

TIÊU CHUẨN QUỐC TẾ

IEC
909

XUẤT BẢN LẦN THỨ NHẤT
1988

DÒNG NGẮN MẠCH TRONG LƯỚI ĐIỆN BA PHA XOAY CHIỀU

Một chương trình vi tính đã được
thiết lập để dùng với IEC-909.
Có thể nhận được từ UTE theo
địa chỉ sau đây:
UTE, Cedex, 64, 92052 PARIS,
L A D E F E N S E, F R A N C E.

Tĩnh hiệu lực En phẩm b, o ngy

Nội dung kỹ thuật của các ấn phẩm IEC được IEC rà xét thường xuyên, điều này bảo đảm cho nội dung của chúng phản ánh tốt nền kỹ thuật đương đại. Cơ quan trung ương của IEC luôn luôn có sẵn những thông tin liên quan đến ngày tháng đã xem xét lại ấn phẩm.

Các thông tin về việc xem xét lại này, về việc thực hiện các lần xuất bản đã được xét lại và về các bản sửa đổi có thể nhận được và các ủy ban Quốc gia của IEC và trong các tài liệu dưới đây :

- Thông tin IEC.
- Niên giám IEC (xuất bản hàng năm)
- Catalô của các ấn phẩm IEC (xuất bản hàng năm và được cập nhật thường kì)

Thuật ngữ

Đối với các thuật ngữ chung, bạn đọc có thể tham khảo ở IEC 50: *Từ vựng kỹ thuật điện quốc tế (IEV)*, được biên soạn dưới hình thức từng chương riêng biệt, mỗi chương chuyên về một lĩnh vực nhất định. Các chi tiết đầy đủ về IEC sẽ được cung cấp theo yêu cầu... Cũng có thể xem ở Tự điển đa ngữ của IEC.

Các thuật ngữ và định nghĩa trong ấn phẩm này được lấy từ IEV hoặc được quy định riêng theo mục tiêu của ấn phẩm này.

C, c ký hiệu b»ng ch= vµ ®ả th:

Đối với các dấu, các kí hiệu bằng đồ thị và bằng chữ do IEC chấp nhận để sử dụng chung, bạn đọc có thể tham khảo ở các ấn phẩm:

- IEC 27: Các kí hiệu bằng chữ dùng trong kỹ thuật điện
- IEC 417: Các kí hiệu bằng đồ thị dùng cho thiết bị. Cách lập mục lục, việc xem xét và biên soạn các tờ lẻ.
- IEC 617: Các kí hiệu bằng đồ thị dùng cho các sơ đồ và thiết bị điện cho y tế.
- IEC 878: Các kí hiệu bằng đồ thị dùng cho các thiết bị điện trong công tác y tế.

Các kí hiệu và dấu dùng trong ấn phẩm này hoặc được lấy từ IEV 27 , IEC 417, IEC 617 và (hoặc) từ IEC 878, hoặc được phê chuẩn riêng theo mục tiêu của ấn phẩm này.

C, c En phẩm IEC do cì ng ñy ban kü thuËt so¹n th¶o:

Mời bạn đọc xem các trang cuối cùng của ấn phẩm, ở đấy có liệt kê các ấn phẩm IEC do ủy ban kỹ thuật đã soạn thảo ấn phẩm này xây dựng.

QUANPHAM.VN

MỤC LỤC

1- Phạm vi áp dụng:.....	6
2- Đối tượng :	6
3- Các định nghĩa	7
4- Ký hiệu, chỉ số trên và chỉ số dưới.....	10
4-1 Các kí hiệu	10
4-2 Các chỉ số dưới.....	11
5- Các giả thiết tính toán	12
6- Nguồn điện áp tương đương tại điểm ngắn mạch	13
7- Phần tổng quát.....	17
8- Các thông số ngắn mạch	17
8.1 Ngắn mạch cân bằng	17
8.2 Ngắn mạch không cân bằng.....	17
8.3 Các tổng trở ngắn mạch	18
8.4 Qui đổi các tổng trở, dòng điện và điện áp.....	26
9 - Tính toán dòng ngắn mạch.....	26
9-1 Phương pháp tính các trường hợp ngắn mạch đối xứng	26
9-2 Phương pháp tính toán ngắn mạch dây và dây, dây và đất.....	30
9-3 Dòng ngắn mạch cực tiểu.....	33
10- Tổng quát	34
11- Các thông số ngắn mạch	34
11-1 Tổng quát	34
11-2 Chi iết trong điểm 8.1 vẫn có giá trị.....	36
11-3 Chitiết trong điểm 8.2 vẫn có giá trị.....	36
11-4 Nguồn điện áp tương đương tại điểm ngắn mạch	37
11-5 Các tổng trở ngắn mạch	37
11- 6 Qui đổi các tổng trở, dòng điện và điện áp	41
12 - Tính toán dòng ngắn mạch.....	41
12-1 Tổng quát	41
12-2 Phương pháp tính ngắn mạch cân bằng.....	41
12-3 Phương pháp tính toán ngắn mạch dây-và-dây và dây-và-đất.....	52
12- 4 Các dòng ngắn mạch tối thiểu.....	52
13 - Ảnh hưởng của các động cơ.....	53
13-1 Các động cơ đồng bộ và các máy bù không đồng bộ.....	53
13-2 Các động cơ không đồng bộ.....	53
13-3 Điều khiển cấp điện cho chỉnh lưu tĩnh.....	57
14 - Khảo sát các phụ tải không quay và tụ điện.....	57
4-1 Các tụ điện nối song song	57
4-2 Các tụ điện đấu nối tiếp.....	57

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

1- Phạm vi áp dụng:

Tiêu chuẩn này dùng để tính toán các dòng ngắn mạch:

- Trong hệ thống xoay chiều ba pha hạ áp.
- Trong hệ thống xoay chiều ba pha cao áp có điện áp danh định đến 230 kV, vận hành ở tần số danh định (50 hoặc 60 Hz)

Trong mức độ có thể Qui trình tiêu chuẩn hoá này được trình bày dưới hình thức sao cho các kỹ sư không chuyên ngành có thể sử dụng một cách thuận tiện nhất.

2- Đối tượng :

Đối tượng của tiêu chuẩn này là thiết lập một qui trình tổng quát, thực dụng và súc tích để thu được những kết quả đủ chính xác. Để đạt được mục đích này, cần xét đến nguồn điện áp tương đương tại điểm ngắn mạch, như mô tả ở Điều 6. Tiêu chuẩn này không loại trừ các phương pháp đặc biệt khác – ví dụ như phương pháp xếp chồng, được chỉnh lý với những trường hợp riêng biệt – nếu các phương pháp này ít ra cũng đạt được độ chính xác tương đương.

