}{t} \underline{I}_G = \frac{1}{t} \frac{\underline{E}'' - \underline{U}_{Ti}/\sqrt{3}}{\underline{Z}_G + \underline{Z}_{TLV}} \quad (23)$$

$$I''_{KPSU.U^b} = \frac{\underline{U}_Q/\sqrt{3}}{t^2 (\underline{Z}_G + \underline{Z}_{TLV})} \quad (24)$$

Với $t = \underline{U}_Q / \underline{U}_{Ti} = U_Q / U_{Tj}$

Dòng ngắn mạch riêng phần I''_{KPSU} ở phía cao áp của máy biến áp tổ hợp tìm được như sau :

$$I''_{KPSU} = \underline{I}_{PSU} + I''_{KPSU.U^b} = \frac{1}{t} \frac{\underline{E}''}{\underline{Z}_G + \underline{Z}_{TLV}} + \frac{1}{t} \frac{t^2 \underline{E}''}{\underline{Z}_G + \underline{Z}_T} \quad (25)$$

Với $\underline{Z}_T = \underline{Z}_{THV} = t_r^2 \underline{Z}_{TLV}$

Nếu không biết dòng tải trong lưới điện đó, thì ta cũng không biết được hoặc điện áp U_Q , hoặc tỷ số biến áp $t = U_Q/U_{Ti}$ của máy biến áp có bộ chuyển đổi đầu phân áp ($t \neq t_r = U_{rTHV}/U_{rTLV}$). Điện áp nội (siêu quá độ) \underline{E}'' tìm được từ hình 6b) phụ thuộc vào U_G ($\underline{U}_G/\sqrt{3} = U_G/\sqrt{3}$) và dòng $I_G = I_G (\cos \varphi_G - j \sin \varphi_G)$ trước lúc ngắn mạch .

$$\underline{E}'' = \frac{\underline{U}_G}{\sqrt{3}} + \underline{I}_G \underline{Z}_G = \frac{\underline{U}_G}{\sqrt{3}} \left[1 + \frac{\sqrt{3} I_G}{U_G} (R_G \cos \varphi_G + X''_d \sin \varphi_G) + j \frac{\sqrt{3} I_G}{U_G} (X''_d \cos \varphi_G - R_G \sin \varphi_G) \right] \quad (26)$$

Tỷ số biến áp có thể được thay thế bằng $t = \underline{U}_Q/\underline{U}_{Ti}$ với \underline{U}_{Ti} tìm được từ biểu đồ phức (phaor) trong hình 6b) :

$$\frac{\underline{U}_{Ti}}{\sqrt{3}} = \frac{\underline{U}_G}{\sqrt{3}} - \underline{I}_G \underline{Z}_{TLV} = \frac{\underline{U}_G}{\sqrt{3}} \left[1 - \frac{\sqrt{3} I_G}{U_G} (R_{TLV} \cos \varphi_G + X_{TLV} \sin \varphi_G) + j \frac{\sqrt{3} I_G}{U_G} (X_{TLV} \cos \varphi_G - R_{TLV} \sin \varphi_G) \right] \quad (27)$$

Đưa vào \underline{E}'' từ phương trình (26) và sử dụng $\underline{U}_{Ti}/\sqrt{3}$ từ phương trình (27) và nguồn điện áp tương đương $cU_n/\sqrt{3} = cU_{nQ}/\sqrt{3}$ ở điểm ngắn mạch I, thì phương trình sau đây có thể được tìm thấy :

$$I'_{kPSU} = \frac{cU_{nQ}}{\sqrt{3} (t_r^2 Z_G + \underline{Z}_T) K_{PSU}} \quad (28)$$

Với $t = U_{rTHV} / U_{rTLV}$, $\underline{Z}_T = \underline{Z}_{THV} = t_r^2 \underline{Z}_{TLV}$ và

$$K_{PSU} = \frac{U_{nQ} U_Q}{U_G^2} \cdot \frac{U_{rTHV}^2}{U_{rTHV}^2}$$

c

$$\frac{1 + \frac{\sqrt{3}I_G}{U_G} (R_G \cos\varphi_G + X''_d \sin\varphi_G) + j \frac{\sqrt{3}I_G}{U_G} (X''_d \cos\varphi_G - R_G \sin\varphi_G)}{1 - \frac{\sqrt{3}I_G}{U_G} (R_{TLV} \cos\varphi_G + X''_{TLV} \sin\varphi_G) - j \frac{\sqrt{3}I_G}{U_G} (X_{TLV} \cos\varphi_G + R_{TLV} \sin\varphi_G)} \quad (29)$$

Đối với một số lớn các nguồn phát tổ bộ (máy phát + máy biến áp) thì các điều tra nghiên cứu hệ số hiệu chỉnh K_{PSU} mà hệ số K_{PSU} này phụ thuộc vào U_Q , I_G và $\cos\varphi_G$, đã chỉ ra rằng nó tương tự như trường hợp các máy phát điện trực tiếp nối vào lưới điện, hệ số K_{PSU} sẽ đạt được cực tiểu của nó và vì thế I'_{kPSU} có cực đại của nó nếu bộ tổ hợp máy phát - máy biến áp được vận hành ở điểm phân định của nó ($I_G = I_{rG}$; $\cos\varphi_G = \cos\varphi_{rG}$ và tương ứng với $S_G = S_{rS}$)* Hình 7 cho một ví dụ về các điều tra nghiên cứu này. Dòng ngắn mạch cực đại được đạt đối với giá trị thống nhất U_Q ở phía cao áp của máy biến áp được tổ hợp có bộ điều chỉnh nấc phân áp khi điện áp $U_G = U_{rG}$ là không đổi .

* Các số trong các ngoặc tham khảo phụ lục A : Thư mục

a) Biểu đồ công suất máy phát điện - tuabin hơi với các giới hạn vận hành quá kích thích và kích thích dưới mức : P_{Gmin}

$$= 0,4 P_{rG} .$$

b) Hệ thức $I''_{KPSU(s)}$ theo phương trình (28) thu được theo phương pháp xếp chồng (s) và với $K_{PSU} = 1$

$$I''_{KPSU} (K_{PSU} = 1) = \frac{cU_{nQ}}{\sqrt{3} |t_r^2 \underline{Z}_G + \underline{Z}_T|}$$

$$\text{Vậy } \underline{I''}_{KPSU(s)} / \underline{I''}_{KPSU} (K_{PSU} = 1) = 1 / \underline{K}_{PSU} \quad (29)$$

Hình 7 : Các dòng ngắn mạch riêng phần của tổ hợp bộ (máy phát - máy biến áp) với bộ điều chỉnh nấc phân áp .
(Ví dụ : $S_{rG} = S_{rT} = 1070 \text{ MVA}$, $U_G = U_{rG} = U_{rTLV}$)

Coi $R_G \ll X''_d$ và $R_T \ll X_T$ và đưa vào các hệ thức sau đây :

$$I_G = \frac{S_G}{\sqrt{3}U_G} ; \quad X''_d = X''_d \frac{S_{rG}}{U_{rG}^2} ; \quad X_T = X_T \frac{S_{rT}}{U_{rTLV}^2}$$

Giá trị tuyệt đối của hệ số hiệu chỉnh tổng trở từ phương trình (29) có thể đơn giản hoá được theo cách sau đây :

$$K_{PSU} = \frac{U_{nQ} U_Q}{U_G^2} \cdot \frac{U_{rTLV}^2}{U_{rTHV}^2} \cdot \frac{c}{\sqrt{1 - x''_d \left[\frac{U_{rG}^2}{U_G^2} \frac{S_G}{S_{rG}} \right] 2x''_d \left[\frac{U_{rTLV}^2}{U_G^2} \frac{S_G}{S_{rG}} \right] \sin\varphi_G}} \cdot \frac{1}{\sqrt{1 + x_T^2 \left[\frac{U_{rTLV}^2}{U_G^2} \frac{S_G}{S_{rT}} \right] 2x_d \left[\frac{U_{rTLV}^2}{U_G^2} \frac{S_G}{S_{rT}} \right] \sin\varphi_G}} \quad (30)$$

Một đơn giản hơn nữa có thể được dựa vào sự cứu xét ở hình 7 và các điều tra nghiên cứu đã được đề cập ở trên (6, 10, 14). Các cứu xét này cho thấy rằng dòng ngắn mạch cực đại riêng phần I''_{kPSU} đạt được theo một vận hành gần tới điểm phân định ($S_G = S_{rG}$ và $\cos\varphi_G = \cos\varphi_{rG}$). Nếu thêm vào $S_{rG} = S_{rT}$ là có giá trị trong hầu hết các trường hợp và có tính đến $x''_d < 1$ và $x_T < 1$ thì đạt được xấp xỉ sâu đây :

$$K_{PSU} = \frac{U_{nQ} U_Q}{U_G^2} \cdot \frac{U_{rTLV}^2}{U_{rTHV}^2} \cdot \frac{C_{max}}{1 + (x''_d - x_T) \sin\varphi_{rG}} \quad (31)$$

Phương trình (31) bao gồm các điện áp vận hành U_G và U_Q . Tuy nhiên để tìm được phần lớn các kết quả không thuận lợi cho việc tính toán các dòng ngắn mạch riêng phần cực đại I''_{kPSU} , cần nhớ rằng không có quan hệ trực tiếp giữa U_Q và U_G trong trường hợp tổ máy phát - máy biến áp có bộ điều chỉnh nấc. Giá trị cực đại của I''_{kPSU} được tìm thấy đối với các điện áp $U_G = U_{Gmax} = U_{rG} (1+p_G)$ và $U_Q = U_{Qmin}$. Trong phần lớn các trường hợp, nếu máy phát điện đang làm việc ở điểm phân định (S_{rG} , $\cos\varphi_{rG}$, được qua kích thích), thì có thể đủ để chọn $U_{Qmin} = U_{nQ}$ ở điểm nối của tổ hợp máy phát - máy biến áp coi như trường hợp bất lợi nhất.

Từ kinh nghiệm vận hành được biết rằng U_{Qmin} thì thường thường lớn hơn U_{nQ} , nếu công suất tác dụng và phản kháng được cấp tới lưới điện, chẳng hạn $U_{Qmin} = 1,05 U_{nQ}$.

Nếu lấy $U_Q = U_{nQ}$, để có được giá trị cực đại của dòng I''_{kPSU} , giá trị quá mức thì không logic để chọn U_G lớn hơn U_{rG} , vì thế, phương trình (31) dẫn tới phương trình (44) của IEC 909.

Để chứng minh hiệu quả của hệ số hiệu chỉnh được dẫn ra, hình 8 cho các đường cong sai số tần số tích lũy của việc tính toán được đơn giản hoá so với giá trị được tìm ra từ phương pháp xếp chồng đối với 59 tổ hợp máy phát máy biến áp có hoặc không có bộ điều chỉnh nấc phân áp (đối với các tổ hợp không có bộ điều chỉnh nấc phân áp cần thực hiện các nghiên cứu bổ sung sâu hơn, như đã chỉ ở 22.5)

$$E = \frac{I''_{kPSU(1,2)} - I''_{kPSU(S)}}{I''_{kPSU(s)}} \cdot 100\%$$

$I''_{kPSU(s)}$ - từ phương pháp xếp chồng, các phương trình (28/29)

$I''_{kPSU(1)} - I''_{kPSU}$ ($K_{PSU} = 1$) phương trình (31) với $K_{PSU} = 1$

$I''_{kPSU(2)} - I''_{kPSU(IEC)}$ (IEC-909, phương trình (44)).

Hình 8. Các đường cong sai số tần số tích lũy của các dòng ngắn mạch riêng phần được tính toán với các phương trình được đơn giản hoá so với các giá trị đã tính được từ phương pháp xếp chồng theo phương trình (28) với K_{PSU} đã cho trong phương trình (29) đối với 59 tổ hợp máy phát - máy biến áp (b).

đường cong 1 của hình 8 biểu diễn một cách thuyết phục sự cần thiết để đưa vào 1 hệ số hiệu chỉnh K_{PSU} đối với các tổ hợp phát điện. Không có hệ số hiệu chỉnh (tức là $K_{PSU} = 1$) thì các tính toán sẽ dẫn đến các sai số giữa - 20% (giá trị kém) và +25% (giá trị dư). Ngay cả giá trị trung bình (50% giá trị) của đường cong sai số tần số tích lũy 1 có một kết quả dưới -5% (giá trị kém).

Hệ số hiệu chỉnh đơn giản hoá $K_{PSU(IEC)}$ có thể được dùng để tìm một xấp xỉ đủ đối với dòng ngắn mạch riêng phần I''_{kPSU} . Miền giữa sai số âm và dương cao nhất là nhỏ (hình 8, đường cong 2). Giá trị trung bình là giá trị hơi thiếu (không đủ) vì thế các khía cạnh kinh tế và kỹ thuật cần phải được cứu xét khi dùng $K_{PSU(IEC)}$.

Thông tin phụ thêm về trường hợp $U_G \neq U_{rG}$ và $U_{Qmin} > U_{nQ}$ được cho trong 2.2.4 và 2.2.5, sao cho việc thực hiện các hiệu chỉnh trong trường hợp của một bộ điều chỉnh nấc phân áp hoặc trong trường hợp của một tỷ số biến áp cố định của máy biến áp tổ hợp (có hoặc không có bộ điều chỉnh nấc phân áp) là có thể được .

2.24- Hệ số hiệu chỉnh K_{PUS} đối với các máy biến áp tổ hợp với máy phát điện, có các bộ điều chỉnh nấc phân áp dưới tải .

Trong 11.5.3.8- của IEC 909, các ghi chú 1 và 2 đã lôi kéo sự chú ý của người dùng về các điều kiện giới hạn (biên) đối với $K_{PUS} = K_{PUS(IEC)}$ (IEC 909 phương trình 44).

Như chúng ta đã thấy trong 22.3 phương trình (44) của IEC 909 là có giá trị đối với $U_G = U_{rG} (= U_{rTLV})$ và $U_{Qmin} = U_{nQ}$. Tùy thuộc vào thực tế vận hành và trong trường hợp truyền tải khoảng cách xa, nếu điện áp U_{Qmin} ở phía cao áp của máy biến áp được tổ hợp có bộ chuyển đổi nấc phân áp thường xuyên cao hơn U_{nQ} , thì đủ để sử dụng U_{Qmin} thay cho U_{nQ} đối với các tổ phát điện tổ hợp đó ở đó $U_{Qmin} > U_{nQ}$ được biết từ vận hành lưới điện hoặc trong giai đoạn kế hoạch từ các tính toán dòng tải đặc biệt mà các tính toán này phụ thuộc vào cấu hình lưới điện và loại tổ phát điện được tổ hợp với máy biến áp. Hệ số hiệu chỉnh tổng trở sau đây có thể lúc này được dùng để tìm dòng ngắn mạch cực đại I''_{RPSU}

$$K_{PUS} = \frac{U_{nQ} U_{Qmin}}{U_{rG}^2} \cdot \frac{U_{rTLV}^2}{U_{rTHV}^2} \cdot \frac{C_{m\grave{a}}}{1+(x''_d - x_T)\sin\varphi_{rG}} \quad (32)$$

Ngay cả trong trường hợp này nếu điện áp U_G là thường xuyên khác với U_{rG} (Điều này có thể là cần thiết do bởi các điều kiện vận hành đặc biệt hoặc do thiếu kế hoạch), lúc này $U_G = U_{rG}$ có thể được dựa vào thay thế U_{rG} với P_G 0,05 tới 0,10 .