Các dòng ngắn mạch và tổng trở ngắn mạch cũng có thể được xác định bởi các thử nghiệm trên hệ thống, bằng cách đo trên bộ máy phân tích lưới hoặc bằng một máy tính số. Trên các hệ thống hạ áp hiện có, ta có thể xác định tổng trở ngắn mạch dựa trên cơ sở các phép đo tại địa điểm mà ngắn mạch sẽ xảy ra.

Việc tính toán tổng trở ngắn mạch theo các thông số định mức của thiết bị điện và sơ đồ hình thể của hệ thống có ưu điểm là có thể áp dụng cho cả hai trường hợp: hệ thống sẵn có và hệ thống đang trong giai đoạn thiết kế.

Có hai dòng điện ngắn mạch khác nhau được tính toán, có biên độ khác nhau:

- Dòng ngắn mạch cực đại, nó xác định dung lượng và thông số định mức của thiết bị điện.
- Dòng ngắn mạch cực tiểu, dòng này có thể dùng làm cơ sở cho, việc lựa chọn cầu chì, việc chỉnh định các cơ cấu bảo vệ và kiểm tra việc cho chạy các động cơ. Chẳng hạn

Cần phân biệt giữa:

- Các hệ thống có dòng ngắn mạch không chứa các thành phần xoay chiều tắt dần (ngắn mạch xa máy phát) đã, được xử lý ở đoạn một.
- Các hệ thống có dòng ngắn mạch chứa thành phần xoay chiều tắt dần (ngắn mạch gần máy phát), đã được xử lý ở đoạn hai. Đoạn này cũng ảnh hưởng của động cơ.

Tiêu chuẩn này không xem xét các trường hợp ngắn mạch cố ý tạo ra trong các điều kiện có kiểm soát (các trạm thử nghiệm ngắn mạch)

Tiêu chuẩn này không áp dụng cho các thiết bị đặt trên tàu thủy và máy bay.

Về việc tính toán dòng ngắn mạch (đương lượng nhiệt) xin xem ở đoạn hai của ấn phẩm IEC số 865.

Hiện đang nghiên cứu một bản hướng dẫn áp dụng đối với các hệ thống xoay chiều ba pha hạ áp không nối đất lưới và một bản báo cáo kỹ thuật về việc xác định các thông số cùng các hệ số tính toán được dùng trong tiêu chuẩn này.

3- Các định nghĩa

Theo mục tiêu của tiêu chuẩn này, dùng những định nghĩa sau đây, có tham khảo Từ vựng Kỹ thuật điện quốc tế (IEV) (ấn phẩm IEC số 50) trong các trường hợp thích hợp.

3-1 Ngắn mạch

Là việc nối mạch bất ngờ hay có dụng ý hai hoặc nhiều điểm trong một mạch điện, thường là có nhiều điện áp khác nhau, bằng một điện trở hay tổng trở tương đối nhỏ. (IEV 151-03-41)

3-2 Dòng ngắn mạch

Là một quá dòng điện do hiện tượng ngắn mạch khi có sự cố hoặc khi đấu nối không đúng trong một mạch điện. (IEV 441-11-07)

Ghi chú: Cần phân biệt giữa dòng điện ngắn mạch tại ngay điểm ngắn mạch và dòng ngắn mạch tại các nhánh trên lưới.

3-3 Dòng ngắn mạch giả định

Là dòng điện sẽ phát sinh nếu ta thay điểm ngắn mạch bằng một dây nối lí tưởng có tổng trở không đáng kể và nguồn cung cấp vẫn giữ nguyên.

Ghi chú: Dòng điện ngắn mạch ba pha được giả thiết là tất cả các pha bị ngắn mạch đồng thời. Hiện tượng ngắn mạch không đồng thời (trên ba pha) có thể dẫn đến các thành phần không chu kỳ cao hơn trong dòng ngắn mạch, không thuộc phạm vi của tiêu chuẩn này

3-4 Dòng ngắn mạch đối xứng

Giá trị hiệu dụng của thành phần xoay chiều đối xứng của dòng ngắn mạch giả định (xem mục 3-3). Bỏ qua thành phần không chu kỳ trong dòng điện, nếu có.

3-5 Dòng ngắn mạch đối xứng ban đầu I''_k

Là giá trị hiệu dụng của thành phần xoay chiều đối xứng của dòng ngắn mạch giả định (xem mục 3-3) ngay tại thời điểm xuất hiện ngắn mạch, nếu như tổng trở giữ nguyên giá trị ban đầu (xem các hình 1 và 12, ở các trang và)

3-6 Công suất ngắn mạch (biểu kiến) đối xứng ban đầu S''_k

Là giá trị giả định, bằng tích số của dòng ngắn mạch đối xứng ban đầu I''_k (xem mục 3-5), với điện áp danh định của hệ thống U_n (xem mục 3-14) và hệ số $\sqrt{3}$. $S''_k = \sqrt{3} U_n I''_k$

3-7 Thành phần một chiều (không chu kỳ) i_{DC} của dòng ngắn mạch

Là giá trị trung bình giữa đường bao trên và đường bao dưới của dòng điện ngắn mạch giảm từ giá trị ban đầu đến số không, theo như hình 1 và 12 đã chỉ.

3-8 Dòng ngắn mạch đỉnh i_p

Là giá trị tức thời cực đại có thể của dòng ngắn mạch giả định (xem các hình 1 và 12)

Ghi chú : Độ lớn của dòng ngắn mạch đỉnh thay đổi tùy theo thời điểm phát sinh ngắn mạch. Việc tính toán dòng ngắn mạch đỉnh ba pha i_p được tiến hành pha và thời điểm dẫn đến dòng ngắn mạch lớn nhất có thể. Các sự cố tiếp theo không được xét đến. Ngắn mạch ba pha được giả thiết là tất cả các pha bị ngắn mạch đồng thời.

3-9 Dòng điện cắt ngắn mạch đối xứng I_b

Là giá trị hiệu dụng một chu kỳ đầy đủ của thành phần xoay chiều đối xứng của dòng ngắn mạch giả định, tại thời điểm mà cực đầu tiên của thiết bị đóng cắt tách ra.

3-10 Dòng ngắn mạch ổn định I_k

Là giá trị hiệu dụng của dòng ngắn mạch tồn tại sau khi các hiện tượng quá độ (xem các hình 1 và 12, trang và)

3-11 Dòng điện đã mất đối xứng I_{LR} khi rôto bị hãm

Là giá trị hiệu dụng lớn nhất dòng điện đối xứng của một động cơ không đồng bộ mang điện áp định mức U_{TM} và tần số định mức, khi rô to bị hãm.