Ví dụ :

$$S_{rG} = S_{VT} = 400 \text{ MVA}; U_{rG} = 21 \text{ KV}; P_G = 0,05; \cos\varphi_{rG} = 0,8; x''_d = 0,25;$$

$$U_{rTHV} / U_{rTLV} = 230 \text{ KV}; U_{THV} = U_{rTHV} (1 \pm P_T) = 230\text{KV}(1\pm 0,12); U_{kr} = 15\%$$

$$U_{Qmin} = 230\text{KV}; U_{nQ} = 220\text{KV}; C_{max} = 1,1 \text{ (IEC 909, bảng 1)}$$

Cùng với K_{PUS} theo phương trình (32), dùng $I''_{kSPU} = 2,661 \text{ KA}$ tìm được giá trị được tính toán với phương pháp xếp chồng là :

$$I''_{kSPU(S)} = (0,5543 - j 2,6390)\text{KA}; / I''_{kSPU(S)} / = 2,697 \text{ KA}$$

$$I''_{kPSU} \text{ là } 1,3\% \text{ nhỏ hơn } / I''_{kSPU(S)} /$$

2.2.5- Hệ số hiệu chỉnh K_{PSU} đối với các máy biến áp tổ hợp (hộp bộ với máy phát điện) không có bộ điều chỉnh nấc phân áp dưới tải .

Trong trường hợp một máy biến áp tổ hợp không có bộ điều chỉnh nấc phân áp dưới tải thì tỷ số biến áp được xác định ở $t = t_r = U_{rTHV} / U_{rTLV}$ vì thế phương trình (25) trở thành :

$$I''_{kPSU(tr)} = \frac{1}{t_r} \cdot \frac{E''}{Z_G + Z_{TLV}} = \frac{t_r E''}{t_r^2 Z_G + Z_T} \quad (33)$$

Nếu máy biến áp không có các nấc không tải, chẳng hạn +5% và -5% thì tỷ số biến áp là $t = (1-P_T)t_r$ đối với các dòng ngắn mạch, xem các phương trình (36) và (37)

Sức điện động nội (siêu quá độ) E'' được dựa vào như đã cho trong phương trình (26). Hệ số hiệu chỉnh tổng trở $K_{PSU(tr)}$ được đưa vào để tìm $I''_{kPSU(tr)}$:

$$I''_{kPSU(tr)} = \frac{c U_{nq}}{\sqrt{3} (t_r^2 Z_G + Z_T) K_{PSU(tr)}} \quad (34)$$

Với :

$$K_{PSU(tr)} = \frac{U_{nQ}}{U_G} \cdot \frac{U_{rTLV}}{U_{rTHV}} \cdot \frac{c}{1 + \frac{U_{rG}}{U_G} \cdot \frac{I_G}{I_{rG}} [(r_G \cos \{ \varphi_G + x''_d \sin \{ \varphi_G + j(x''_d \cos \{ \varphi_G - r_G \sin \{ \varphi_G \} \})}]}$$

Chỉ số phụ thêm (tr) được đưa vào như một quy chiếu đối với tỷ số biến áp cố định trong trường hợp của một máy biến áp tổ hợp không có bộ điều chỉnh đầu phân áp .

Giá trị nhỏ nhất của hệ số hiệu chỉnh cho bởi phương trình (35) và vì thế giá trị lớn nhất $I''_{kPSU(G)}$ đạt được khi $I_G = I_{rG} U_{rG} / U_G$, $\cos \varphi_G = \cos \varphi_{rG}$ và $t = (1-P_T)t_r$. Với $\Delta_G = (U_{rG}/U_G)^2$ và nếu có tính đến $r_G \ll x''_d (R_G \ll X''_d)$ thì phép gần đúng sau đây có thể tìm thấy khi sử dụng $c = c_{max}$.

$$K_{PSU(t)} = \frac{U_{nQ}}{U_G} \cdot \frac{U_{rTLV}}{U_{rTHV}} \cdot \frac{t}{t_r} \cdot \frac{c_{max}}{1 + x''_d \Delta_G \sin \{ \varphi_G \}} \quad (36)$$

Nếu bỏ qua ảnh hưởng của $\Delta_G = 1$ trong mẫu số của số hạng cuối của phương trình (36), vì số hạng này thường thường ảnh hưởng rất nhỏ, và đưa vào $U_G = U_{rG} (1+P_G)$ như là giá trị được điều chỉnh cao nhất có thể, thì phương trình sau đây đối với hệ số hiệu chỉnh thu được là :

$$K_{PSU(t)} = \frac{U_{nQ}}{U_{rG} (1 + P_G)} \cdot \frac{U_{rTLV}}{U_{rTHV}} \cdot \frac{t}{t_r} \cdot \frac{c_{max}}{1 + x''_d \sin \{ \varphi_G \}} \quad (37)$$

Nếu điện áp đầu cực máy phát điện đạt đến giá trị cao nhất của nó $U_{rG}(1+P_G)$ thì điện áp về phía cao áp thường là cao hơn U_{nQ} và trong một số trường hợp cao hơn cả với U_m (điện áp cao nhất đối với thiết bị). Ví dụ sau đây về áp dụng phương trình (37) cũng chứng minh quan hệ giữa các điện áp U_G và U_Q .

Ví dụ : $S_{rG} = S_{rT} = 400\text{MVA}$ (xem cả ví dụ 2.2.4)

$$U_{rG} = U_{rTLV} = 21\text{KV} ; P_G = 0,075 ; \cos\varphi_{rG} = 0,8 ; x''_d = 0,25$$

$$U_{rTHV}/U_{rTLV} = 240\text{KV}/41\text{KV} ; t_r = 11,43 ; U_{kr} = 15\%(Z_T = 0,15)$$

$$U_{nQ} = 220\text{KV} ; c=c_{\max} = 1,1 \text{ (IEC909, bảng 1)}$$

$K_{PSU(t)}$ theo phương trình (37) với $t = t_r$

$$K_{PSU(t)} = \frac{220\text{KV}}{21\text{KV}(1+0,075)} \cdot \frac{21\text{KV}}{240\text{KV}} \cdot \frac{1,1}{1+0,25 \cdot 0,6} = 0,816$$

Với $R_d = 0,05X''_d$ và $R_T = 0,03X_T$ và vì thế $t_r^2 Z_G + Z_T = 11,43^2 (0,0138+j0,2756)\Omega + (0,6488 + j21,690)\Omega$ thì dòng ngắn mạch riêng phần cực đại thu được như sau:

$$I''_{kPSU(t)} = \frac{cU_n}{\sqrt{3[t_r^2 Z_G + Z_T]} K_{PSU(t_r)}} = \frac{1,1 \cdot 220\text{KV}}{\sqrt{3}[2,450 + j57,588b]\Omega \cdot 0,816} = 2,971\text{KA}$$

Điện áp phía cao áp của máy biến áp tìm được với $I_G = I_{rG}$, $\cos\varphi_G = \cos\varphi_{rG}$ và $U_G = U_{rG}(1+P_G)$:

$$U_Q = U_{rG} \sqrt{(1+P_G)^2 - 2x_T(1+P_G) \sin\{\varphi_{rG} + x_T^2\}} = 238,18\text{KV} = 1,083 U_{nQ}$$

Nếu chẳng hạn điện áp đầu cực máy phát điện chỉ là $U_G = U_{rG}$, thì hệ số hiệu chỉnh tổng trở thành $K_{PUS(t)} = 0,877$, dòng cực đại $I''_{kPSU(t)} = 2,765\text{KA}$ và điện áp $U_Q = 220,3\text{KV} = U_{nQ}$. Trong trường hợp của các điều kiện biên (giới hạn) đã cho đối với IEC909 thì phương trình (44) gần như thực hiện được đầy đủ.

Vì thế, chọn phương trình (44), IEC909, thì hệ số hiệu chỉnh tổng trở thành :

$$K_{PSU(IEC)} = \frac{U_{nQ}^2}{U_{rG}^2} \cdot \frac{U_{rTLV}^2}{U_{rTHV}^2} \cdot \frac{c_{\max}}{1 + (x''_d - x_T) \sin\{\varphi_{rG}\}}$$

$$= \frac{(220\text{KV})^2}{(21\text{KV})^2} \cdot \frac{(21\text{KV})^2}{(240\text{KV})^2} \cdot \frac{1,1}{1 + (0,25 - 0,15) \cdot 0,6} = 0,872$$

Và với phương trình (28) thì dòng ngắn mạch riêng phần :

$$I''_{kPSU} = \frac{cU_{nQ}}{\sqrt{3}|t^2_r \underline{Z}_G + \underline{Z}_T| K_{PSU(IEC)}} = \frac{1,1 \cdot 220KV}{\sqrt{3}|2,450 + j57,586\Omega \cdot 0,872|} = 2,780KA$$

Kết quả này chỉ là 0,5% cao hơn kết quả $I''_{kPSU(t)} = 2,765KA$ tìm được trong trường hợp $U_G = U_{rG}$, nhưng xấp xỉ 6% thấp hơn kết quả $I''_{kPSU(t)} = 2,971KA$ được tính toán với hệ số hiệu chỉnh $K_{PSU(t)}$ theo phương trình (37) với $U_G = 1,75 U_{rG}$.

Từ ví dụ đặc trưng ở trên, rõ ràng rằng $K_{PSU(t)}$ của phương trình (37) cần được sử dụng nếu máy biến áp tổ hợp không có bộ điều chỉnh dưới tải và nếu U_G là cao hơn U_{rG} một cách đáng kể, chẳng hạn $U_G = 1,05 U_{rG} \dots 1,075 U_G$.

2.2.6- ảnh hưởng của hệ số tổng trở khi tính toán các dòng ngắn mạch trong các lưới điện mạch vòng kín (mắt lưới) và dòng ngắn mạch cực đại ở dòng tải trường hợp xấu nhất .

Các kết quả thu được trong 2.1.4 liên quan đến mô hình đơn giản của hình 1 đã cho thấy rằng chỉ cần chọn hệ số c_{max} (IEC909, bảng 1) khi điện áp Δu là nhỏ hơn 10% trong các lưới cao áp và trung áp và nhỏ hơn 5% trong các lưới hạ áp, khi tính toán các dòng ngắn mạch đối xứng ban đầu xem phương trình (13) và các ghi chú liên quan đến phương trình (15). Các điều tra nghiên cứu bổ sung về giá trị của phương trình (13) chẳng hạn, đối với các máy biến áp lưới điện có tỷ số biến áp thay đổi, được cho trong [9]. Chiếu theo các điều tra nghiên cứu này thì rõ ràng rằng, trong các trường hợp $\Delta u > 10\%$, thì cần thiết phải có các hiệu chỉnh bổ sung. Các hiệu chỉnh bổ sung này được đưa vào phương pháp tính toán của IEC909 bằng các hệ số hiệu chỉnh tổng trở thích hợp. $K_G(22.2)$ và K_{PSU} (2.2.3 tới 2.2.5).

Mục đích của phương pháp này là để tìm ra một sự gần đúng nhất cho các dòng ngắn mạch riêng phần của các máy phát và các tổ máy phát - máy biến áp cũng như đối với các dòng ngắn mạch ở các điểm ngắn mạch khác nhau trong các lưới điện mạch vòng kín. Như đã chỉ trong các hình 7 và 8, việc áp dụng K_{PSU} dẫn đến một gần đúng nhất các dòng ngắn mạch riêng phần của các tổ hợp bộ máy phát - máy biến áp. Việc cải tiến phương pháp tính toán đối với các tổ hợp bộ này có và không có bộ điều chỉnh nấc phân áp có tải của các máy biến áp tổ hợp đã cho trong 2.3.4 và 2.3.5 .

Vấn đề còn lại là xem phương pháp gần đúng này, sử dụng nguồn điện áp tương đương $cUn/\sqrt{3}$ với $c = c_{max}$ (IEC909, bảng 1) và các hệ số hiệu chỉnh tổng trở theo 2.2.2 tới 2.2.5, cũng dẫn tới các kết quả các dòng ngắn mạch trong các lưới mạch vòng kín với độ chính xác đủ như các kết quả của phương pháp xếp chồng. Để trả lời vấn đề này, ta nghiên cứu các lưới điện cao áp có $U_n = 110KV$ và cũng như một số bộ phận nào đó của các lưới này (6, 8, 12) và tính toán các dòng ngắn mạch ở 260 nút, bằng cách sử dụng phương pháp xếp chồng, và bằng cách sử dụng phương pháp gần đúng đã cho trong IEC 909. Các nghiên cứu này liên quan cả đến các lưới điện có điện áp danh định $U_n = 380KV (U_m = 420KV)$, mặc dù cấp điện áp không nằm trong phạm vi IEC909, vì một điện áp hệ thống danh định thuộc về $U_m = 420KV$ chưa được tiêu chuẩn hoá (IEC38) .

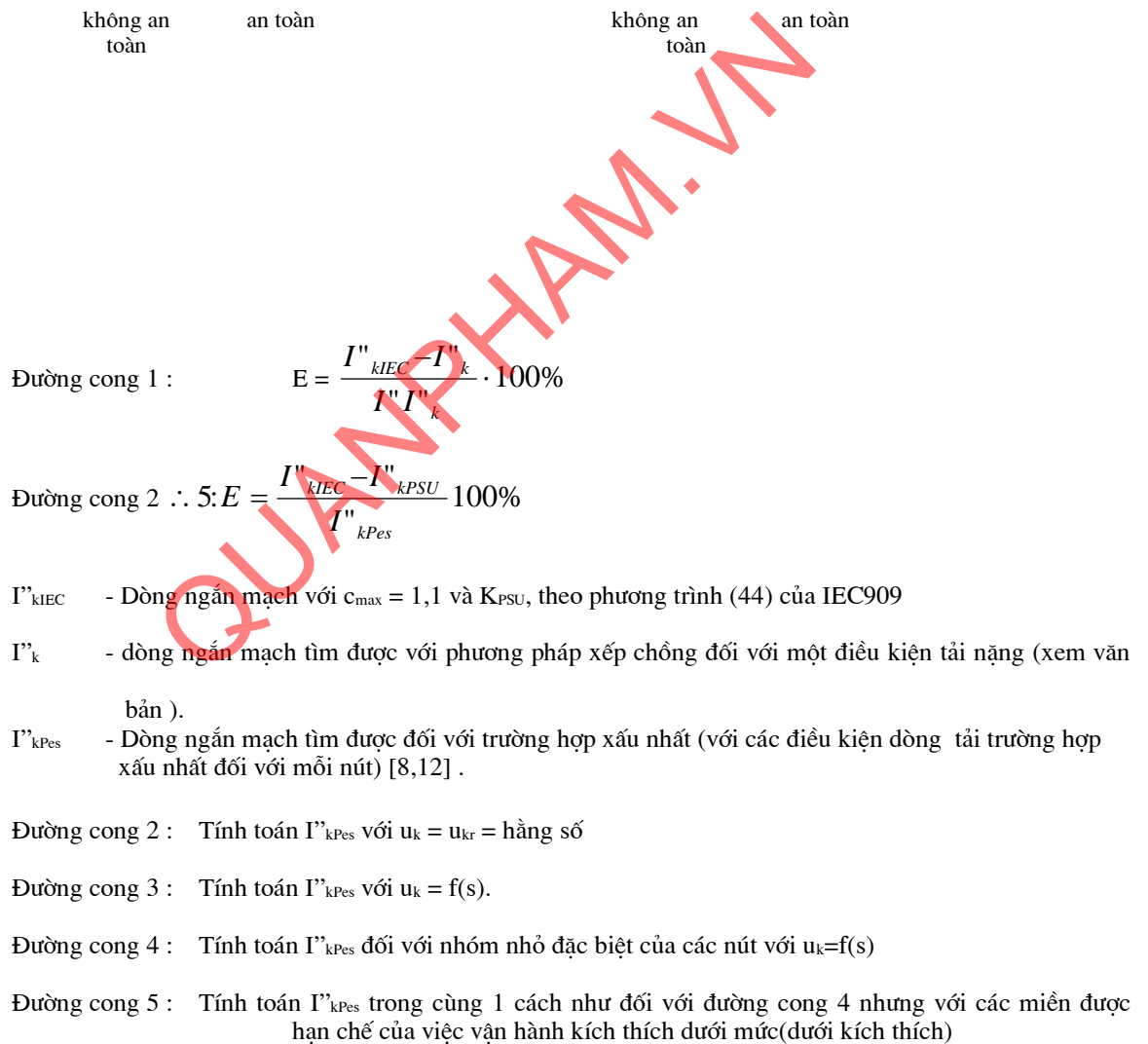
Kết luận về nghiên cứu này hình như đã được chứng minh là đúng bởi vì trong tất cả các trường hợp có cùng hệ thức $U_m/U_n = 1,1$ có giá trị ($U_m/U_n = 123KV/110KV = 1,12$; $U_m/U_n = 245/220KV \approx 1,11$ và $U_m/U_n = 242KV/380KV \approx 1,105$).