3-12 Mạch điện tương đương

Là một mô hình (sơ đồ) mô tả tính chất của một mạch điện bằng một lưới điện có các phần tử lý tưởng (IEV 131-01-33).

3-13 Nguồn điện áp (độc lập)

Là một phần tử chủ động có thể được thể hiện bằng một nguồn điện áp lí tưởng và được đấu nối tiếp với phần tử của mạch thụ động. Nguồn điện áp này độc lập đối với dòng điện và điện áp trong mạch. (IEV 131-01-37)

3-14 Điện áp danh định U_n của hệ thống

Là điện áp (giữ các pha) được dùng để hệ thống, và dùng làm chuẩn cho một số đặc tính vận hành của hệ thống. Các giá trị của nó được cho trong ấn phẩm IEC số 38.

3-15 Nguồn điện áp tương đương $cU_n/\sqrt{3}$

Là điện áp của một nguồn lý tưởng đặt vào điểm ngắn mạch trong hệ thống thứ tự thuận dùng để tính dòng ngắn mạch theo Điều 6. Đây là điện áp chủ động duy nhất của lưới điện.

3-16 Hệ số điện áp c

Tỉ số giữa nguồn điện áp tương đương và điện áp danh định U_n chia cho $\sqrt{3}$. Các giá trị của nó được cho trong bảng I.

Chú thích. Việc đưa hệ số điện áp c vào là cần thiết vì nhiều lý do khác nhau. Đó là:

- Điện áp thay đổi tùy theo từng thời gian và địa điểm.
- Việc thay đổi các nấc phân áp.
- Việc bỏ qua ảnh hưởng của phụ tải và điện dung theo điều khoản 6.
- Hành vi siêu quá độ của các động cơ và máy phát.

3-17 Điện áp siêu quá độ E'' của một máy đồng bộ

Là giá trị hiệu dụng của điện-áp-trong đối xứng của một máy đồng bộ đang hoạt động phía trên điện kháng siêu quá độ X''_d , Khi xuất hiện ngắn mạch.

3-18 Ngắn mạch xa máy phát

Là ngắn mạch, trong đó biên độ của thành phần xoay chiều đối xứng của dòng ngắn mạch giả định hầu như giữ nguyên không đổi (xem điều 7).

3-19 Ngắn mạch gần máy phát

Là ngắn mạch trong đó có một máy đồng bộ đóng góp vào dòng ngắn mạch giá trị ít nhất hơn hai lần dòng định mức của máy phát, hoặc là ngắn mạch trong đó các động cơ đồng bộ và không đồng bộ làm cho dòng điện ngắn mạch đối xứng ban đầu I''_k (khi không có động cơ) tăng thêm hơn 5% (Xem điều 10)

3-20 Tổng trở ngắn mạch ở điểm ngắn mạch F

3-20-1 Tổng trở ngắn mạch thứ tự thuận $Z_{(1)}$ của một hệ thống xoay chiều ba pha

Là tổng trở trong hệ thống thứ tự thuận nhìn từ phía điểm ngắn mạch (xem mục 8-3-1 và hình 4a, trang 27)

3-20-2 Tổng trở ngắn mạch thứ tự nghịch $Z_{(2)}$ của một hệ thống xoay chiều ba pha

Là tổng trở trong hệ thống thứ tự nghịch nhìn từ phía điểm ngắn mạch (xem mục 8-3-1 và hình 4b, trang 27)

3-20-3 Tổng trở ngắn mạch thứ tự không $Z_{(0)}$ của một hệ thống xoay chiều ba pha

Là tổng trở trong hệ thống thứ tự không nhìn từ phía điểm ngắn mạch (xem mục 8-3-1 và hình 4c, trang 27). Tổng trở này bằng ba lần trị số tổng trở giữa trung tính và đất $3Z_{NE}$

3-20-4 Tổng trở ngắn mạch Z_k của hệ thống xoay chiều ba pha

Là biểu thức tóm lược của tổng trở ngắn mạch thứ tự thuận $Z_{(1)}$ theo (định nghĩa ở) mục 3-20-1 dùng để tính dòng ngắn mạch ba pha.

3-21 Các tổng trở ngắn mạch của thiết bị điện

3-21-1 Tổng trở ngắn mạch thứ tự thuận $Z_{(1)}$ của thiết bị điện

Là tỷ số giữa điện áp pha- trung tính (điện áp pha) và dòng ngắn mạch của pha tương ứng của thiết bị điện khi thiết bị này được cấp nguồn bằng hệ thống điện áp thứ tự thuận đối xứng (xem mục 8-3-2)

Chú thích: Chỉ số của kí hiệu $Z_{(1)}$ có thể được bỏ đi nếu như không có khả năng nhầm lẫn với tổng trở ngắn mạch thứ tự nghịch hoặc thứ tự không.

3-21-2 Tổng trở ngắn mạch thứ tự nghịch $Z_{(2)}$ của thiết bị điện

là tỉ số giữa điện áp pha- trung tính (điện áp pha) và dòng ngắn mạch của pha tương ứng của thiết bị điện khi thiết bị này được cấp nguồn bằng hệ thống điện áp thứ tự nghịch đối xứng (xem mục 8-3-2)

3-21-3 Tổng trở ngắn mạch thứ tự không $Z_{(0)}$ của thiết bị điện

Là tỷ số giữa điện áp pha- đất với dòng ngắn mạch của pha tương ứng của thiết bị điện khi thiết bị này được cấp nguồn bằng một nguồn điện áp xoay chiều, nếu như cả ba dây pha đấu song song được sử dụng cho dòng điện ra còn dây thứ tư và (hoặc) đất được dùng làm đường về. (xem mục 8-3-2)

3-22 Điện kháng siêu quá độ X''_d của một máy đồng bộ

Là điện kháng hiệu dụng tại thời điểm xuất hiện ngắn mạch. Khi tính toán dòng ngắn mạch, người ta lấy trị số X''_d ứng với mạch từ bão hòa.

Chú thích: Khi điện kháng X''_d tính bằng ôm được chia cho tổng trở định mức $Z_{rG} = U^2_{rG} / S_{rG}$ của máy đồng bộ, kết quả trong hệ tương đối phải được biểu thị bằng chữ x thường. $x''_d = X''_d / Z_{rG}$

3-23 Độ trễ thời gian tối thiểu thời gian chết t_{min} của một máy cắt (MCD)

Khoảng thời gian ngắn nhất tính từ thời điểm bắt đầu ngắn mạch đến lúc tiếp điểm đầu tiên của một cực máy ngắt tách ra.