Trong bước thứ nhất, các lưới cao áp với $U_n \geq 110KV$ với 260 nút được xử lý để tìm ra các giá trị chính xác $I''_k = I''_{k(s)}$ bằng phương pháp xếp chồng, và sau đó tìm các giá trị gần đúng I''_{kIEC} bằng cách sử dụng nguồn điện áp tương đương với $c = c_{max} = 1,1$ (IEC909, bảng 1) và các hệ số hiệu chỉnh tổng trở $K_{PSU(IEC)}$ theo phương trình (44) của IEC909 - kết quả được cho trong đường cong của hình 9 như một đường cong sai số tần số tính lũy với một giá trị trung bình (50% giá trị) bằng khoảng +4% (giá trị trung bình của I_{kIEC} đứng về mặt an toàn). Biến đổi giữa $H = 10\%$ và $H = 90\%$ là tương đối nhỏ (hình 9 bên trái).

Dòng tải được dùng để tìm $I''_{k(s)}$ từ phương pháp xếp chồng là một dòng tải đặc biệt đối với hệ thống đó, được tải cao trong mùa đông. Như đã nói trong 2.1.2, tải này rõ ràng là không thể dẫn tới các dòng ngắn mạch có thể cực đại được ở mỗi nút của lưới điện. Để tìm ra khả năng nào mà các dòng ngắn mạch cực đại có thể có được, được tính toán tới một dòng tải trường hợp xấu nhất có thể cao hơn dòng ngắn mạch của đường cong 1 trong hình 9, một phương pháp tối ưu hoá đặc biệt đã được phát triển (8,12) với sự trợ giúp của lập trình hoá đường thẳng các kết quả được biểu thị dưới dạng I''_{kPes} , chỉ số "Pes" tương ứng với các điều kiện tải xấu nhất. Trong phương pháp này các biến số, hoặc các điều kiện giới hạn, là dải điện áp cho phép (điện áp giữa U_n và $1,1U_n = U_m$), sự biến đổi của tỷ số biến áp của các máy biến áp tổ hợp với máy phát điện với các bộ chuyển đổi nấc, sự phụ thuộc của điện áp ngắn mạch của các máy biến áp vào vị trí bộ điều chỉnh nấc phân áp $u_k = f(s)$, vào miền dưới kích thích của các máy phát điện và các dây công suất có thể ở các điểm nối của các máy phát điện hoặc của các tổ máy phát điện - máy biến áp và các phụ tải.

Các kết quả được cho trong hình 9, dưới dạng một đường cong sai số tần số tích lũy đối với các dòng ngắn mạch của I''_{kPSU} , xem chú giải của hình 9.

Sự khác nhau giữa các đường cong 4 và 5 về phía phải của hình 9 minh hoạ các hậu quả của việc hạn chế miền kích thích dưới mức trong biểu đồ công suất của các máy phát điện (12)



Hình 9 - Các đường cong sai số tần số tích lũy [12]

Các kết luận sau đây có thể được rút ra từ hình 9 :

- Giá trị trung bình (50%) của đường cong sai số tần số tích lũy đối với các dòng ngắn mạch đối xứng ban đầu I''_{kIEC} liên quan tới I''_{kPes} được chỉ trong đường cong 2 của hình 9 là khoảng 5% lớn hơn các kết quả tìm được từ phương pháp xếp chồng bình thường (đường cong 1 của hình 9) bằng cách sử dụng các điện kháng không đổi của các máy biến áp $u_k = u_{kr} =$ không đổi, độc lập với vị trí điều chỉnh của bộ phân áp .

- Chỉ có một sự khác nhau nhỏ giữa các giá trị trung bình (50% các giá trị) giữa đường cong 2 và đường cong 3 của hình 9. Đường cong 3 cứu xét việc thay đổi của điện áp ngắn mạch u_k của các máy biến áp tùy thuộc vào vị trí điều chỉnh của bộ phân áp .

- Việc hạn chế miền vận hành kích thích dưới kích thích của máy phát điện làm giảm các dòng ngắn mạch cao nhất có thể, nói chung, như có thể được thấy từ việc dịch chuyển của đường cong 4 tới đường cong 5 trong hình 9 .

Từ các kết quả điều tra nghiên cứu được mô tả trong điều 2.1 và 2.2 nó rõ ràng trở thành phương pháp tính toán được cho trong IEC909 bằng cách sử dụng nguồn điện áp tương đương $c = c_{max}$ (IEC909, bảng 1) và các hệ số hiệu chỉnh tổng trở K_G và K_{PSU} , có tính đến các nhận xét bổ sung trong các ghi chú của 8.3.2.2 và 11.5.3.8 của IEC909 và các mô tả tương ứng trong các điều 2.1 và 2.2 của báo cáo này, đã cung cấp các kết quả đủ chính xác đối với các dòng ngắn mạch cực đại có cứu xét đến cả các khía cạnh kinh tế và các yêu cầu an toàn. Các hệ số hiệu chỉnh đặc biệt đối với các máy biến áp lưới điện nói chung là không yêu cầu (IEC909, 8.3.2.2 - ghi chú) .

Thường cho là việc chuyển chở công suất phản kháng và do đó các đồ rơi điện áp trong các lưới mạch vòng kín bị giới hạn tới đây bình thường được cho trong IEC38 và tìm được trong các hệ thống điện thực .

Sự cần thiết đối với việc tính toán các dòng ngắn mạch cực tiểu có thể khi có sự vận hành kích thích dưới mức của các máy phát điện, có thể xảy ra dưới các điều kiện tải thấp trong ban đêm cùng với các hệ thống cấp hoặc cùng với các trạm bơm thủy lực mà các trạm bơm này sản ra công suất phản kháng, như đã mô tả trong 2.2.1. Rõ ràng rằng các trường hợp này cần cứu xét đặc biệt kỹ lưỡng, vượt quá phạm vi và phương pháp đã cho trong IEC909. Trong trường hợp ngắn mạch cách xa máy phát điện thì các điều kiện đã cho trong 9.3 của IEC 909 thông thường có thể là đầy đủ (2.2.1) .

2.3- Hệ số K để tính dòng ngắn mạch đỉnh .

2.3.1- Tổng quát :

Hệ số K được dùng để tính toán dòng ngắn mạch đỉnh I_p . Phương trình cơ bản là phương trình (16) của IEC909 .

$$I_p = k\sqrt{2} I''_k \quad (38)$$

Trong trường hợp ngắn mạch 3 pha có một máy phát điện cung cấp ở xa (IEC909, 9.1.1.2) thì hệ số K là hàm số của R/X trong hình 8 của IEC909, hoặc có thể được tính toán với phép xấp xỉ bằng số sau đây :

$$K = K_{IEC} = 1,02 + 0,98 e^{-3R/X} \quad (39)$$

$K=K_{IEC}$ áp dụng cho cả các hệ số 50HZ và 60HZ. Hệ số K sẽ dẫn tới giá trị tức thời cao nhất có thể của dòng ngắn mạch, vì thế thừa nhận rằng ngắn mạch bắt đầu ở điện áp không (giê rô) (IEC909, điều 5) và I_p đạt được xấp xỉ 10 ms (trong các hệ thống 50HZ) hoặc 8,33 ms (trong các hệ thống 60HZ) sau khi bắt đầu ngắn mạch, xem 2.3.2 và 2.3.3 .

Trong trường hợp ngắn mạch gần một máy phát điện hoặc gần một động cơ thì thành phần dòng ngắn mạch đối xứng xoay chiều sẽ giảm đi. Để giải thích được hiệu ứng này trong 10 ms đầu (hoặc 88.3.3 ms đầu) sau khi bắt đầu ngắn mạch, cần đưa vào các tỉ số giả tưởng riêng R_G/X''_d (IEC909, 11.5.3.6) và R_M/X_M (IEC909, 11.5.3.5). Tỉ số này là cao hơn đáng kể so với tỉ số bình thường của R/X của các máy không đồng bộ và đồng bộ. Các tỉ số này có được từ các đo lường và tính toán .

Trong trường hợp các ngắn mạch 3 pha được cung cấp từ các nguồn không mạch vòng kín, xem ví dụ hình 22 của IEC 909, thì dòng ngắn mạch đỉnh I_p ở điểm ngắn mạch được tìm thấy là tổng các dòng ngắn mạch đỉnh của các nhánh khác nhau (IEC909, 9.1.2 và 12.2.3) .

Trong các lưới mạch vòng khép kín với các nhánh song song và tổ hợp của các nhánh nối tiếp và song song (IEC909, hình 10 và 23) thì việc tính toán dòng ngắn mạch đỉnh I_p được thực hiện với một trong 3 phương pháp đã cho trong 9.1.3.2 của IEC909. Các chi tiết của 3 phương pháp này và các áp dụng của chúng được cho trong 2.3.4 .

Nguyên tắc hướng dẫn đối với các phương pháp A, B và C để tính toán K và I_p trong các lưới có mạch vòng khép kín đòi hỏi các phương pháp này phải được áp dụng cho cả việc tính toán bằng tay lẫn các tính toán với chương trình số thích hợp (phương trình (39)). Hơn nữa, các kết quả không được sai số quá 5% giá trị chính xác . Trong khái niệm này, thì quan điểm an toàn là mục tiêu chính, nhưng cũng cần phải tính đến các khía cạnh kinh tế .

2.3.2- Hệ số K trong các mạch nối tiếp R - L .

Trong trường hợp ngắn mạch 3 pha được cung cấp bằng một nguồn đơn (ngắn mạch gần hoặc xa máy phát điện) tức là trong một mạch R-L nối tiếp, thì i_p được tính toán theo 9.1.1.2 của IEC909. Để chứng minh vấn đề này, Ví dụ trong hình 10 được cho với sự thừa nhận $Z_{Qt} \ll Z_T + Z_L$.

- a) Ví dụ với thừa nhận $Z_{Qt} \ll Z_T + Z_L$.
- b) Sơ đồ mạch tương đương của hệ thống thứ tự dương để tính toán I''_k (IEC909, hình 3) với $Z_k = R_k + jX_k + R_{Qt} + R_T + R_L + j(X_{Qt} + X_T + X_L)$.
- c) Sơ đồ mạch tương đương cầu hệ thống thứ tự dương để tính toán $i_p = K\sqrt{3} I''_k$ với $R = R_{Qt} + R_T + R_L$ và $X = \omega L = \omega (L_{Qt} + L_T + L_L)$, $\omega = 2\pi f$, $f = 50\text{HZ}$, hoặc 60HZ .
- d) Xác định góc điện áp φ_u .

Hình 10 - Tính toán hệ số K trong trường hợp ngắn mạch 3 pha cung cấp đơn (mạch nối tiếp R-L) .

Từ hình 10c) phương trình vi phân sau đây để tính toán i_k ($t \geq 0$) .

$$Ri_k + \frac{di_k}{dt} = \frac{c\sqrt{2}U_n}{\sqrt{3}} \sin(\cos + \{ \}_n) \quad (40)$$

Nghiệm của phương trình 40 là ;

$$I_k = \sqrt{2} I''_k [\sin(\cos + \varphi_u - \gamma) + e^{-\frac{R}{X} \cos} \sin(\gamma - \varphi_u)] = \sqrt{2} I''_k K \quad (41a)$$

ở đây :

I''_k là dòng ngắn mạch 3 pha ban đầu (IEC 909, phương trình (14) .

$$I''_k = \frac{cU_n}{\sqrt{3|Z_k|}} \quad \text{Với } Z = R + jX = Z_k$$

Z là tổng trở ngắn mạch, $Z = Z_k = \sqrt{R^2 + X^2}$

γ là góc tổng trở, $\gamma = \arctan \frac{X}{R}$

φ_u là góc điện áp ở lúc bắt đầu ngắn mạch, xem hình 10d)

i_k trong phương trình (41a) bao gồm số hạng tuần hoàn i_{KAC} và số hạng không tuần hoàn giảm dần $i_{KDC} = i_{DC}$ (IEC 909, hình 1)

$$i_k = i_{KAC} + i_{KDC} = \sqrt{2} I''_k \sin(\cos + \varphi_u - \gamma) + \sqrt{2} I''_k e^{-\frac{R}{X} St} \sin(\gamma - \varphi_u) \quad (41b)$$

ở lúc bắt đầu ngắn mạch ($t=0$), thì dòng ngắn mạch là bằng giêrô : $i_k(t=0) = i_{KAC}(t=0) + i_{KDC}(t=0) = 0$.

Chỉ trong trường hợp đặc biệt $R/X = 0$, thì giá trị đỉnh của dòng ngắn mạch i_k đạt tới đúng 10 ms (trong các hệ thống 50HZ) hoặc 8,33 ms (trong các hệ thống 60HZ) sau lúc bắt đầu ngắn mạch ở điện áp bằng không ($\varphi_u = 0$). Với $R/X = 0$ thì dòng ngắn mạch đỉnh i_p thường xảy ra ở thời điểm $t_p < 10\text{ms}$ hoặc $t_p < 8,33 \text{ ms}$.

Cực đại của i_p tìm được bằng cách lấy vi phân của K từ phương trình (41b) đối với t và φ_u . Từ phương pháp này $\varphi_u = 0$ có được không phụ thuộc vào tỷ số R/X và vì thế $K = K_{\max}$ từ phương trình (46b)

$$K + \sin(\cos - \gamma) + e^{-\frac{R}{X} St} \sin \gamma \quad (42)$$

Hệ số K và thời gian t_p (khi có dòng ngắn mạch đỉnh xảy ra) được tìm từ phương trình (42) bằng quá trình lặp lại. Hình 11 cho các giá trị chính xác của K phụ thuộc vào R/X hoặc X/R . Hơn nữa, thời gian t_p được cho trong trường hợp của các tần số danh định 50HZ ($t_{p60} = t_{p50}$ 50HZ/60HZ)

Độ lệch ΔK_{IEC} từ giá trị đúng K thì nhỏ hơn xấp xỉ 0,6% chừng nào $0 \leq R/X \leq 1,2$ (hình 11) .

QUANPHAM.VN

$$\text{Độ lệch } \Delta K_{IEC} = \frac{K_{IEC} - K}{K} 100\% ; K_{IEC} \text{ theo phương trình (39)}$$

Hình 11 - Hệ số K và $t_p(f=50\text{HZ})$ là hàm số của R/X hoặc X/R .

Trong trường hợp $\varphi_u \neq 0$ thì có hệ số $K(\varphi_u = 0) < K$. Cứu xét các trường hợp này cần phải nhớ rằng dòng trong một hệ thống ngắn mạch 3 pha được giả thiết được tạo nên đồng thời trong tất cả 3 pha (IEC909, 3.3) và vì thế không cần thiết chọn một dây bên ngoài $0 \leq \varphi_u \leq \pm 30^\circ$ để tính vào. Hệ số K ($\varphi_u = \pm 30^\circ$) có một độ lệch cực đại chỉ khoảng -7% so với K ($\varphi_u = 0$) .

2.3.3- Hệ số K của các nhánh R-L song song :

Tổng trở của một lưới mạch vòng kín ở điểm ngắn mạch, phụ thuộc vào tần số, có thể được biến đổi bởi các thành phần riêng lẻ trong một lưới điện có các nhánh R-L song song ở đó mỗi một nhánh song song biểu thị một giá trị riêng của lưới điện mạch vòng kín .

Vì thế cấu hình đơn giản nhất là một tương đương của hai nhánh song song như được chỉ trong hình 12 với các tổng trở $\underline{Z}_I = R_I + jX_I$ và $\underline{Z}_{II} = R_{II} + jX_{II}$ và sự biến đổi của các tỷ số R_I/X_I và R_{II}/X_{II} đối với các hệ thức khác nhau Z_I/Z_{II} . Dãy tỷ số R/X có thể được trong hệ thống thứ tự dương của các đường dây cao áp và hạ áp nằm giữa 0,05 và ≈ 10 . Các tỷ số R/X của các máy biến áp thực chất phụ thuộc vào công suất biến kiến định mục S_{rT} , có thể có được dãy từ 0,07 tới 0,4. Vì thế, chỉ cần xem xét dãy $0,005 \leq R/X \leq 10$ đối với các nhánh song song.

Hình 12- Sơ đồ mạch tương đương để tính k trong trường hợp của nhánh song song (hệ thống thứ tự dương)

Với hình 12, có thể suy ra phương trình sau đây cho việc tính toán dòng ngắn mạch theo thời gian i_k ở điểm ngắn mạch F.

$$\begin{aligned}
 i_k &= i_{kI} + i_{kII} \\
 &= \sqrt{2}I''_{kI} \left[\sin(\cos + \{u - x_I\}) + e^{-\frac{R_I}{X_I} \xi t} \sin(x_I - \{u\}) \right] \\
 &+ \sqrt{2}I''_{kII} \left[\sin(\cos + \{u - x_{II}\}) + e^{-\frac{R_{II}}{X_{II}} \xi t} \sin(x_{II} - \{u\}) \right]
 \end{aligned} \tag{43}$$

Dòng ngắn mạch đỉnh i_p được xác định bằng :

$$i_p = i_{\max} = K\sqrt{2} I''_k \tag{44}$$

$$\text{Với } I''_k = \frac{cU_n}{\sqrt{3|Z_k|}} \text{ và } \underline{Z}_k = \frac{\underline{Z}_I \underline{Z}_{II}}{\underline{Z}_I + \underline{Z}_{II}} = R_k + jX_k$$

Bằng cách lấy vi phân riêng phần của phương trình (43) đối với t và φ_u , ta có thể chứng minh, như trong 2.3.2, rằng trong trường hợp này còn có dòng ngắn mạch đạt được cực đại của nó ở $\varphi_u = 0$.

Hệ số k lúc này bằng :

$$K = \frac{Z_k}{Z_I} \sin(\cos - \chi_{II}) + \frac{Z_k}{Z_{II}} \sin(\cos - \chi_{II}) + \frac{Z_L X_I}{Z_I^2} e^{-\frac{R_I \xi_t}{X_I}} + \frac{Z_k X_{II}}{Z_{II}^2} e^{-\frac{R_{II} \xi_t}{X_{II}}} \quad (45)$$

Hình 13 - cho hệ số K đối với cấu hình của hình 2 được vẽ đối với R_K/X_K với các thông số $0,005 \leq R_I/X_I \leq 1,0$ và $0,005 \leq R_{II}/X_{II} \leq 10,00$, trong trường hợp đặc biệt $Z_I = Z_{II}$. Bao hình phía dưới tương đương với hệ số k của phương trình (39). Bao hình phía trên thu được trong trường hợp của $R_I/X_I = 0$. Bao hình phía dưới đối với thời gian t_p được cho bởi các giá trị t_p trong hình 11.

QUANPHAM.VN

- 1- Bao hình phía dưới : K theo phương trình (42).
- 2- Bao hình phía trên : $R_I/X_I \rightarrow 0$

Hình 13 - Hệ số K để tính toán $i_p = K\sqrt{2} I''_k$ đối với trường hợp hai nhánh song song chỉ ở hình 12, với $Z_I = Z_{II}$.

$$0,005 \leq R_I/X_I \leq 1,0 \text{ và } 0,005 \leq R_{II}/X_{II} \leq 10,0.$$

Hình 14 cho các độ lệch ΔK của giá trị gần đúng K_a , $1,15K_b$ và K_c được tính toán với các phương pháp A, B, C của 9.1.3.2 của IEC909, từ các giá trị đúng tìm được từ phương trình (45).

$$\Delta K_a = \frac{K_a - K}{K} 100\%; \Delta(1,15K_b) = \frac{1,15K_b - K}{K} 100\%; \Delta K_c = \frac{K_c - K}{K} \quad (46)$$

Các kết luận rút ra từ các kết quả trong hình 14 như sau :

Hệ số K luôn luôn cho các kết quả về phía an toàn ($K_a \geq K$). Trong các trường hợp cực hạn thì hệ số K_a vào khoảng 100% lớn hơn K. Người ta không tính đến trong các tính toán này, việc hạn chế liên quan đến các nhánh cùng mang 80% dòng ngắn mạch (IEC 909, 9.1.3.2, phương pháp A)

Hệ số $1,15K_b$ đối với tính toán ở $i_p = 1,15 K_b \sqrt{2} I''_k$ (IEC909, 9.1.3.2 phương án B) cho các giá trị sai số dư - chỉ có nếu cả hai tỷ số R_I/X_T và R_{II}/X_{II} đều nằm trong dãy $0,005 \leq R/X \leq 1,0$ thì các giá trị ΔK không thấp hơn -5% sai số. Vì thế, phương pháp B bị giới hạn về các trường hợp khi $0,005 \leq R/X \leq 1,0$ có giá trị cho tất cả các nhánh của một lưới điện. Thường thường dãy này tìm được trong các hệ thống cao áp với $U_n \geq 110KV$.

Hệ số K cho độ lệch ΔK_c trong dãy giữa + 3,7% và -6,5% đối với các giá trị đúng của K. Các giới hạn $\pm 5\%$ (xem 2.3.1) được gặp trong trường hợp của các dây $0,005 \leq R_I/X_I \leq 1,0$ và $0,005 \leq R_{II}/X_{II} \leq 5,0$.

phương pháp A : K_a

Phương pháp B : 1,15 K_b , 50HZ, 60HZ ($R/X = R_k/X_k$)

Phương pháp C : K_c , 20HZ, 24Hz

QUANPHAM.VN

$$\Delta K_u = \frac{K_u - K}{K} 100\% \quad \text{với } K_u = K_a, 1,15 K_b \text{ và } K_c$$

Hình 14 - Các độ lệch ΔK_a , $\Delta(1,15 K_b)$ và ΔK_c từ giá trị đúng K với $0,005 \leq Z_I/Z_{II} \leq 1,0$ đối với cấu hình của hình 2

2.3.4- Các phương pháp tính toán dòng ngắn mạch đỉnh i_p trong các lưới điện mạch vòng khép kín

Các phương pháp A, B và C cho trong 9.1.3.2 của IEC909 đối với cả hai trường hợp ngắn mạch ở gần và ở xa máy phát điện. Phương trình cơ bản (38) (IEC909, phương trình 16) đều có giá trị đủ cho phương pháp nào được sử dụng). Một số thông tin bổ sung có thể có ích.

Phương pháp A - Tỷ số đồng đều R/X hoặc X/R.
Dùng $K = K_a$

Hệ số K_a được xác định từ hình 8 của IEC909 hoặc từ phương trình (39) lấy tỷ số nhỏ nhất của R/X hoặc tỷ số lớn nhất của X/R của tất cả các nhánh của lưới điện cùng mang ít nhất 80% dòng ngắn mạch và có cùng mức điện áp như ở điểm ngắn mạch.

Phương pháp này không có các giới hạn tới các nhánh mang ít nhất 80% dòng ngắn mạch tổng, và nó cho các kết quả về phía an toàn, theo hình 14.

Nếu giới hạn tới 80% dòng ngắn mạch được tính đến thì các trường hợp cực hạn có thể dẫn tới các kết quả về phía không an toàn như ví dụ sau đây với cấu hình của hình 12 chứng minh.

$$\begin{aligned} Z_I &= (3+j1)\Omega \\ Z_I &= 3,162\Omega ; R_I/X_I = 3,0 ; Z_K = (2,430+j1,410)\Omega \\ Z_{II} &= (1,2585+j12,5852)\Omega ; Z_K = 2,8093\Omega ; Z_I/Z_{II} = 0,25 \\ Z_{II} &= 12,648\Omega ; R_{II}/X_{II} = 0,1 \end{aligned}$$

Phương pháp A : $I''_{KI} = 0,8I''_k$; $I''_{KII} = 0,2I''_k$; Vì thế $R/X = R_I/X_I = 3,0$
 $K = K_a = 1,0201$

Giá trị đúng $K = 1,1797$; $\Delta K_a = \frac{K_a - K}{K} 100\% = -13,5\%$

Các sai số đáng kể giữa R_I/X_I và R_{II}/X_{II} thì ít có khả năng xảy ra ở cùng cấp điện áp trong các lưới điện thực, vì thế ví dụ này là một trường hợp cực hạn.

Hình 14 chứng minh rằng việc tính toán với K có thể dẫn tới các kết quả với các lề an toàn cao nếu các tỷ số R/X là khác nhau. Vì thế, phương pháp A cần được sử dụng như chỉ là một dự kiến đầu, giới hạn các tính toán các dòng ngắn mạch chỉ với các điện kháng và $R_k < 0,3 X_k$ (IEC909, 9.1.1.1)

Thiết bị điện trong các lưới hạ áp và vì thế cùng cả nhánh đó thông thường có các tỷ số $R/X \geq 0,07$. Điều này dẫn tới sự phát biểu hệ số K_a bị giới hạn tới 1,8 trong các lưới hạ áp (IEC909, 9.1.3.2, phương pháp A) cũng xem thông tin về K_a trong hình 14 với các tỷ số $0,07 \leq R/X \leq 1,0$ tới $0,07 \leq R/X \leq 10,0$.

Phương pháp B : Tỷ số R/X hoặc X/R ở điểm ngắn mạch .
Sử dụng $K = 1,15 K_b$

Hệ số K_b được xác định từ hình 8 của IEC909 hoặc từ phương trình (39) bằng cách sử dụng tỷ số R_k/X_k ($Z_k = R_k + jX_k$) ở điểm ngắn mạch F được tính toán với tần số 50HZ hoặc $f = 60\text{Hz}$. Hệ số 1,15 là một hệ số an toàn bao gồm các cái không chính xác gây nên bởi việc sử dụng tỷ số R_k/X_k đối với tính toán K_b (xem hình 13). Các tính toán trong 2.3.3, tuy nhiên, sẽ chứng minh rằng chúng cũng cần thiết để có tỷ số $R/X \leq 1$ trong tất cả các nhánh để tránh các độ lệch cao hơn -5% về phía không an toàn (hình 14 : $\Delta(1,14K_b)$). Vậy khuyến nghị dùng phương pháp C để tránh điều này .

Miễn là tỷ số R/X giữ nhỏ hơn 0,3 trong tất cả các nhánh, thì không cần thiết dùng hệ số an toàn 1,15 .

Trong trường hợp này, cũng như trong phương pháp A, hệ số $1,15K_b$ bị giới hạn tới 1,8 trong các lưới điện hạ áp. Để tránh thu được các kết quả không thực tế trong các lưới cao áp với tỷ số $R_k/X_k < 0,1$, thì hệ số $1,15 K_b$ bị giới hạn tới 2,0 (IEC909 , 9.1.3.2, phương pháp B)

Phương pháp C : Tần số tương đương $f_c = 20 \text{ Hz}$ hoặc $f_c = 24 \text{ Hz}$ [5]
dùng $k = k_c$

Hệ số k_c được xác định từ hình 8 của IEC 909 hoặc từ phương trình (39) bằng cách sử dụng tỷ số :

$$\frac{R}{X} = \frac{R_c}{X_c} \cdot \frac{f_c}{f} \text{ hoặc } \frac{X}{R} = \frac{X_c}{R_c} \cdot \frac{f}{f_c}$$

Tổng trở Z_c là tổng trở được coi từ điểm ngắn mạch F nếu một nguồn điện áp tương đương chỉ là điện áp tác dụng được áp vào với tần số $f_c = 20\text{Hz}$ (trong các hệ thống với 50Hz) hoặc $f_c = 24\text{Hz}$ (trong các hệ thống với 60Hz) .

Hình 14 biểu thị rằng các độ lệch ΔK_c là giữa các biên $\pm 5\%$ miễn là tỷ số R/X của tất cả các nhánh là nằm bên trong dãy $0,005 \leq R/X \leq 5,0$, xem [5] .

Vì thế phương pháp c được áp dụng trong các lưới cao áp và hạ áp, nếu cần tìm ra một xấp xỉ tốt đối với dòng ngắn mạch đỉnh, có cấu xét các quan điểm cả về an toàn và kinh tế. Bằng cách sử dụng các chương trình thích hợp để tính toán tổng trở ngắn mạch phía Z_k , có thể với các bổ sung trong lập trình để tìm Z_c và từ K_c này đối với tần số tương đương 20HZ hoặc 24HZ .

2.3.5- Ví dụ về tính toán K và i_p trong các lưới mạch vòng kín .

Hình 15 cho một ví dụ về các tính toán K trong một lưới mạch vòng kín, lưới này có thể được giảm tới hai nhánh song song trong hệ thống thứ tư dương có các tỷ số R/X khác nhau .

Dữ liệu :

$$G : S_{rG} = 100\text{MVA} \quad U_{rG} = 10\text{KV} \\ X''_d = 11\% \quad r_G = 0,11\%$$

$$T1 : S_{rT1} = 100\text{MVA} \quad U_{rTHV}/U_{rTLV}=220\text{KV}/10\text{KV} \\ U_{xr} = 11\% \quad U_{Rr} = 0,11\%$$

$$T2 : S_{rT2}=31,5\text{MVA} \quad U_{rTHV}/U_{rTLV}=220\text{KV}/10\text{KV} \\ U_{kr} = 6\% \quad U_{Rr} = 0,75\%$$

$$L : R'_L = 0,231\Omega/\text{km}; \quad X'_L=0,104\Omega/\text{km}$$

$$D : R_D = 0,00458\Omega \quad X_D = 0,458\Omega$$

$$U(t) = \frac{c\sqrt{2} U_n}{\sqrt{3}} \sin(\omega t + \varphi_u)$$

- a) Lưới và dữ liệu, $f = 50 \text{ HZ}$
b) Sơ đồ mạch tương đương (hệ thống thứ tự dương)

Hình 15 - Ví dụ về tính toán K và ip với các phương pháp A, B và C
(IEC 909, 9.1.3.2)

Tổng trở của các nhánh song song (hình 12) là :

$$\underline{Z}_I = 90,00513 + j0,512)\Omega ; R_I/X_I = 0,01 ; Z_I = 0,5303\Omega$$

$$\underline{Z}_{II} = (0,371 + j0,345) \Omega ; R_{II}/ X_{II} = 0,01754 ; Z_{II} = 0,5066\Omega$$

$$\frac{Z_I}{Z_{II}} = 1,0127$$

Tổng trở ngắn mạch \underline{Z}_k ở điểm ngắn mạch F là :

$$\underline{Z}_k = (0,11276 + j 0,25349) \Omega ; Z_k = 0,27744\Omega ; \gamma = 1,15225$$

Hệ số k tìm được bằng một quá trình lặp lại từ phương trình (45)

$$K = K_{\text{đúng}} = 1,54655 ; t_p = 8,58 \text{ ms} (f = 50 \text{ HZ})$$

Bằng cách sử dụng tỷ số $R_k/ X_k \approx 0,445$, có thể tìm được $K \approx 1,55$ từ hình 13 (tỷ số Z_I / Z_{II} chỉ hơi khác 1)

Bảng 1 cho các kết quả tính toán K bằng các phương pháp A, B và C (IEC 909, 9.1.3.2) đối với ví dụ trong hình 15 .

Bảng 1 : Các giá trị K được tính toán bằng các phương pháp A,B và C đối với ví dụ trong hình 15 :

Phương pháp	R / X	K phương trình (39)	ΔK_v 1) %	Ghi chú
	$\frac{R}{X} = \left[\frac{R}{X} \right] = \frac{R'}{X_I} = 0,01$	$K = K_a = 1,971$	+ 24,45	áp dụng phương pháp A là không đầy đủ trong ví dụ này vì $R_K > 0,3 X_K$
	$\frac{R}{X} = \frac{R_K}{X_K} = 0,4448$	$K_b = 1,278$ $1,15 K_b = 1,3697$	- 4,967	$\Delta K_b \leq -5\%$ nếu $R/X \leq 1$ đối với tất cả các nhánh
	$\frac{R}{X} = \frac{R_C}{X_C} \cdot \frac{20HZ}{50HZ} = 0,1732^{(2)}$ $f = 50HZ; f_c = 20HZ$	$K = K_c = 1,6029$	+ 3,644	+ 5% $\geq \Delta K_c \leq -5\%$ nếu $-R/X \leq 5$ đối với tất cả các nhánh
<p>1) $\Delta K = \frac{K' - K}{K} 100\%$ với $U_v = U_a, 1,15 K_b$ hoặc K_c và $K = K_{đúng} = 1,54655$</p> <p>2) $Z_c = (0,0634 + j 0,14644)\Omega ; R_c / X = 0,43294$</p>				

2.4- Hệ số ~ để tính toán dòng ngắn mạch đối xứng .