Chú thích: Thời gian t_{min} là tổng số của thời gian tác động ngắn nhất có thể của một rơ le tác động tức thời và thời gian tác động ngắn nhất của máy cắt. Ở đây không tính đến độ chậm trễ thời gian qui định của các cơ cấu ngắt.

4- Ký hiệu, chỉ số trên và chỉ số dưới

Các ký hiệu về đại lượng phức đều được gạch dưới, ví dụ: $\underline{Z} = R + jX$
Tất cả các phương trình đều viết không có thứ nguyên. Các ký hiệu thể hiện các đại lượng cả giá trị số bằng số thứ nguyên, đều độc lập đối với các hệ đơn vị, do đó cho phép ta chọn hệ đơn vị thích hợp, ví dụ như : hệ thống đơn vị quốc tế (SI)

4-1 Các kí hiệu

A	Giá trị ban đầu của thành phần không chu kỳ
c	Hệ số điện áp
$cU_n/\sqrt{3}$	Nguồn điện áp tương đương (theo giá trị hiệu dụng)
E''	Điện áp siêu quá độ của một máy đồng bộ
f	Tần số (50 hoặc 60 Hz)
I_b	Dòng cắt ngắn mạch đối xứng (theo giá trị hiệu dụng)
I_k	Dòng ngắn mạch ổn định (theo giá trị hiệu dụng)
I_{kP}	Dòng ngắn mạch ổn định tại các đầu cực của máy phát loại kích thích hỗn hợp
I''_k hoặc I''_{k3}	Dòng ngắn mạch đối xứng ban đầu (theo giá trị hiệu dụng)
I_{LR}	Dòng của một động cơ không đồng bộ có rôto bị hãm
i_{DC}	Thành phần không chu kỳ tắt dần của dòng ngắn mạch
i_p	Dòng ngắn mạch đỉnh (giá trị đỉnh của dòng ngắn mạch)
K	Hệ số hiệu chỉnh của các tổng trở
P_{krT}	Tổn thất tổng trong các dây quấn của máy biến áp ở dòng định mức
q	Hệ số dùng để tính toán dòng điện cắt của các động cơ không đồng bộ
q_n	Tiết diện danh định
R hay r	Điện trở, giá trị tuyệt đối hay tương đối
R_G	Điện trở giả định của một máy đồng bộ dùng để tính toán I''_k và i_p
S''_k	Công suất ngắn mạch đối xứng ban đầu (công suất biểu kiến)
S_r	Công suất biểu kiến định mức của thiết bị điện
t_f	Tỉ số biến đổi giả định
t_{min}	Thời gian chết tối thiểu
t_r	Tỉ số biến đổi định mức (ứng với vị trí chính của bộ đổi nấc phân áp) ; $t_r \geq 1$
U_n	Điện áp giữa các pha (điện áp dây) danh định của hệ thống (giá trị hiệu dụng)
U_r	Điện áp giữa các pha (điện áp dây) định mức (hiệu dụng)
u_{kr}	Điện áp ngắn mạch định mức tính theo phần trăm
u_{Rr}	Điện áp thuận trở định mức tính theo phần trăm
$\underline{U}_{(1)}, \underline{U}_{(2)}, \underline{U}_{(0)}$	Điện áp thứ tự thuận, thứ tự nghịch, và thứ tự không
X hay x	Điện kháng, giá trị tuyệt đối hoặc tương đối
x_d hay x_q	Điện kháng đồng bộ, trực tiếp trên trục
X_{dp}	Điện kháng siêu quá độ của một máy đồng bộ (trị số bão hòa), dọc trục
X''_d hay X''_q	Điện kháng siêu quá độ của một máy đồng bộ (trị số bão hòa), ngang trục
X_{dmt}	Số nghịch đảo của tỷ số ngắn mạch
Z hay z	Tổng trở, giá trị tuyệt đối hay tương đối
Z_k	Tổng trở ngắn mạch của một hệ thống xoay chiều ba pha
$Z_{(1)}$	Tổng trở ngắn mạch thứ tự thuận
$Z_{(2)}$	Tổng trở ngắn mạch thứ tự nghịch
$Z_{(0)}$	Tổng trở ngắn mạch thứ tự không
η	Hiệu suất của các động cơ không đồng bộ

χ	Hệ số dùng để tính toán dòng ngắn mạch đỉnh
λ	Hệ số dùng để tính toán dòng ngắn mạch ổn định
μ	Hệ số dùng để tính toán dòng cắt ngắn mạch đối xứng
μ_0	Độ thấm tuyệt đối của chân không, $\mu_0 = 4\pi/10$ H/m
ρ	Điện trở suất
φ	Góc pha

4-2 Các chỉ số dưới

(1)	Thành phần thứ tự thuận
(2)	Thành phần thứ tự nghịch
(0)	Thành phần thứ tự không
f	Giả định
k hoặc k3	Ngắn mạch ba pha
k1	Ngắn mạch pha-và-đất, ngắn mạch pha và trung tính
k2	Ngắn mạch pha và pha (ngắn mạch hai pha) không chạm đất
k2E	Ngắn mạch hai pha chạm đất, dòng điện pha
kE2E	Ngắn mạch hai pha chạm đất, dòng điện đất
max	Cực đại, tối đa
min	Cực tiểu, tối thiểu
n	Giá trị danh định (IEV 151 04-01)
r	Giá trị định mức (IEV 151 04-03)
rsl	Tổng hợp
t	Giá trị đã biến đổi
AT	Biến áp tự dòng, biến áp phụ
B	Thanh cái
E	Đất
F	Sự cố, điểm ngắn mạch
G	Máy phát
HV	Cao áp, dây quấn cao áp của máy biến áp
LV	Hạ áp, dây quấn hạ áp của máy biến áp
L	Dây, đường dây
LR	Rô to bị hãm
L1, L2, L3	Dây 1,2,3 (pha A,B,C) của một hệ thống ba pha
M	Động cơ không đồng bộ hoặc một nhóm động cơ không đồng bộ
<i>M</i>	Không có động cơ
MV	Trung áp, dây quấn trung áp của máy biến áp
N	Dây trung tính của một hệ thống xoay chiều ba pha
P	Đầu cực,
PSU	Tổ máy phát điện, tổ máy phát (gồm máy phát và biến áp)
Q	Điểm nối vào nguồn cấp điện
T	Biến áp

4-3 Chỉ số trên

*	Giá trị ban đầu (siêu quá độ)
'	Điện trở hoặc điện kháng theo đơn vị chiều dài

I''_k	= dòng ngắn mạch đối xứng ban đầu
i_p	= đỉnh của dòng ngắn mạch
I_k	= dòng ngắn mạch ổn định
i_{DC}	= thành phần một chiều (không chu kỳ) tắt dần của dòng ngắn mạch
A	= giá trị ban đầu của thành phần không chu kỳ i_{DC}

Hình 1: Dòng ngắn mạch trong trường hợp ngắn mạch xa máy phát
(đồ thị đặc trưng)

5- Các giả thiết tính toán

Một bài toán hoàn chỉnh về dòng ngắn mạch đúng ra cần phải cho các đường cong dòng điện theo hạn thời gian tại điểm ngắn mạch, kể từ lúc bắt đầu xảy ra cho đến lúc kết thúc, tương ứng với giá trị tức thời của điện áp khi bắt đầu ngắn mạch. (xem hình 1 và 12, trang 99 và 63)

Tuy nhiên đối với phần lớn các trường hợp trong thực tế, việc xác định như vậy là không cần thiết. Tuỳ theo cách sử dụng kết quả, thường người ta chỉ quan tâm đến giá trị hiệu dụng của thành phần xoay chiều đối xứng và giá trị đỉnh i_p của dòng ngắn mạch khi ngắn mạch xuất hiện. Trị số i_p phụ thuộc vào hằng số thời gian của thành phần không chu kỳ tắt dần và tần số f , điều đó có nghĩa là phụ thuộc vào tỉ số R/X hoặc X/R của tổng trở ngắn mạch Z_k , giá trị này gần như cực đại nếu ngắn mạch phát sinh tại thời điểm có điện áp bằng không, trong các hệ thống mất lưới có nhiều hằng số thời gian. Do đó do tại sao chúng ta không thể đưa ra được một phương pháp đơn giản và chính xác để tính toán i_p và i_{DC} . Các phương pháp đặc biệt để tính i_p đủ chính xác cho trong mục 9.1.3.2.

Khi xác định dòng cắt ngắn mạch không đối xứng, thành phần không chu kỳ tắt dần i_{DC} của dòng ngắn mạch trên hình 1 hoặc 12 có thể tính chính xác bằng công thức:

$$i_{DC} = \sqrt{2} I''_k e^{-2pft R/X} \quad (1)$$

trong đó:

I''_k	= dòng ngắn mạch đối xứng ban đầu
f	= tần số danh định 50 Hz hoặc 60 Hz
t	= thời gian
R/X	= tỉ số lấy theo mục 9.1.1.2, 9.1.2.2 hoặc 9.1.3.2.

Trong các hệ thống mất lưới, theo mục 9.1.3.2 (phương pháp A) vế phải của phương trình (1) phải được nhân với 1,15. Theo mục 9.1.3.2 (phương pháp B) tần số tương đương chọn như sau:

$2pft$	$< 2\pi$	$< 5\pi$	$< 10\pi$	$< 25\pi$
f_c / f	0,27	0,15	0,092	0,055

trong đó $f = 50$ Hz hoặc 60 Hz

Hơn nữa, việc tính toán dòng ngắn mạch cực đại và cực tiểu được dựa trên các giả thiết đơn giản hoá như sau:

- 1) Trong thời gian xảy ra ngắn mạch, số lượng các mạch có liên quan không thay đổi, có nghĩa là: ngắn mạch ba pha giữ nguyên tình trạng ngắn mạch ba pha và ngắn mạch pha chạm đất giữ nguyên tình trạng pha chạm đất trong suốt thời gian ngắn mạch.
- 2) Bộ đổi nấc phân áp của các máy biến áp được giả thiết là đặt ở vị trí chính.
- 3) Không tính đến các điện trở hồ quang.

Dù là các giả thiết đơn giản nói trên không hoàn toàn đúng đối với hệ thống cần xét, cách tính toán ngắn mạch đã nêu với cao độ chính xác.

Đối với các trường hợp ngắn mạch đối xứng và không đối xứng như đã chỉ trên hình 2, trang , sử dụng phương pháp các thành phần đối xứng để tính dòng ngắn mạch sẽ có lợi hơn (xem mục 8.2)

6- Nguồn điện áp tương đương tại điểm ngắn mạch

Trong tất cả các trường hợp được mô tả ở đoạn Một và Hai chúng ta có thể xác định được dòng ngắn mạch tại điểm ngắn mạch F nhờ một nguồn điện áp tương đương. Các số liệu vận hành về phụ tải tính của người tiêu thụ, về vị trí bộ đổi nấc phân áp của các biến áp, về dòng kích thích của các máy phát v.v... đều không cần thiết; các tính toán thêm về những phụ tải khác nhau có thể phát sinh tại thời điểm ngắn mạch đều là dư thừa.

Ở đây nguồn điện áp tương đương là nguồn chủ động duy nhất. Tất cả những nguồn cung cấp của lưới điện, các máy đồng bộ và không đồng bộ đều được thay thế bằng tổng trở trong của chúng (xem mục 8.3.1)

Hơn nữa, khi dùng phương pháp này tất cả điện dung của đường dây và các điện dẫn song song của các phụ tải không quay, ngoại trừ các thông số trong hệ thứ tự không, (xem mục 8.3.1 và 11.4), đều có thể bỏ qua.

Dòng ngắn mạch

Dòng ngắn mạch rẽ nhánh
trong dây dẫn và đất

- a) Ngắn mạch ba pha đối xứng
- b) Ngắn mạch pha và pha (ngắn mạch hai pha)
không chạm đất
- c) Ngắn mạch pha và pha (ngắn mạch hai pha)
có chạm đất
- d) Ngắn mạch pha và pha (ngắn mạch một pha)

Hình 2: Các sơ đồ đặc trưng về ngắn mạch và dòng ngắn mạch mũ tên dòng điện được chọn một cách

Trong nhiều trường hợp các máy biến áp cao áp đều được trang bị các bộ điều chỉnh và bộ và bộ đổi nối nấc phân áp khi mang tải là các MBA thuộc hệ thống hạ áp thường chỉ có rất ít nấc phân áp, ví dụ: + 2,5% hoặc + 4%. Trong trường hợp ngắn mạch xa máy phát, dùng phương pháp này, độ chính xác sẽ không bị suy giảm quá nhiều nếu không xem xét đến vị trí thực của ccs bộ điều chỉnh hay của các bộ đổi nối nấc phân áp của các MBA.

Việc mô hình hoá thiết bị hệ thống theo phương pháp tổng trở theo mục 8.3.2 và 11.5.3 kết hợp với việc dùng nguồn điện áp tương đương tại điểm ngắn mạch, áp dụng cho là ngắn mạch xa máy phát như đã đề cập ở đoạn Một hay ngắn mạch gần máy phát như đã đề cập ở đoạn Hai.