2.4.1- Tổng quát :

Trong trường hợp có một ngắn mạch gần máy phát (IEC909 phân đoạn 2) thì dòng ngắn mạch đối xứng giảm đi nhanh chóng trong vòng 1/10 giây đầu sau bắt đầu ngắn mạch như đã mô tả bằng biểu đồ trong hình 12 của IEC 909 . Hiện tượng này là do sự thay đổi thông lượng trong roto của máy phát trong khi có ngắn mạch .

Ngay cả nếu sử dụng các chương trình số hoặc các máy tính analogic thì cũng không đơn giản để mô phỏng các điều kiện thực tế. Hệ thống các phương trình vi phân thích hợp mô phỏng cách xử lý quá độ của máy phát điện không thể được tổ hợp thành một phương pháp đơn giản do có các dòng xoáy tồn tại trong roto thép cán của các máy phát điện - tuabin hơi, do đặc tính không đường thẳng các thép rôto, do tính dị hướng roto (độ dẫn khác nhau theo các trục d và q) và do độ bão hoà đầu (răng) rãnh thép đặt bố trí dây trong stato. Một số lượng đáng kể dữ liệu phải được tính đến để tính toán độ suy giảm quá độ của dòng ngắn mạch đối xứng .

Điều này bao gồm trước tiên :

- Các điện cảm và các hằng số thời gian của máy phát điện .
- Điểm đặt của ngắn mạch không cân bằng hoặc cân bằng hoặc là bên trong trạm hoặc ở ngoài trong lưới điện .
- Các điều kiện vận hành của máy phát trước khi ngắn mạch giữa không tải và tải được phân định, hoặc quá kích thích hoặc kích thích dưới mức .
- Loại và phản ứng của thiết bị kích thích và việc điều chỉnh điện áp .
- Xử trí quá tính của bộ máy phát - tuabin hơi trong khi ngắn mạch .
- Dữ liệu định mức và các giá trị vận hành (chẳng hạn vị trí nấc phân áp của bộ điều chỉnh phân áp và độ bão hoà) của các máy biến áp qua các máy biến áp này dòng ngắn mạch chạy qua .

Vì thế không ngạc nhiên rằng ngay cả các kết quả thu được từ các tính toán chi tiết đều thường ít chính xác hơn mong muốn. Các tính toán chi tiết được dùng trong các trường hợp đặc biệt, chẳng hạn cần có các yêu cầu an toàn riêng .

Trường hợp nghiêm trọng nhất được cứu xét có thể được mô tả như sau :

- Ngắn mạch 3 pha cân bằng ở các đầu cực máy phát điện dẫn tới dòng ngắn mạch ban đầu lớn nhất. Giả thiết rằng trung tính máy phát được cách điện (nếu trung tính máy phát được nối đất trực tiếp, chẳng hạn trong các lưới hạ áp thì ngắn mạch pha - đất sẽ dẫn tới dòng ngắn mạch ban đầu lớn nhất vì điện kháng thứ tự không của máy phát điện là nhỏ hơn điện kháng siêu quá độ của hệ thống thứ tự dương)

- Các ngắn mạch không cân bằng (không đối xứng) (các ngắn mạch pha pha) dẫn tới các dòng ngắn mạch ban đầu nhỏ hơn các ngắn mạch cân bằng (đối xứng), tuy nhiên các dòng ngắn mạch đối xứng giảm dần tới một giá trị thấp hơn (IEC 909, hình 11)

- Các dòng ngắn mạch đối xứng I_b là các dòng quan trọng nhất đối với các giá trị thấp của thời gian chết tối thiểu của t_{min} .

- Các dòng ngắn mạch của các máy phát lớn nói chung giảm khá chậm chạp hơn là các dòng ngắn mạch của các máy phát nhỏ hơn. Hệ số μ (IEC909, hình 16 và phương trình 47) được chọn ở trên thì các giá trị lớn nhất tìm được từ các đo lường và tính toán, xem hình 17 đối với các máy phát tùy theo loại và công suất định mức.

2.4.2- Khái niệm có bản :

Phương trình sau đây đối với tính toán dòng ngắn mạch đối xứng I_b được sử dụng (IEC 909, 12.2.1.3) :

$$I_b = \mu I''_k$$

Hệ số μ được sử dụng trong trường hợp nghiêm trọng nhất như đã mô tả trong 2.4.1. Từ các thông số được liệt kê ở trên thì chỉ những cái sau đây được tính đến :

- Thời gian chết tối thiểu t_{min} phù hợp với 3.2.3 của IEC 909. Bốn đường cong μ được cho đối với các giá trị khác nhau của t_{min} (IEC909 hình 16) .

- Dòng ngắn mạch đối xứng ban đầu của máy phát điện liên quan tới dòng định mức của máy phát, I''_{kG}/I_{rG} . Giá trị này được lấy trên hoành đồ của hình 16 của IEC 909.

Phương trình (47) cần được sử dụng chỉ trong trường hợp của các ngắn mạch cấp điện đơn (các ngắn mạch được cấp từ một máy phát) (IEC909, 12.2.1.3) hoặc trường hợp của ngắn mạch được cấp từ các nguồn không có mạch vòng kín (IEC909,12.2.3.3). Việc tính toán các dòng ngắn mạch trong các lưới mạch vòng kín cần được chú ý đặc biệt (IEC909, 12.2.4.3)

Để chứng minh rằng trong trường hợp của một ngắn mạch cấp điện đơn, hoành đồ của hình 16 của IEC909 có thể được dùng cả cho các ngắn mạch của các máy phát với điện kháng thay đổi. Và đối với các ngắn mạch hệ thống điện với một điện kháng X_N giữa các cực máy phát với điểm ngắn mạch thì thời gian giảm của thành phần a.c đối xứng của dòng ngắn mạch được chú ý theo một phương pháp được đơn giản hoá .

Đối với mục đích này thì phương trình sau đây để tính toán thành phần a.c. $I_{kAC}(t)$ của dòng ngắn mạch đối xứng $I_k(t) = I_{kAC}(t) + I_{kDC}(t)$ được đưa vào :

$$I_{kAC}(t) = I''_k - I'_k) e^{-t/T''_N} + (I''_k - I_k) e^{-t/T'_N} + I_k \quad (48)$$

ở đây :

I''_k = là dòng ngắn mạch đối xứng ban đầu (IEC909, 3.5) hoặc dòng ngắn mạch biên quá độ (phương trình 49a)

I'_k = Là dòng ngắn mạch quá độ (phương trình 49b)

I_k = Là dòng ngắn mạch trạng thái ổn định (IEC909, 3,10) (phương trình 49c)

T''_N = Là hằng số thời gian siêu quá độ lấy như là giá trị trung bình giữa T''_{dN} và T''_{qN} (phương trình 50a)

T'_N = Là hằng số thời gian quá độ ($T'_N = T'_{dN}$) (phương trình 50b)

Các dòng I''_k và I'_k phụ thuộc vào các điện áp nối (điện áp siêu quá độ) E'' , E' và E của máy phát điện và tổng điện kháng $X''_d + X_N + X'_d + X_N$ và $X_d + X_N$ như chỉ trong hình 16.

E''	X''_d	X_N	→ siêu quá độ với T''_N
E'	X'_d	X_N	→ quá độ với T'_N
E	X_d	X_N	→ trạng thái ổn định.

Hình 16 - Cấu hình lưới (ngắn mạch nguồn cấp đơn) và dữ liệu liên quan để chứng minh sự suy giảm của thành phần a.c đối xứng của một ngắn mạch gần máy phát điện.

Trong trường hợp ngắn mạch hệ thống điện dưới các điều kiện không tải của máy phát và vì thế $E'' = E' = E = U_{rG} / \sqrt{3}$ thì các dòng sau đây được đưa vào :

$$I''_k = \frac{E}{X''_d + X_N} \Rightarrow \frac{E}{X''_d + X_N} \quad (49a)$$

$$I'_k = \frac{E'}{X'_d + X_N} \Rightarrow \frac{E}{X'_d + X_N} \quad (49b)$$

$$I_k = \frac{E}{X_d + X_N} \quad (49c)$$

Và với $T''_N = T''_{dN}$ để đơn giản hoá, ta có các hằng số thời gian sau :

$$T''_N = T''_0 \frac{X_d'' + T_N}{X'_d + X_N} = T'' \frac{X'_d}{X''_d} \cdot \frac{X''_d + X_N}{X'_d + X_N} \quad \text{với } T''_0 = T'' \frac{X'_d}{X''_d} \quad (50a)$$

$$T'_N = T'_0 \frac{X_d' + T_N}{X_d + X_N} = T' \frac{X_d}{X'_d} \cdot \frac{X'_d + X_N}{X_d + X_N} \quad \text{với } T'_0 = T' \frac{X_d}{X'_d} \quad (50b)$$

Các hằng số thời gian điển hình là $T'' \approx 0,3s$ và $T' = 1s$ và vì thế từ phương trình (50a); $T''_N \approx (1,0 \dots 1,3) T''$ và từ phương trình (50b) $T'_N \approx (1,0 \dots 2,5) T'$ với phép gần đúng $e^{-t_{\min}/T'_N} \approx 1$ ($T = t_{\min} = 0,02 \dots 0,25s$) ta có thể có phương trình sau đây đối với hệ số μ :

$$\mu = \frac{I_{kAC}(t)}{I''_k} \approx \left[1 - \frac{X''_d + X_N}{X'_d + X_N} \right] e^{-t_{\min} / T''_N} + \frac{X''_d + X_N}{X'_d + X_N} \quad (51)$$

Vì t_{\min}/T''_N có thể nhỏ hơn hoặc lớn hơn 1, cần thiết đưa vào cấp số vô hạn ($t=t_{\min}$)

$$e^{-t/T''_N} = 1 - \frac{t}{T''_N} + \frac{1}{2} \left[\frac{t}{T''_N} \right]^2 - \frac{1}{6} \left[\frac{t}{T''_N} \right]^3 + \frac{1}{24} \left[\frac{t}{T''_N} \right]^4 - \dots +$$

Để tìm phương trình sau đây cho μ ở các điều kiện không tải :

$$\mu = 1 - \frac{X'_d - X''_d}{T''_0 U_{rG} / \sqrt{3}} I''_k t_{\min} + \frac{X'_d - X''_d}{X'_d + X_N} \left[\frac{t_{\min}}{T''_N} + e^{-t_{\min}/T''_N} - 1 \right] \quad (52)$$

Ở đây t_{\min} là thời gian chết tối thiểu (IEC909 - 3.23), T''_0 là hằng số thời gian không tải siêu quá độ, T''_N là hằng số thời gian theo phương trình (50a) và I''_k dòng ngắn mạch đối xứng ban đầu theo phương trình (49a) với $E = U_{rG}/\sqrt{3}$.

Hai số hạng đầu về phía phải của phương trình (52) chứng minh rằng hệ số μ giảm khi I''_k và t_{\min} tăng (IEC 909, hình 16). Phần cuối phía phải của phương trình (52) chỉ có thể bỏ qua nếu $t_{\min} \ll T''_N \cong 1 \dots 1,3 T''_N$.

Trong trường hợp các máy phát điện lớn, dữ liệu X''_d , X'_d và T''_N chỉ thay đổi trong một dãy nhỏ, khi các điện kháng được biểu thị bằng các giá trị giảm đối với giá trị định mức $x''_d = X''_d/Z_{rG}$ và $x'_d = X'_d/Z_{rG}$ với $Z_{rG} = U_{rG}/\sqrt{3} I_{rG}$. Đưa vào $x'_d \approx 1,5x''_d$, phương trình (52) trở thành :

$$\mu = 1 - 0,5x''_d \frac{t}{T''_0} \cdot \frac{I''_k}{I_{rG}} t_{\min} + \frac{1}{3 + 2x_N / x''_d} \left[\frac{t_{\min}}{T''_N} + e^{-t_{\min}/T''_N} - 1 \right] \quad (53)$$

Rõ ràng rằng theo phương trình này (53) thì hệ số μ có thể được đưa vào tùy thuộc vào I''_k/T_{rG} và t_{\min} (IEC 909, hình 16 và phương trình (47)). Trong trường hợp ngắn mạch xa nguồn cấp với $x_N \gg x''_d$ thì hệ số μ gần bằng ≈ 1 . Phương trình (53) không dùng để tính toán.

2.4.3- Tính toán dòng ngắn mạch đối xứng với hệ số μ :

Các đơn giản hoá trước đây đã được mô tả trong 2.4.2 được kiểm tra lại trên cơ sở một số lớn các thực nghiệm trong việc thí nghiệm các trạm và bằng các tính toán chi tiết, sử dụng dữ liệu của các máy phát điện hiện có với công suất định mức khác nhau và các loại khác nhau. Các ví dụ được mô tả trong hình 17 cho cả trường hợp các điều kiện không tải lẫn trường hợp các điều kiện tải định mức của máy phát điện trước khi ngắn mạch .

Để đơn giản hoá các tính toán ngắn mạch, $\mu = 1$ được thừa nhận cho tất cả các giá trị $I''_{kG}/I_{rG} \leq 2$ (IEC909, hình 16) và hơn nữa họ các đường cong đối với các giá trị t_{min} được mô tả bằng số (IEC 909, phương trình 47). Cả hai thông tin đều giống hệt nhau .

Trong trường hợp kích thích bằng bộ nắn dòng tĩnh và trong trường hợp các máy phát hạ áp được kích thích tổng hợp thì các nhận xét 12.2.1.3 của IEC909 cần phải được tính đến . Các nhận xét này được dựa vào các đo lường trong thí nghiệm các trạm .

Các giá trị μ đối với $t_{min} = 0,02$ được đưa vào, đặc biệt đối với tính toán các dòng ngắn của các động cơ hạ áp và các nhóm động cơ hạ áp (IEC909, 13.2). Trong các lưới điện cao áp thì thời gian chết tối thiểu t_{min} thường thường lớn hơn 0,02.s .

Phương trình (47) (IEC909, phương trình 46) bị giới hạn vào các ngắn mạch với nguồn cấp đơn và các ngắn mạch được cấp từ các nguồn không có mạch vòng kín (IEC909, 12.2.3). Tuy nhiên, nếu dòng ngắn mạch được phát sinh cả bởi các máy phát lẫn các động cơ và thêm cả bởi các lộ cấp lưới điện và nếu dòng ngắn mạch chạy qua một hệ thống điện mạch vòng kín (IEC909, hình 23) thì phương trình (47) (IEC909) phương trình (46) không thể được dùng trực tiếp cho việc tính toán dòng ngắn mạch riêng phần được cấp từ các máy phát điện và các động cơ . Kết quả của việc nối ghép các dòng cắt ngắn mạch riêng phần gây ra bởi lưới điện mạch vòng kín, thì dòng ngắn mạch riêng phần của lộ cấp lưới điện tăng lên khi các dòng được cấp từ các máy phát và động cơ giảm xuống (11).

Nếu dòng xấp xỉ $I_b = I''_k$ (IEC909, phương trình 59) là không đủ trong trường hợp ngắn mạch gần máy phát hoặc động cơ, thì có thể có được kết quả chính xác hơn bằng cách dùng phương trình (60) của IEC909. Các số hạng $(1-\mu_i)I''_{kGi}$ và $(1-\mu_j)I''_{kMj}$ được xác định bởi hiệu số điện áp ban đầu của chúng $\Delta U''_{Gi}$ và $\Delta U''_{Mj}$ (IEC909, phương trình 61 và 62). Các hệ số μ_i hoặc μ_j được tính từ hình 16 hoặc phương trình (47) của IEC 909 với I''_{kGi}/I_{rGi} , hoặc I''_{kMj}/I_{rMj} [11] .