Hình 3, trang 16 nêu lên một ví dụ về nguồn điện áp tương đương tại điểm ngắn mạch F, nguồn điện áp này được xem như là điện áp chủ động duy nhất của hệ thống trong trường hợp hệ thống hạ áp được cấp điện bởi một biến áp duy nhất. Tất cả những điện áp chủ động khác trong hệ thống được xem như bằng không. Như vậy nguồn cung cấp của lưới điện trong hình 3a, trang 25, được chỉ biểu thị bằng tổng trở trong của nó là Z_0 mà thôi (xem mục 8.3.2.1). Các tổng dẫn song song (có nghĩa là các điện dung đường dây và các phụ tải bị động) không cần phải xét đến khi tính toán các dòng ngắn mạch ở hình 3b, trang 25.

Nguồn điện áp tương đương $cU_n/\sqrt{3}$ (xem mục 3.15) tại điểm ngắn mạch F được cấu thành bởi hệ số điện áp c , điện áp danh định U_n của hệ thống và $\sqrt{3}$. Hệ số điện áp c có giá trị khác nhau khi tính các dòng ngắn mạch cực đại hoặc cực tiểu. Nếu không có các tiêu chuẩn quốc gia tương ứng, tốt nhất là chọn hệ số c theo bảng I, với giả thiết rằng điện áp cao nhất trong một hệ thống thông thường tính trung bình chênh lệch quá +5% (đối với hạ áp) và +10% (đối với cao áp) so với điện áp danh định.

- a) Sơ đồ hệ thống
- b) Sơ đồ mạch tương đương (hệ thứ tự thuận)

Hình 3: Minh họa cách tính toán dòng điện ngắn mạch đối xứng ban đầu I''_k theo phương pháp nguồn điện áp tương đương

- a) Tổng trở ngắn mạch thứ tự thuận:
 $Z_{(1)} = U_{(1)} / I_{(1)}$
 b) Tổng trở ngắn mạch thứ tự nghịch:
 $Z_{(2)} = U_{(2)} / I_{(2)}$
 c) Tổng trở ngắn mạch thứ tự không:
 $Z_{(0)} = U_{(0)} / I_{(0)}$

Hình 4: Tổng trở ngắn mạch của hệ thống xoay chiều ba pha tại điểm ngắn mạch F

BẢNG I
 Hệ số điện áp c

Điện áp danh định U_n	Hệ số điện áp c dùng để tính toán	
	dòng ngắn mạch cực đại c_{max}	dòng ngắn mạch cực tiểu c_{min}
<i>Hạ áp</i> 100 V đến 1000 V (Ấn phẩm IEC số 38, bảng I) a) 230 V/ 400 V b) Các điện áp khác	1,00 1,05	0,95 1,00
<i>Trung áp</i> > 1 kV đến 35 kV (Ấn phẩm IEC số 38, Bảng III)	1,10	1,00
<i>Cao áp</i> > 35 kV đến 230 kV (Ấn phẩm IEC số 38, Bảng IV)	1,10	1,00

Chú thích: cU_n không được vượt quá điện áp cao nhất U_m của thiết bị trong hệ thống điện

Bằng cách này nguồn điện áp tương đương dùng để tính toán dòng ngắn mạch cực đại có thể thiết lập từ bảng I, theo các trị số:

$$cU_n/\sqrt{3} = 1,00 U_n/\sqrt{3} \text{ trong hệ thống hạ áp 230 V/ 400 V, 50 Hz} \quad (2a)$$

$$cU_n/\sqrt{3} = 1,05 U_n/\sqrt{3} \text{ trong các hệ thống hạ áp khác} \quad (2b)$$

$$cU_n/\sqrt{3} = 1,10 U_n/\sqrt{3} \text{ trong các hệ thống cao áp và trung áp} \quad (2c)$$

PHẦN I - CÁC HỆ THỐNG CÓ DÒNG NGẮN MẠCH KHÔNG CHỨA CÁC SUY GIẢM CỦA THÀNH PHẦN XOAY CHIỀU (NGẮN MẠCH XA MÁY PHÁT)

7- Phần tổng quát

Phần này nói về các trường hợp ngắn mạch mà tại đó điện áp hoặc các điện áp gây nên ngắn mạch không biến đổi trong suốt thời gian bị ngắn mạch (có nghĩa là trong điều kiện điện áp tương đối ổn định) và tổng trở mạch cũng hầu như không có gì thay đổi đáng kể (có nghĩa là các tổng trở đều là hằng số và tuyến tính)

Vì vậy, dòng ngắn mạch sắp (hoặc đã) xảy ra có thể xem như tổng của hai thành phần sau đây:

- Thành phần xoay chiều có biên độ không đổi trong suốt thời gian ngắn mạch
- Thành phần không chu kì, bắt đầu từ một giá trị nhất định nào đấy và suy giảm về không.

Hình 1, trang 14 biểu thị tiến trình tổng thể của dòng ngắn mạch trong một trường hợp ngắn mạch xa máy phát. Các thành phần xoay chiều đối xứng I''_k và I_k được cho theo giá trị quân phương và hầu như bằng nhau về biên độ.

Giả định này thường thoả mãn đối với các hệ thống được cấp điện từ một hệ thống cao áp mở rộng thông qua các máy biến áp, đó là trường hợp ngắn mạch xa máy phát.

Các hiện tượng ngắn mạch được cấp điện từ một máy phát duy nhất như ở hình 3, trang có thể được xem là những trường hợp ngắn mạch xa máy phát nếu $X_{TLV} \geq 2X_{Qt}$ với X_{Qt} tính theo điểm 8.3.2.1 và X_{TLV} tính theo điểm 8.3.2.2.

8- Các thông số ngắn mạch

8.1 Ngắn mạch cân bằng

Trường hợp ngắn mạch ba pha cân bằng của hệ thống xoay chiều ba pha trên hình 2a, trang 23 là một ví dụ tiêu biểu, bởi vì loại hình sự cố này thường cho ta dòng ngắn mạch có trị số khá lớn và việc tính toán trở nên đặc biệt đơn giản do tính chất cân bằng của nó.

Trong lúc tính toán dòng ngắn mạch ta chỉ cần xét đến tổng trở ngắn mạch thứ tự thuận $Z_{(1)} = Z_k$ nhìn từ phía điểm ngắn mạch mà thôi.

Cách tính toán cụ thể được cho trong điều khoản 9.

8-2 Ngắn mạch không cân bằng

Tiêu chuẩn này khảo sát các kiểu ngắn mạch không cân bằng (không đối xứng) sau đây :

- Ngắn mạch dây-và-dây (ngắn mạch hai pha) không chạm đất (xem hình 2b trang)

- Ngắn mạch dây-và-dây (ngắn mạch hai pha) có chạm đất (xem hình 2c, trang)--
- - Ngắn mạch dây-và-đất (ngắn mạch một pha) (xem hình 2d, trang)

Theo thông lệ, dòng ngắn mạch ba pha là lớn nhất. Nhưng trong trường hợp ngắn mạch gần máy biến áp có dây trung tính nối đất hoặc có điểm trung tính nối đất thì dòng ngắn mạch dây-và-đất có thể lớn hơn dòng ngắn mạch ba pha. Điều này đôi khi vẫn thường gặp trong các máy biến áp có tổ đấu dây Yz, Dy và Dz khi ta nối cuộn y hoặc cuộn z phía hạ áp của máy biến áp với đất.

Trong các hệ thống ba pha, việc tính toán trị số dòng ngắn mạch phát sinh khi ngắn mạch không cân bằng được đơn giản hoá bằng cách dùng phương pháp thành phần đối xứng. Phương pháp này yêu cầu xác định ba thành phần độc lập của hệ thống, tránh được sự móc vòng của các tổng trở tương hỗ.

Dùng phương pháp này, dòng điện trong mỗi pha được xác định bằng cách xếp chồng các dòng điện của ba hệ thống thành phần đối xứng:

- dòng thứ tự thuận $\underline{I}_{(1)}$
- dòng thứ tự nghịch $\underline{I}_{(2)}$
- dòng thứ tự không $\underline{I}_{(0)}$

Lấy pha L1 làm hệ tham chiếu, các dòng \underline{I}_{L1} , \underline{I}_{L2} và \underline{I}_{L0} được tính theo công thức

$$\underline{I}_{L1} = \underline{I}_{(1)} + \underline{I}_{(2)} + \underline{I}_{(0)} \quad (3a)$$

$$\underline{I}_{L2} = a^2 \underline{I}_{(1)} + a \underline{I}_{(2)} + \underline{I}_{(0)} \quad (3b)$$

$$\underline{I}_{L3} = a \underline{I}_{(1)} + a^2 \underline{I}_{(2)} + \underline{I}_{(0)} \quad (3c)$$

$$\underline{a} = -1/2 + j 1/2 \sqrt{3} \quad \underline{a}^2 = -1/2 - j 1/2 \sqrt{3} \quad (4)$$

Mỗi một trị số trong ba thành phần đối xứng nói trên đều có tổng trở riêng của nó (xem điểm 8.3)

Phương pháp thành phần đối xứng dựa trên tiên đề là các tổng trở của hệ thống đều đối xứng, ví dụ như trong trường hợp đối với các đường dây đảo pha. Các kết quả tính toán ngắn mạch này cũng đạt được độ chính xác khả dĩ đối với các đường dây không đảo pha.

8-3 Các tổng trở ngắn mạch

Để quán triệt ý nghĩa của tiêu chuẩn này, một điểm nữa là cần phân biệt giữa tổng trở ngắn mạch tại điểm ngắn mạch F và các tổng trở ngắn mạch của thiết bị điện riêng rẽ. Trong phương pháp tính toán kiểu thành phần đối xứng, các tổng trở ngắn mạch thứ tự thuận, thứ tự nghịch và thứ tự không đều phải xét đến.

8-3-1 Các tổng trở ngắn mạch tại điểm ngắn mạch F

Tổng trở ngắn mạch thứ tự thuận $\underline{Z}_{(1)}$ tại điểm ngắn mạch F được xác định từ hình 4a, trang , khi ta đặt một hệ thống điện áp thứ tự thuận đối xứng vào điểm ngắn mạch F và tất cả các máy đồng bộ và không đồng bộ đều được thay thế bằng tổng trở trong của chúng. Khi tính toán các dòng ngắn mạch theo điều khoản 9, tất cả điện dung đường dây và tổng dẫn song song của các phụ tải không quay đều không xét đến.

Khi tính ngắn mạch ba pha cân bằng, chỉ có tổng trở thứ tự thuận là đại lượng thích hợp duy nhất được sử dụng. Trong trường hợp này $\underline{Z}_t = \underline{Z}_{(1)}$ (xem điểm 3.20.1 và 3.20.4)

Tổng trở ngắn mạch thứ tự nghịch $\underline{Z}_{(2)}$ tại điểm ngắn mạch F được xác định từ hình 4b, trang khi ta đặt một điện áp đối xứng thứ tự nghịch vào tại điểm ngắn mạch

F. Khi tính toán các dòng ngắn mạch theo điều khoản 9, tất cả điện dung đường dây và tổng dẫn song song của các phụ tải không quay đều không xét đến.

Các tổng trở thứ tự thuận và thứ tự nghịch chỉ có thể khác nhau trong trường hợp lưới điện có các máy quay. Riêng phần này, vì chỉ giới hạn trong phạm vi tính toán ngắn mạch xa máy phát nên chúng ta được phép lấy $Z_{(2)} = Z_{(1)}$

Tổng trở ngắn mạch thứ tự không $Z_{(0)}$ tại điểm ngắn mạch F được xác định từ hình 4c, trang 4c khi ta đặt một điện áp xoay chiều vào giữa hai bên, một bên là các pha ngắn mạch và một bên là đường về chung (ví dụ: hệ thống dây đất, dây trung tính, các dây đất, vỏ cáp, đai thép bọc cáp)

Khi tính dòng ngắn mạch trong các hệ thống trung áp hoặc cao áp và sử dụng nguồn điện áp tương đương tại điểm ngắn mạch, các điện dung thứ tự không của đường dây và các tổng dẫn song song thứ tự không của các phụ tải không quay cần phải được xét đến trong trường hợp các hệ thống trung tính cách li và nối đất cộng hưởng.

Việc bỏ qua điện dung thứ tự không của đường dây trong các hệ thống trung tính cách li sẽ làm cho các kết quả thu được cao hơn trị số thực tế của dòng điện ngắn mạch. Sự sai lệch này phụ thuộc vào một vài thông số của hệ thống, ví dụ như chiều dài của đoạn đường dây từ máy biến áp đến điểm nối đất trung tính.

Trong các hệ thống hạ áp, điện dung đường dây và tổng dẫn song song của các phụ tải không quay đều không xét đến.

Ngoại trừ một số trường hợp đặc biệt, các tổng trở ngắn mạch thứ tự không thường có trị số khác với tổng trở ngắn mạch thứ tự thuận.