QUANPHAM.VN

Các máy phát điện - tua bin hơi :

X	$t_{\min} = 0,05 \text{ s}$	điều kiện không tải
•	$t_{\min} = 0,10 \text{ s}$	
0	$t_{\min} = 0,25 \text{ s}$	
*	$t_{\min} = 0,05 \text{ s}$	Điều kiện tải định mức (được tính toán)
ϕ	$t_{\min} = 0,10 \text{ s}$	
Φ	$t_{\min} = 0,25 \text{ s}$	

Các máy phát điện rôto cực lồi

□□□	$t_{\min} = 0,05 \text{ s}$	Điều kiện không tải
Δ	$t_{\min} = 0,10 \text{ s}$	
T	$t_{\min} = 0,25 \text{ s}$	

x — * ; • — ϕ ; 0 — Φ

Các đường dây nối giữa các đo lường, ở các điều kiện không tải và các tính toán ở các điều kiện phụ tải định mức .

Hình 17 - Độ giảm dần của dòng ngắn mạch đối xứng (hệ số μ) được dựa vào các đo lường và tính toán ở trạm thử nghiệm [4] .

2.5- Hệ số λ ($\lambda_{max}, \lambda_{min}$) để tính toán dòng ngắn mạch trạng thái ổn định .

2.5.1- Tổng quát :

Việc xử trí thời gian diễn hình của một dòng ngắn mạch đối xứng trong trường hợp 1 ngắn mạch ở gần máy phát điện được mô tả trong hình 12 của IEC() . Dòng ngắn mạch đối xứng ban đầu I''_k thay đổi trong một vài giây tới dòng ngắn mạch trạng thái ổn định I_k với $I_k < I''_k$. Độ suy giảm phụ thuộc vào phương pháp kích thích và việc điều chỉnh điện áp và tới một mức độ cao về bảo hoà và điện áp kích thích cao nhất có thể U_{fmax} (IEC909, 12.2.1.4) . Thành phần d.c suy giảm của dòng ngắn mạch là zéro trước khi dòng ngắn mạch ở trạng thái ổn định đối xứng đạt được .

Trong hầu hết các trường hợp thì dòng ngắn mạch cực đại ở trạng thái ổn định I_{kmax} , được tìm trong phương trình (48) :

$$I_{kmax} = \lambda_{max} I_{rG} \quad (54)$$

Dòng I_{kmax} của một máy phát được liên quan tới I_{rG} về hiệu ứng nhiệt của nó. Hệ số λ_{max} phụ thuộc vào hệ thức I''_{kG} / I_{rG} và giá trị bảo hoà $X_{dsat} = X_{dsat} / Z_{rG}$ của điện kháng đồng bộ dọc trục (IEC909, hình 17 và 18) . Hệ thức I_{kmax} / I''_k của máy phát điện thích ứng được dùng để tìm ra ứng suất nhiệt của thiết bị điện phù hợp với 10.2 của IEC 865 bằng cách sử dụng các hệ số m và n .

Số lượng dữ liệu được kể đến để tính toán là đáng kể lớn hơn trong trường hợp tính toán dòng cắt ngắn mạch a.c đối xứng I_b (2.4.1). Các thông số bổ sung sau đây cũng quan trọng :

- Điện kháng đồng bộ dọc trục nói riêng (X_d)
- Bảo hoà sắt của rôto nói riêng
- Hiệu quả của điều chỉnh điện áp .
- Điện áp kích thích cực đại có thể U_{fmax} được sinh ra bởi thiết bị kích thích và thường được biểu thị bằng điện áp kích thích U_{ft} ở chế độ vận hành định mức với $U_{fmax} = U_{fmax}/U_{fr}$

Khi các máy phát điện tua bin hơi và các máy cực lõi khác nhau nhiều về các điện kháng đồng bộ X_d của chúng và nói chung chúng được tổ chức hợp với các loại thiết bị kích thích khác nhau, thì cần sử dụng các hệ số λ_{mix} khác nhau đối với các máy phát điện tua bin hơi (IEC909, hình 17) và các máy có cực lõi (IEC 909, hình 18) .

Các cấu xét đặc biệt là cần thiết đối với động cơ đồng bộ và các máy bù đồng bộ phù hợp với 13.1 của IEC909 cũng như các động cơ có bộ chuyển đổi tĩnh phù hợp với 13.3 của IEC909. Trong trường hợp các máy phát điện với kích thích tổng hợp hoặc tự kích thích thì dòng ngắn mạch trạng thái ổn định phải được quy định bởi nhà chế tạo (IEC909, 12.4.3) .

Dòng ngắn mạch cực tiểu ở trạng thái ổn định I_{kmin} là rất quan trọng, đặc biệt đối với việc lựa chọn và chỉ định các thiết bị bảo vệ trong các hệ thống bảo vệ (IEC909, phương trình 49) :

$$I_{kmin} = \lambda_{min} I_{rG} \quad (55)$$

Hệ số λ_{min} cho trong các hình 17 và 18 của IEC909 đối với điện áp không đổi ở không tải với giả thiết rằng không lắp đặt bộ điều chỉnh điện áp hoặc không đưa bộ điều chỉnh điện áp vào vận hành . Trong trường hợp các máy phát điện hạ hoặc cao áp với kích thích tổng hợp thì cần thiết có các cứu xét (IEC909, 12.4.3) .

Các giả thiết (thừa nhận) được đề cập ở trên được đề ra tìm hệ số λ là luôn luôn không thực hiện được đầy đủ trong thực tế. Khi tính toán I_{kmax} thì các độ lệch lớn hơn có thể xảy ra giữa các giá trị thực tế và tính toán hơn là trong trường hợp tính toán I''_k và I_b . Nếu ngắn mạch được cấp từ nhiều máy phát điện thì các máy phát này có thể rơi ra ngoài đồng bộ trước khi đạt được dòng ngắn mạch ở trạng thái ổn định, đặc biệt trong các lưới mạch vòng khép kín. Trong các trường hợp này thì dòng ngắn mạch cực đại trạng thái ổn định có thể được dự đoán chỉ là phỏng chừng như đã mô tả trong 12.2.3.3 và 12.2.4.4 của IEC909 . Trong trường hợp cực hạn của không đồng bộ thì dòng ngắn mạch trạng thái ổn định có thể cao hơn cả dòng ngắn mạch đối xứng ban đầu. Giá trị của I_{kmin} được tính toán với phương trình (55) cũng có thể lệch một cách đáng kể với các giá trị thực thụ được trong thực tế .

2.5.2- ảnh hưởng của bão hòa sắt :

2.5.2.1- Phương pháp đường cong đặc trưng (điện kháng potier)

Điện kháng Potier tìm được như là hiệu số giữa hai đường cong bão hòa, một lấy ở không tải, và đường cong kia lấy ở dòng định mức, với hệ số công suất bằng zero. Đặc tính không tải trong hình 18 mô tả quan hệ giữa điện áp $E_0(I_f)$ và dòng điện trường I_f đối với một máy điện đồng bộ không tải ($I_G = 0$) . Đặc tính này rõ ràng là không đường thẳng. Đặc tính tải $U_L(I_f)$ trong hình 18 đối với dòng I_{rG} định mức ở $\cos\varphi_G = 0$ có một dạng không đường thẳng tương tự. Trong trường hợp $U_L = 0$ thì tồn tại một ngắn mạch đầu cực. Trong trường hợp này tính chất đường thẳng hoàn toàn có thể được thừa nhận .

QUANPHAM.VN

Hình 18 - Phương pháp đường cong bảo hoà đặc trưng để tìm điện kháng Potier X_p phù hợp với [3]

Trong phép trừ dòng trường I_{kfr} , được đòi hỏi trong trường hợp của một ngắn mạch đầu cực với I_{rG} của dòng trường $I_f (U_L)$ ở điểm A của hình 18, kết quả đạt được là do độ bão hoà của mạch từ ; Nếu giả thiết rằng tất cả thông lượng dò trong máy phát điện ở bên ngoài lõi sắt thì tỷ lệ trực tiếp với I và độc lập với U_c , thì thu được mạch tương đương của hình 19 .

Hình 19 - Mạch tương đương với điện áp nguồn $E_0(I_f)$ và điện kháng Potier X_p

Từ mạch của hình 19, ta có thể thấy rằng $E_0 - U_L = X_p I$ là giá trị hiệu số giữa điện áp nguồn và điện áp đầu cực. Điện kháng hiệu dụng X_p được gọi là điện kháng Potier [2,3]. Giá trị của X_p tìm thấy bằng cách kẻ một đường tiếp tuyến với đường đặc tính không tải của hình 18 đi qua điểm gốc 0 và bằng cách kẻ một đường song song BC với đường tiếp tuyến đó đến điểm B. Các tam giác có gạch gạch ABC và A'D'C thì bằng nhau. Chiều cao của các tam giác đó trong hình 18 là :

$$X_p / Z_{rG} = X_p I_{rG} / (U_{rG} / \sqrt{3}) \quad (55)$$

Đường đặc tính không tải $E_0(I_f)$ có thể dễ dàng đo được trong trạm thí nghiệm . Đôi khi các đường cong đặc tính tiêu chuẩn được sử dụng trong các tài liệu, tuy nhiên, chúng đều phụ thuộc vào việc thiết kế các mạch từ của các máy điện đồng bộ .

Giá trị của điện kháng Potier nằm giữa điện kháng rò xtato X_σ (không có bão hoà trong các cực, tất cả bão hoà xảy ra trên các răng của lõi thép) và điện kháng quá độ X'_d (tất cả bão hoà trên các cực, còn các răng thì không bão hoà) : $X_\sigma < X_p$, X'_d [3]. Kinh nghiệm cho thấy rằng hoặc là quan hệ $X_p \approx 0,82X'_d$ hoặc là hệ thức $X_p \approx X''_d + 0,63(X'_d - X''_d)$ là đủ độ chính xác .

Dựa trên cơ sở của đường cong đặc tính không tải $E_0(I_f)$ và điện kháng Potier X_p , dòng ngắn mạch trạng thái ổn định trong trường hợp của một ngắn mạch được cấp nguồn đơn đối với bất kỳ giá trị nào của dòng trường I_f và điện kháng hệ thống điện X_N (xem hình 16) có thể được tính toán . Hình 19 dẫn tới phương trình sau đây :

$$I_k = \frac{E_0(I_f)}{X_p + X_N} \quad (56)$$

Từ hệ thức $I''_{kG}(X''_d + X_N) = E''$ ta thu được kết quả sau đây đối với hệ số λ :

$$\lambda = \frac{K_k}{I_{rG}} = \frac{E_0(I_f)}{(X_p - X_d'')I_{rG} + E''I_{rG} / I''_{kG}} \quad (57)$$

$E_0(I_f)$ là hàm số của điện kháng đồng bộ X_d chỉ đối với trường hợp λ_{\max} để tính toán $I_{k\max}$ (IEC909, các hình 17 và 18)

2.5.2.2- Phương pháp đơn giản hoá để tính } :

Khi xem xét một số lớn các giả thiết được yêu cầu đối với phương pháp đường cong đặc tính (2.5.2.1) và giới hạn của tính toán các dòng ngắn mạch trạng thái ổn định, được cấp chỉ bởi một máy phát, ta có thể đơn giản hoá phương pháp tính toán. Phương pháp sau đây đã được dùng để tìm các đường cong λ (IEC909, hình 17 và 18)

Dựa vào hình 18, cả điện áp nguồn E_0 đối với 1 dòng trường đã cho và điện kháng Potier X_p đều bị giảm do kết quả bão hoà. Hai ảnh hưởng bù lẫn nhau riêng phần, như đã chỉ ở hình 19. Vì vậy nghĩ rằng có thể không tính đến chung [7]. Do vậy, phương trình (56) được thay thế bởi phương trình sau đây :

$$I_k = \frac{U_{f\max} E_r}{X_{dsat} + X_N} \quad (58)$$

và thay vào phương trình (57), ta có hệ thức sau đây :

$$\lambda = \frac{I_k}{I_{rG}} = \frac{U_{f\max} E_r}{(X_{dsat} - X''_d)I_{rG} + E''I_{rG} / I''_{kG}} \quad (59)$$

Ở đây :

E'' là điện áp nội siêu quá độ (sức điện động siêu quá độ)(IEC909, 3.17)

E_r là điện áp nội trạng thái ổn định của máy đồng bộ ở U_{rG} , I_{rG} và $\cos\varphi_{rG}$

$U_{f\max}$ là $U_{f\max}/U_{fr}$, là điện áp kích thích cao nhất có thể, được biểu thị bằng giá trị giảm (U_{fr} là điện áp kích thích ở vận hành được phân định)

X''_d là điện kháng siêu quá độ (IEC909, 3.22 .)

X_{dsat} là giá trị bão hoà của điện kháng đồng bộ, X_{dsat} là đảo nghịch của tỷ số ngắn mạch (IEC909, 12.2.1.4)

I''_{kG}/I_{rG} là dòng ngắn mạch đối xứng ban đầu của máy điện đồng bộ, được biểu thị bằng giá trị giảm .

điện áp siêu quá độ E'' thu được với một độ gần đúng tốt ($R_G \ll X''_d$)

$$E'' \approx \frac{U_{rG}}{\sqrt{3}} + I_{rG} X''_d \sin \varphi_{rG} = \frac{U_{rG}}{\sqrt{3}} (1 + x''_d \sin \varphi_{rG}) \quad (60)$$

Điện áp định mức nội bộ E_r tìm được là :

$$E_r = \sqrt{\left[\frac{U_{rG}}{\sqrt{3}} \right]^2 + (I_{rG} X_{dsat})^2 + 2 \frac{U_{rG}}{\sqrt{3}} I_{rG} X_{dsat} \sin \varphi_{rG}} \\ \approx \frac{U_{rG}}{\sqrt{3}} \sqrt{1 + x^2_{dsat} + 2x_{dsat} \sin \varphi_{rG}} \quad (61)$$

ở đây :

$$x''_d = X''_d / Z_{rG}, \quad x_{dsat} = X_{dsat} / Z_{rG} \quad \text{với } Z_{rG} = U_{rG} / (\sqrt{3} I_{rG})$$

Vì rằng trong trường hợp máy phát điện riêng lẻ khi xem xét một ngắn mạch gần máy phát thì chỉ có thể áp dụng được khi $I''_{kG} / I_{rG} > 2$. (IEC909, 3.19), các đường cong đặc tính của hình 17 và 18 của IEC909 áp dụng cho miền này.

Các hệ số λ được tính toán theo phương pháp đường cong đặc tính (2.5.2.2) và theo phương pháp đơn giản hoá (7) thì phù hợp nhau nếu lấy các giá trị $X''_d = 0,2Z_{rG}$ và $\cos \varphi_{rG} = 0,85$. Các giá trị thường dùng sau đây đối với U_{fmax} / U_{fr} được thừa nhận để tính các đường cong λ . (IEC909, hình 17 và 18).

Các loại	1	2
Các máy phát điện - tua bin hơi	$u_{fmax} = 1,3$	$u_{fmax} = 1,6$
Các mạch cực lõi	$u_{fmax} = 1,6$	$u_{fmax} = 2,0$

Các giá trị hệ số λ được xác định một cách rõ ràng bằng các phương trình (59) tới (61) trong đây $I''_{kG} / I_{rG} > 2$. Không cần thiết làm một sự xấp xỉ bằng cách sử dụng các biểu thức bằng số đơn giản hoá như trong trường hợp của các hệ số μ (IEC909, phương trình 47 và q (IEC909, phương trình 67)

2.6- Hệ số q để tính toán dòng cắt ngắn mạch của các động cơ không đồng bộ

2.6.1- Tổng quát :

Hệ số q được dùng cùng với hệ số μ (2.4) để xác định dòng cắt ngắn mạch đối xứng của các động cơ không đồng bộ hoặc các nhóm các động cơ không đồng bộ trong các lưới hạ áp và cao áp (IEC909, 11.5.3.5 và 13.2).

Dòng ngắn mạch đối xứng của các động cơ không đồng bộ trong trường hợp của một ngắn mạch 3 pha ở các đầu cực giảm một cách đáng kể nhanh hơn là dòng ngắn mạch của các máy phát điện đồng bộ. Hằng số thời gian thực T_{AC} tăng lên theo căn bậc 2 của công suất tác dụng theo đôi cực (hình 22)

Hệ số q cho trong hình 25 hoặc phương trình (67) của IEC909 phụ thuộc vào P_{RM}/p và t_{min} . Hệ số μ của tích μq (IEC909, phương trình (71) và phương trình (60) có xem xét đến khoảng cách giữa điểm ngắn mạch và các đầu cực động cơ. Hệ số này được chọn từ hình 16 hoặc phương trình (47) của IEC909.

Nếu dòng cắt ngắn mạch đối xứng I_b của các động cơ không đồng bộ được biết từ việc đo ngắn mạch hoặc từ các tính toán quá độ thì có thể xác định được hệ số q từ phương trình (62).

Dòng ngắn mạch đối xứng ban đầu của các động cơ không đồng bộ cần được tính toán với nguồn điện áp tương đương $cU_n/\sqrt{3}$ (IEC909, bảng II) mặc dù điện áp nội của các động cơ là nhỏ hơn điện áp đầu cực. Các lý do là :

- Sự hợp nhất của phương pháp tính toán trong tất cả các trường hợp (IEC909, điều 6)
- Điện áp ở các đầu cực trước khi ngắn mạch có thể cao hơn điện áp định mức U_{RM} của động cơ (IEC909, điều 6)
- Tỷ số I_{LR}/I_{RM} thường được cho phép tới 20% cao hơn là giá trị định mức trên tám biến thông số của động cơ.

Khi tính dòng cắt trong các lưới mạch vòng kín có các động cơ không đồng bộ thì có thể sử dụng thông tin trong phương trình (60) của IEC 909, ngay cả trong trường hợp ngắn mạch xa máy phát điện với $\mu_j = 1$ và $\mu_j \neq 1$ [11].

2.6.2- Độ lệch của hệ số q.

Để tìm hệ số q (IEC909, hình 25 hoặc phương trình (67) thì một số các đo lường và tính toán quá độ về các dòng cắt ngắn mạch I_{bM} ở các thời gian t_{min} (IEC909, 3.23) được sử dụng :

$$q = \frac{I_{bM}}{\sim \cdot I''_{kM}} \quad (62)$$

Trong hình 20, hệ số q từ phương trình (62) được cho đối với 8 động cơ hạ áp với $P_{RM} = (0,011...0,16)MW$ và 20 động cơ trung áp với $P_{RM} = (0,16...10,0)MW$ ở thời gian chết tối thiểu $t_{min} = 0,02s, 0,05s, 0,10s$ và $\geq 0,25s$. Số liệu chủ yếu của 28 động cơ không đồng bộ này cho trong bảng 2.

Các động cơ trung áp $U_{FM} = 6KV$

Các động cơ hạ áp $U_{FM}=0,38KV$

QUANPHAM.VN

Công suất tác dụng của động cơ theo đôi cực $P_{FM}/P=m$

- $t_{min} = 0,2s$, $\nabla t_{min} = 0,05s$: ♦ $t_{min} = 0,10a$; $ot_{min} = 0,25s$

Hình 20 - Hệ số q thu được từ các giá trị đo và tính toán được của $I_{bM} = \mu q I''_{KM}$, phương trình (62) ở các giá trị khác nhau t_{min} sp với $q = q_{IEC}$ (IEC909. 13.2.1 và hình 25).

Bảng 2- Dữ liệu các động cơ không đồng bộ trung áp và hạ áp và các giá trị được tính toán .

STT	U_{rM} KV	I_{rM} A	$S_{rM}^{1)}$ MVA	$P_{rM}^{2)}$ MW	n_r (50 HZ) min^{-1}	$p^{3)}$ --	$\frac{P_{rM}^{4)}$ P MW	$\frac{I_{LR}}{I_{rM}}$ --	$Z_M^{5)}$ Ω
1	0,38	22,5	0,0149	0,011	1425	2	0,0055	8,5	1,147
2	0,38	45,0	0,0295	0,022	960	3	0,0073	6,0	0,813
3	0,38	36,6	0,024	0,0185	1460	2	0,0093	6,0	1,002
4	0,38	61,0	0,040	0,030	1465	2	0,015	6,5	0,553
5	0,38	88,0	0,0578	0,045	1475	2	0,0225	6,7	0,372
6	0,38	106,0	0,0696	0,055	1475	2	0,0275	7,3	0,284
7	6,0	25,0	0,259	0,175	485	6	0,0292	4,3	32,22
8	0,38	137,0	0,090	0,075	1475	2	0,0375	6,8	0,236
9	0,38	291,0	0,192	0,160	1480	2	0,080	6,3	0,120
10	6,0	21,0	0,218	0,180	1480	2	0,090	5,7	28,94
11	6,0	80,5	0,837	0,630	492	6	0,105	5,2	8,275
12	6,0	26,0	0,270	0,225	1485	2	0,113	5,8	22,97
13	6,0	19,0	0,197	0,160	2970	1	0,160	6,0	30,39
14	6,0	66,0	0,685	0,550	990	3	0,183	5,3	9,903
15	6,0	45,0	0,467	0,400	1487	2	0,200	5,33	14,44
16	6,0	27,0	0,281	0,230	2980	1	0,230	6,0	21,38
17	6,0	81,0	0,842	0,700	990	3	0,233	6,0	7,128
18	6,0	29,0	0,299	0,250	2973	1	0,250	5,3	22,54
19	6,0	34,0	0,353	0,300	2980	1	0,300	6,2	16,43
20	6,0	36,0	0,374	0,320	2980	1	0,320	6,0	16,04
21	6,0	52,0	0,540	0,460	2985	1	0,460	7,0	9,517
22	6,0	201,0	2,090	1,800	992	3	0,600	5,2	3,314
23	6,0	163,0	1,697	1,400	1478	2	0,700	5,0	4,250
24	6,0	231,0	2,400	2,100	1492	2	1,050	5,1	2,940
25	6,0	504,0	5,245	4,500	1492	2	2,250	4,7	1,462
26	6,0	296,0	3,070	2,650	2985	1	2,650	5,0	2,341
27	6,0	659,0	6,850	6,000	1489	2	3,00	5,5	0,956
28	6,0	1120,0	11,640	10,000	1490	2	5,000	4,0	0,773

1) $S_{rM} = \sqrt{3} U_{rM} I_{rM}$
2) $P_{rM} = S_{rM} \cos \varphi_r$
3) Đồi cực
4) công suất tác dụng theo đồi cực
5) Z_M theo phương trình (34) của IEC909

Các giá trị q_{IEC} (IEC909, hình 25 hoặc phương trình (67)) là các giá trị trung bình như có thể thấy được từ hình 20. Tần số 50% của các độ lệch giữa các giá trị đơn q và q_{IEC} được tìm thấy trong dãy $\Delta q_{IEC} \cong 0\% \dots +5\%$ đối với các đường cong khác nhau q_{IEC} ($t_{min} = 0,2s, 0,05s, 0,10s, \geq 0,25s$).

Trong hình 21, các hàm số thời gian của μ , q và μq được cho đối với một ví dụ (động cơ số 14 trong bảng 2). Trong trường hợp này và các trường hợp khác, có thể đủ độ chính xác để thay thế tích $\mu q = I_{bM}/I_{kM}$ bằng hàm số $e^{-t/T_{AC}}$.

QUANPHAM.VN

Ví dụ : $P_{FM} = 550Kw$; $U_{FM} = \sqrt{3}U$; $I_{FM} = 66A$; $I_{LR}/I_{FM} = 5,3$
 $n_r = 990 \text{ min}^{-1}$; $f = 50HZ$; $T_{AC} = 66 \text{ ms}$

Hình 21 - Hàm số thời gian μ , q , μq và $e^{-t/T_{AC}}$ đối với tính toán dòng cắt ngắn mạch đối xứng $I_{bM} = \mu q I''_{kM}$ trong trường hợp có một ngắn mạch ở các đầu cực của 1 động cơ không đồng bộ .

Hằng số thời gian T_{AC} đối với 28 động cơ không đồng bộ của bảng 2, được cho trong hình 22 cùng với các hằng số thời gian $T_{\mu q} = t_{min}/I_r(\mu q)_{IEC}$ với μ theo phương trình (47) của IEC909 và $q = q_{IEC}$ theo phương trình (67) của IEC909. Các biến đổi trung bình cao tương đối trong các hình 20 và 22 thì chủ yếu là do thiết kế các động cơ không đồng bộ khác nhau ngay cả trong trường hợp công suất tác dụng và số cực bằng nhau .

Các động cơ hạ áp

Các động cơ trung áp

QUANPHAM.VN

Hình 22 - Các hằng số thời gian thực T_{AC} để xác định dòng cắt ngắn mạch đối xứng I_{bM} và so sánh $T_{\mu q} = -t_{min}/I_n(\mu q)_{IEC}$. (số các động cơ xem bảng 2)

2.6.3- Các dòng cắt ngắn mạch trong trường hợp ngắn mạch không cân bằng .

Trong trường hợp ngắn mạch không cân bằng thì các động cơ không đồng bộ hoặc các nhóm động cơ không đồng bộ góp phần vào dòng ngắn mạch đối xứng ban đầu, vào dòng ngắn mạch đỉnh, vào dòng cắt ngắn mạch và vào dòng ngắn mạch trạng thái ổn định (IEC909, bảng II). Ảnh hưởng của các động cơ trên dòng ngắn mạch pha - đất phải được tính đến chỉ trong trường hợp của các hệ thống tiếp đất trực tiếp .

Hình 23 - Hàm số thời gian I_{bM}/I''_{kM} trong trường hợp của một ngắn mạch cân bằng (I_{b3M}/I''_{kM}) và một ngắn mạch pha-pha (I_{b2M}/I''_{kM}) ở các đầu cực của một động cơ không đồng bộ (ví dụ : động cơ số 28 của bảng 2)

Hình 23 cho một ví dụ về các hàm số thời gian I_{bM}/I''_{kM} trong trường hợp của một ngắn mạch 3 pha cân bằng và 1 ngắn mạch pha-pha ở các đầu cực của một động cơ không đồng bộ .

Dòng của pha thứ 3 trong trường hợp của một ngắn mạch pha-pha có thể đạt tới một độ lớn khoảng I''_{k3M} , nếu thời gian chết đủ lớn. Dòng ngắn mạch trạng thái ổn định trong cả hai pha bị ngắn mạch sẽ đạt tới $0,5 I''_{k3M}$; xem hình 23 (IEC909, phương trình (71). Dòng ngắn mạch trong trường hợp ngắn mạch pha-đất, nếu hệ thống được tiếp đất trực tiếp, thì dòng này còn suy giảm chậm hơn dòng ngắn mạch pha-pha. (hình 23)

2.7- Đánh giá sự góp phần của các động cơ không đồng bộ hoặc các nhóm động cơ không đồng bộ vào dòng ngắn mạch đối xứng ban đầu .

2.7.1- Tổng quát :

Các động cơ không đồng bộ hoặc các nhóm động cơ không đồng bộ (các động cơ tương đương) góp phần vào dòng ngắn mạch đối xứng ban đầu I''_k , đặc biệt, trong trường hợp có các ngắn mạch gần động cơ, và hơn nữa vào dòng ngắn mạch đỉnh i_p , vào dòng cắt ngắn mạch đối xứng I_b và trong trường hợp của các ngắn mạch không cân bằng thì còn góp phần vào dòng ngắn mạch trạng thái ổn định I_k (IEC909, 13.2.1). Trong các trường hợp này, khi mà sự góp phần vào dòng ngắn mạch đối xứng ban đầu là nhỏ hơn 5% dòng ngắn mạch tổng thì sự góp phần này có thể được bỏ qua . IEC909 dự kiến hai hàm số cho phép đánh giá xem sự góp phần của các động cơ không đồng bộ hoặc của các nhóm động cơ không đồng bộ này là thấp hơn 5% hoặc là đối với một ngắn mạch ở các đầu cực động cơ (IEC909, phương trình (13) hoặc là đối với một ngắn mạch được cấp bởi các động cơ hoặc các nhóm động cơ qua các máy biến áp (IEC909, phương trình (66) không có một tính toán chính xác .

Một số lớn các động cơ không đồng bộ hạ áp chẳng hạn trong các trang bị xí nghiệp hoặc trong trường hợp các thiết bị phụ của trạm điện và trong một số trường hợp thiếu dữ liệu cần thiết đối với một trong các động cơ đó dẫn tới việc thừa nhận các động cơ tương đương bao gồm cả các đường cáp nối vào một thanh cái chung (IEC909, 11.5.3.5). Các thừa nhận đối với các động cơ tương đương là $\sum P_{rM} = > P_{rM}$, $I_{LR}/I_{TM}=5$: $\cos\varphi_r\eta_r = 0,8$ và $P_{rM}/p = 0,05MW$ trong trường hợp các nhóm động cơ hạ áp (IEC909, 11.5.3.5 và 13.2.1)

2.7.2- Ngắn mạch ở các đầu cực của các động cơ không đồng bộ .

Việc đóng góp của một động cơ không đồng bộ hoặc một nhóm các động cơ không đồng bộ (động cơ tương đương) như đã chỉ trong hình 24, vào dòng ngắn mạch đối xứng tổng ban đầu I''_r có thể được bỏ qua nếu :

$$I''_{kM} \leq 0,05 I''_{kQ}$$

Hình 24 - sự đóng góp của một động cơ không đồng bộ hoặc một nhóm động cơ không đồng bộ vào dòng ngắn mạch đối xứng ban đầu $I''_k = I''_{kQ} + I''_{kM}$

Lấy Z_M từ phương trình (34) của IEC909, bỏ qua tổng trở của các cấp lộ cấp thì dòng ngắn mạch riêng phần, trở thành :

$$I''_{kM} = \frac{cU_n}{\sqrt{3Z_M}} = \frac{I_{LR}}{I_{rM}} \cdot \frac{cU_n}{U_{rM}} \cdot I_{rM} \quad (64)$$

Trong trường hợp của một nhóm động cơ thì tổng các dòng định mức của các động cơ được đưa vào thay cho I_{rM} . Dự kiến $I_{LR}/I_{rM} \approx 5$ và $cU_n/U_{rM} \approx 1$, phương trình (63) mang dạng sau đây (IEC909, phương trình 13)

$$\sum I_{rM} \leq 0,01 I''_{kQ} \quad (65)$$

2.7.3- Các dòng ngắn mạch riêng phần của các động cơ không đồng bộ được cấp qua các máy biến áp .

Đối với đạo hàm của phương trình (66) của IEC909, thì trường hợp đơn giản trong hình 25 được sử dụng :

QUANPHAM.VN

Máy biến áp 2 cuộn dây

S_{rT} ; U_{kr} ; U_{rTHV} / U_{rTLV}

nhóm

Động cơ không đồng bộ hoặc một

động cơ (động cơ tương đương)

P_{rM} , $\cos\varphi_r\eta_r$, U_{rM} , I_{LR}/I_{rM}

Hình 23- Ví dụ về dự kiến dòng ngắn mạch riêng phần I''_{kM} được cung cấp bởi một động cơ không đồng bộ hoặc một động cơ tương đương .

Dòng ngắn mạch tổng I''_k ở điểm ngắn mạch F được cho là tổng số của hai dòng ngắn mạch riêng phần I''_{kQ} và I''_{kM} ở phía cao áp của máy biến áp trong hình 25

Nếu sự đóng góp I_{kM} của động cơ không đồng bộ hoặc nhóm các động cơ không đồng bộ (các động cơ tương đương) là nhỏ hơn hoặc bằng 5% dòng ngắn mạch I''_{kQ} thì điều này có thể giải thích bằng phương trình sau đây :

$$I''_{kM} \leq 0,05 I_{kQ} \text{ hoặc } S''_{kM} \leq 0,05 S''_{kQ} \quad (66)$$

Công suất biến kiến ngắn mạch $S''_{kM} = \sqrt{3} U_n I''_{kM}$ (IEC909, 3.6) được tìm thấy từ tổng trở ngắn mạch Z_{Mt} của động cơ không đồng bộ hoặc nhóm các động cơ (các động cơ tương đương), được chuyển đổi sang phía cao áp của máy biến áp và tổng trở ngắn mạch Z_{THV} của máy biến áp T ở phía cao áp (IEC909, phương trình (6)).

$$Z_{THV} = \frac{u_{kr}}{100\%} \cdot \frac{U_{rTHV}^2}{S_{rT}} \quad (67)$$

$$Z_{Mt} = \frac{1}{I_{LR} / I_{rM}} \cdot \frac{U_{rM}^2}{S_{rM}} \cdot \frac{U_{rTHV}^2}{U_{rTLV}^2} \quad (68)$$

Giả thiết rằng $U_{rM} = U_{rTLV}$ và $U_n \approx U_{rTHV}$ và lấy U_{kr} như đại lượng điều giảm thì có thể đưa vào trong phương trình sau các tổng trở Z_{THV} và Z_{Mt} :

$$S''_{kM} = \frac{cU_n^2}{Z_{THV} + Z_{Mt}} \approx \frac{c}{\frac{u_{kr}}{S_{rT}} + \frac{1}{I_{LR} / I_{rM}} \cdot \frac{1}{S_{rM}}} \quad (69)$$

Đưa phía bên phải của phương trình (69) vào phương trình (66) đối với công suất ngắn mạch và coi $P_{rM} = S_{rM} \cos\varphi_r \eta_r$, thì có được phương trình sau :

$$\frac{P_{rM}}{S_{rT}} \leq \frac{\cos\{\varphi_r\} \eta_r}{\frac{I_{LR}}{I_{rM}} \left[\frac{cS_{rT}}{0,05S''_{kQ}} - u_{kr} \right]} \quad (70)$$

Đối với các động cơ không đồng bộ hạ áp (các động cơ tương đương) bao gồm cả các cáp đấu nối, việc đưa $I_{LR}/I_{rM} = 5$, $\cos\varphi_r \eta_r = 0,8$ và $u_{kr} = 0,06$ (6% đối với các máy biến áp phân phối) vào phương trình (70), ta có được bất phương trình (66) của IEC909 sau đây :

$$\frac{P_{rM}}{S_{rM}} \leq \frac{0,8}{\frac{c100S_{rT}}{S''_{kQ}} - 0,3} \quad (71)$$

Cần lấy giá trị tuyệt đối của mẫu số trong các phương trình (70) và (71) nếu số hạng đầu của mẫu số nhỏ hơn số hạng thứ hai .

Các động cơ không đồng bộ hoặc các nhóm động cơ (các động cơ tương đương) đóng góp ít hơn 5% vào dòng ngắn mạch không có các động cơ, nếu phương trình (71) được thoả mãn (IEC909,13.2.1 và phương trình (66)).

2.7.4- Tổng các dòng ngắn mạch riêng phần của một số nhóm các động cơ không đồng bộ được cấp điện qua một số máy biến áp khác nhau,

- Đối với các cấu hình như đã chỉ trong hình 26 ở đó một số nhóm các động cơ không đồng bộ (các động cơ hạ áp hoặc các động cơ trung áp) được cấp điện qua một số máy biến áp khác nhau thì phương trình (70) hoặc (71) có thể chỉ được sử dụng để có được một dự đoán đầu tiên có giá trị trong một số điều kiện hạn chế nhất định để tìm ra nếu các động cơ có đóng góp hơn hoặc kém 5% dòng ngắn mạch không có các động cơ .

QUANPHAM.VN

Hình 26 - các dòng ngắn mạch riêng phần từ các nhóm động cơ không đồng bộ được cấp điện qua một số máy biến áp .
(xem văn bản đối với các điều kiện hạn chế)

Điều kiện $\Sigma I''_{kM} \leq 0,05 I''_{kQ}$ tương ứng với $\Sigma S''_{kM} \leq 0,05 S''_{kQ}$ xem phương trình (66), với $\Sigma I''_{kM} = I''_{kM1} + I''_{kM2} + I''_{kM3}$ (hình 26), cần được nghiên cứu.

Nếu đưa $Z_{T1HV}, Z_{T2HV}, Z_{T3HV}$, theo phương trình (67) và Z_{M1}, Z_{M2}, Z_{M3} , theo phương trình (68) bằng cách lấy các chỉ số thích hợp và giả thiết rằng $U_{kr} = U_{krT1} = U_{krT2} = U_{krT3}$ cũng như các hệ thức giống nhau I_{LR}/I_{rM} đối với các nhóm động cơ và hơn nữa như đã biết trong 2.7.3, $U_{rTHV} = U_n$ và $U_{rM} \approx U_{rTLV}$, ta thu được phương trình sau :

$$\begin{aligned} \Sigma S''_{kM} &= S''_{kM1} + S''_{kM2} + S''_{kM3} \\ &= \frac{c}{\frac{u_{kr}}{S_{rT1}} + \frac{1}{I_{LR}/I_{rM1}} \cdot \frac{1}{S_{rM1}}} + \frac{c}{\frac{u_{kr}}{S_{rT2}} + \frac{1}{I_{LR}/I_{rM2}} \cdot \frac{1}{S_{rM2}}} \\ &+ \frac{c}{\frac{u_{kr}}{S_{rT3}} + \frac{1}{I_{LR}/I_{rM3}} \cdot \frac{1}{S_{rM3}}} \leq 0,05 S''_{kQ} \end{aligned} \quad (72)$$

Phương trình (72) có thể được đơn giản hoá với phép xấp xỉ sau :

$$\begin{aligned} &\frac{1}{\frac{u_{kr}}{S_{rT1}} + \frac{1}{I_{LR}/I_{rM1}} \cdot \frac{1}{S_{rM1}}} + \frac{1}{\frac{u_{kr}}{S_{rT2}} + \frac{1}{I_{LR}/I_{rM2}} \cdot \frac{1}{S_{rM2}}} + \frac{1}{\frac{u_{kr}}{S_{rT3}} + \frac{1}{I_{LR}/I_{rM3}} \cdot \frac{1}{S_{rM3}}} \\ &= \frac{1}{\frac{u_{kr}}{S_{rT1} + S_{rT2} + S_{rT3}} + \frac{1}{I_{LR}/I_{rM}} \cdot \frac{1}{S_{rM1} + S_{rM2} + S_{rM3}}} \\ &= \frac{1}{\frac{u_{kr}}{\Sigma S_{rT}} + \frac{1}{I_{LR}/I_{rM3}} \cdot \frac{1}{\Sigma S_{rM3}}} \end{aligned} \quad (73)$$

Với phép xấp xỉ (phần bên phải của phương trình (73)), ta có thiết lập được một phương trình tương tự như phương trình (70) với giả thiết rằng $\cos \varphi_r \eta_r$ là đồng nhất (tương tự) đối với tất cả các nhóm động cơ :

$$\frac{\Sigma P_{rm}}{\Sigma S_{rT}} \leq \frac{\cos \{ \varphi_r \eta_r \}}{\left[\frac{I_{LR}}{I_{rM}} \left[\frac{c \Sigma S_{rT}}{0,05 S''_{kQ}} - u_{kr} \right] \right]} \quad (74)$$

Phần bên phải của phương trình (73) là khác với phần bên trái nếu $S_{FTi} \neq S_{FM1}$ hoặc $S_{FT2} \neq S_{FM2}$ hoặc $S_{FT3} \neq S_{FM3}$. Nếu trong mỗi trường hợp $S_{FTi} = S_{FMi}$ là thoả mãn thì cả hai phần của phương trình (73) là đồng nhất.

Để tìm ra, trong chừng mực nào đó, phần bên phải (RS) của phương trình (73) có thể khác với phần bên trái (LS) cho giá trị chính xác, ta có độ lệch sau :

$$\Delta = \frac{RS}{LS} - 1 \quad (75)$$

được cho trong hình (27) đối với hai nhóm động cơ khác nhau đang được cấp điện qua các máy biến áp khác nhau, phụ thuộc vào S_{FM2} / S_{FT2} và các thông số S_{FM1} / S_{FT1} và $S_{FT1} \neq S_{FT2}$. Chùng nào các hệ thức S_{FM1} / S_{FT1} và S_{FM2} / S_{FT2} nằm giữa 0,5 và 1,5 thì độ lệch Δ là nhỏ hơn 0,05. Vì vậy ta có thể sử dụng phép xấp xỉ của (74) phần phía bên phải của phương trình (73) để tìm phương trình (74) để đánh giá được sự đóng góp của các nhóm động cơ khác nhau vào dòng ngắn mạch.

QUANPHAM.VN

QUANPHAM.VN

Hình 27 - Nghiên cứu phần bên phải và bên trái của phương trình (73) để xác định độ lệch Δ theo phương trình (74) : $U_{kr} = 6\%$, $I_{LR}/I_{rM} = 5$ đối với cả các máy biến áp lẫn các nhóm động cơ .

2.75- Ví dụ minh họa sự đóng góp dòng ngắn mạch của các nhóm động cơ được nối qua các máy biến áp .

Một hệ thống điện biểu thị trong hình 28, với các thông số đã cho trong bảng 3, được chọn, như một ví dụ áp dụng cho phương trình (70) hoặc phương trình (74)

Hình 28 - Ví dụ đối với sự đóng góp của các nhóm động cơ vào dòng ngắn mạch áp dụng của phương trình (70) (IEC909, phương trình (66) hoặc phương trình (74). Dữ liệu được cho trong bảng 3 .

Một phép tính phức hợp chi tiết đối với các dòng ngắn mạch riêng phần \underline{I}''_{kM1} , \underline{I}''_{kM2} và \underline{I}''_{kM3} được cho ở bảng 4. Tổng các dòng ngắn mạch riêng phần thụ được như sau ($c=c_{\max} = 1,1$; $U_n = 6KV$) :

$$\sum_{i=1}^3 \underline{I}''_{kMi} = \underline{I}''_{kM1} + \underline{I}''_{kM2} + \underline{I}''_{kM3} = (0,2202-j0,5953)KA; \left| \sum_{i=1}^3 \underline{I}''_{kMi} \right| = 0,635KA$$

$$\underline{I}''_{kM1} = 0,68KA; \underline{I}''_{kM2} = 0,130KA; \underline{I}''_{kM3} = 0,337KA; \sum_{i=1}^3 \underline{I}''_{kMi} = 0,635KA$$

Hình 29 - Mô tả sự tăng lên của dòng ngắn mạch I''_k bởi các dòng ngắn mạch riêng phần của các nhóm động cơ của hình 28 .

Bảng 3 - Dữ liệu của các máy biến áp và nhóm động cơ đối với ví dụ trong hình 28

Máy biến áp		T1	T2	T3
S_{rT}	KVA	400	630	800
U_{rTHV}/U_{rTLV} ($t_r = 15$)	KV/KV	6/0,4	6/0,4	6/0,4
u_{kr}	%	6	6	6
u_{Rr}	%	1,5	1,0	1,0
Nhóm động cơ		M1	M2	M3
$\sum P_{rM}$	KW	300	200	600
$\cos \varphi_r \eta_r^{1)}$	--	0,8	0,8	0,8
$\sum P_{rM} = \sum P_{rM} / (\cos \varphi_r \eta_r)$	KVA	375	250	750
I_{LR} / I_{rM}	--	5	5	5
U_{rM}	KV	0,38	0,38	0,38
1) (IEC 909, 13.2.1)				

Bảng 4 - Tính toán các dòng ngắn mạch riêng phần I''_{kM1} , I''_{kM2} và I''_{kM3}
Ví dụ hình 28

Máy biến áp / nhóm động cơ		T1/M1(i=1)	T2/M2(i=2)	T3/M3(i=3)
Z_{TihV} (IEC909, (6))	Ω	5,400	3,429	2,700
R_{TihV} (IEC909, (7))	Ω	1,350	0,571	0,450
X_{TihV} (IEC909, (8))	Ω	5,229	3,381	2,662
-----	-----	-----	-----	-----
--	Ω	-	-	-
$\underline{Z}_{TihV} = R_{TihV} + jX_{TihV}$		1,350+j5,229	0,571+j3,381	0,450+j2,662
Z_{Mi} (IEC909, (34))	m Ω	77,013	115,52	38,507
$X_{Mi} = 0,922 Z_{Mi}^{1)}$	m Ω	71,006	106,51	35,503
$R_{Mi} = 0,42 X_{Mi}^{1)}$	m Ω	29,823	44,73	14,911
-----	-----	-----	-----	-----
--	m Ω	-	-	-
$\underline{Z}_{Mi} = R_{Mi} + jX_{Mi}$		29,823+j15,976	44,73+j106,51	14,911+j35,503
-----	Ω	-----	-----	-----
--		-	-	-
$\underline{Z}_{Mit} = Z_{Mi} t_r^{2)}$		8,060+j21,205	10,064+j23,964	3,355+j7,988
$\underline{Z}_{TihV} + \underline{Z}_{Mit}$	Ω	8,060+j21,205	10,635+j27,345	3,805+j0,650
I''_{kMi} (IEC909, phg trình (14))	kA	0,0597-j0,1570	0,0471-j0,1210	0,1134-j0,3173
1) (IEC 909, 11.5.3.5)				
2) $t_r = U_{rTHV} / U_{rTLV}$				
3) $c_{max} = 1,1$ (IEC 909 bảng I)				

Hình 29 - Các dòng ngắn mạch riêng phần của các nhóm động cơ không đồng bộ của hình 28, liên quan tới dòng I''_{kQ} phụ thuộc vào

$$S''_{kQ} = \sqrt{3} U_{nQ} I''_{kQ}$$

Việc áp dụng phương trình (74) hoặc phương trình (71) đã được cho trong bảng 5 đối với các giá trị khác nhau của $S''_{kQ} = \sqrt{3} U_{nQ} I''_{kQ}$. Giá trị $S''_{kQ} = 139 \text{ MVA}$ ($I''_{kQ} = 12,51 \text{ kA}$) theo hình 29, dẫn tới kết quả sau :

$$\sum_{i=1}^3 I''_{kMi} \leq 0,05 I''_{kQ}$$

Kết quả này cũng được tìm thấy gần đúng từ bảng 5. Lý do đối với độ lệch này đã được giải thích trước đây trong 2.7.4 và hình 27 .

Bảng 5 - áp dụng phương trình (74) hoặc phương trình (71) (IEC909, phương trình 66) để xác định xem các dòng ngắn mạch riêng phần $\sum I''_{kMi}$ có đóng góp nhỏ hơn 5% vào I''_{kQ} .

<p>Phương trình (74)</p>	$\frac{\sum P_{eM}}{\sum S_{rT}} \leq \frac{\cos\{\gamma_r\}}{\left[\frac{I_{LR}}{I_{rM}} \left[\frac{c \sum S_{rT}}{0,05 S''_{kQ}} - u_{kr} \right] \right]} \wedge = \frac{0,8}{\left \frac{c100 \sum S_{rT}}{S''_{kQ}} - 3 \right }$	
<p>$S''_{kQ} = 100 \text{ MVA}$ $= 130 \text{ MVA}$ $= 150 \text{ MVA}$ $= 200 \text{ MVA}$</p>	<p>Phía trái</p> <p>0,601 0,601 0,601 0,601</p>	<p>Phía phải</p> <p>0,467 0,641 0,768 1,132</p> <p>→ $\sum I''_{kMi} > 0,05 I''_{kQ}$ → $\sum I''_{kMi} > 0,05 I''_{kQ}$</p>
<p>$\sum S_{rT} = 400\text{KVA} + 630\text{KVA} + 800\text{KVA} = 1830\text{KVA} = 1,830 \text{ MVA}$ $\sum P_{rM} = 300 \text{ KW} + 200 \text{ KW} + 600 \text{ KW} = 1.100\text{KW} = 1,100 \text{ MW}$ $\text{Cos } \varphi_r \eta_r = 0,8$; $I_{LR}/I_{rM} = 5$; $U_{kr} = 0,06$; $c = c_{\text{max}} = 1,1$</p>		<p>Xem hình 28 và bảng 3</p>