- a) Biến áp thuộc tổ đấu dây Dy.
- b) Biến áp thuộc tổ đấu dây Yz
- c) Biến áp trung tính nối đất đấu kiểu dích dắc (kiểu chữ chi)

d) Đường dây (đường dây nổi hoặc cáp); JR: đường điện về

Hình 5: Đo tổng trở ngắn mạch thứ tự không của thiết bị điện (các ví dụ)

8.3.2 Các tổng trở ngắn mạch của thiết bị điện

Đối với các tuyến dây, biến áp, đường dây nổi, đường cáp, cuộn kháng và các thiết bị tương tự của lưới, các tổng trở ngắn mạch thứ tự thuận và thứ tự nghịch bằng:

$$\underline{Z}_{(1)} = \underline{U}_{(1)} / \underline{I}_{(1)} = \underline{Z}_{(2)} + \underline{U}_{(2)} / \underline{I}_{(2)}$$

Khi tính toán tổng trở ngắn mạch thứ tự không của một đường dây (xem hình 5d, trang ...), $\underline{Z}_{(0)} = \underline{U}_{(0)} / \underline{I}_{(0)}$ được xác định với giả thiết là có một nguồn điện áp xoay chiều đặt vào giữa các dây dẫn đặt song song và đường dây điện về (ví dụ: đất, cơ cấu nối đất, dây trung tính, dây đất, vỏ cáp và đai thép bọc cáp). Trong trường hợp này dòng thứ tự không chạy ba sẽ chạy trong đường về.

Thông thường các tổng trở ngắn mạch thứ tự không có trị số khác với các tổng trở ngắn mạch thứ tự thuận: $Z_{(0)}$ có thể lớn hơn, bằng hoặc nhỏ hơn $Z_{(1)}$.

8.3.2.1 Các tuyến dây của lưới điện

Nếu hiện tượng ngắn mạch như ở hình 6a, trang ... được cấp điện từ lưới mà ở lưới đó ta chỉ biết được công suất ngắn mạch đối xứng ban đầu S''_{kQ} hoặc dòng điện ngắn mạch đối xứng ban đầu I''_{kQ} tại điểm đấu nối tuyến dây Q, thì tổng trở tương đương Z_Q của lưới điện (tổng trở ngắn mạch thứ tự thuận) tại điểm đấu nối tuyến dây Q sẽ được xác định bằng :

$$Z_Q = \frac{cU_{nQ}^2}{S''_{kQ}} = \frac{cU_{nQ}^2}{\sqrt{3} I''_{kQ}} \quad (5a)$$

a) Không có máy biến áp

b) Có máy biến áp

Hình 6: Sơ đồ hệ thống và sơ đồ mạch tương đương của các tuyến dây

Nếu hiện tượng ngắn mạch như trên hình 6b, trang 21, được cấp điện từ một máy biến áp trong lưới trung áp hay cao áp mà ở lưới đó ta chỉ biết được công suất ngắn mạch đối xứng ban đầu S''_{kQ} hoặc dòng điện ngắn mạch đối xứng ban đầu I''_{kQ} tại điểm đầu nối tuyến dây Q, thì tổng trở tương đương Z_{Qt} về phía hạ áp của máy biến áp có thể được xác định bởi công thức :

$$Z_Q = \frac{cU_{nQ}^2}{S''_{kQ}} \cdot \frac{1}{t_r^2} = \frac{cU_{nQ}^2}{\sqrt{3}I''_{kQ}} \cdot \frac{1}{t_r^2} \quad (5b)$$

trong đó :

- U_{nQ} = điện áp danh định của hệ thống tại điểm nối Q của tuyến dây
- S''_{kQ} = công suất ngắn mạch biểu kiến đối xứng ban đầu tại điểm nối Q của tuyến dây
- I''_{kQ} = dòng ngắn mạch đối xứng ban đầu tại điểm nối Q của tuyến dây
- c = hệ số điện áp (xem điểm 3.16, bảng I và phương trình (2))
- t_r = tỉ số biến đổi định mức ứng với vị trí chính của bộ điều áp (xem điểm 8.4)

Trong trường hợp tuyến dây cao áp có điện áp lớn hơn 35 kV cấp điện bằng đường dây nổi, tổng trở tương đương $Z_{(0)}$ có thể xem như là một điện kháng, có nghĩa là $Z_Q = 0 + j Z_Q$. Trong các trường hợp khác, nếu như điện trở R_Q của lưới điện không được biết chính xác, ta có thể lấy $R_Q = 0,1 X_Q$ trong đó $X_Q = 0,995 Z_Q$

Trị số của công suất ngắn mạch đối xứng ban đầu S''_{kQ} hoặc dòng ngắn mạch đối xứng ban đầu I''_{kQ} về phía cao áp của máy biến áp cung cấp, được cho bởi công ty bán máy.

Nói chung, tổng trở ngắn mạch thứ tự không tương đương của các tuyến dây trên lưới đều không cần thiết để tính toán. Tuy nhiên trong một vài trường hợp đặc biệt cũng cần dùng đến tổng trở này.

8.3.2.2 Các máy biến áp

Các tổng trở ngắn mạch thứ tự thuận của máy biến áp hai cuộn dây $Z_T = R_T + j X_T$ có thể tính từ các thông số định mức của máy biến áp theo cách sau:

$$Z = \frac{u_{kr}}{100\%} \cdot \frac{U_{rT}^2}{S_{rT}} \quad (6)$$

$$Z = \frac{u_{kr}}{100\%} \cdot \frac{U_{rT}^2}{S_{rT}} = \frac{P_{krT}}{3I_{rT}^2} \quad (7)$$

$$X_T = \sqrt{Z_T^2 - R_T^2} \quad (8)$$

trong đó:

- U_{rT} = điện áp định mức của máy biến áp về phía cao áp hoặc về phía hạ áp I_{rT} = dòng điện định mức của máy biến áp về phía cao áp hoặc về phía hạ áp
- S_{rT} = công suất biểu kiến định mức của máy biến áp
- P_{krT} = tổn thất tổng trong các cuộn dây của máy biến áp ở dòng điện định mức
- u_{kr} = điện áp ngắn mạch định mức, tính theo phần trăm
- u_{rT} = điện áp thuận trở định mức, tính theo phần trăm

Các dữ liệu cần thiết có thể lấy từ các biểu thông số của máy hoặc lấy từ nhà chế tạo.

Thành phần điện trở có thể tính được từ tổn thất tổng trong các cuộn dây ứng với dòng điện định mức.

Thông thường tỉ số X/R tăng lên tỉ lệ với kích thước biến áp. Đối với các máy biến áp lớn, giá trị điện trở bé đến mức có thể xem như tổng trở chỉ gồm có thành phần điện kháng khi tính toán độ lớn của dòng điện ngắn mạch. Chỉ cần xét đến điện trở khi phải tính toán dòng điện ngắn mạch đỉnh ip hoặc thành phần không chu kì tắt dần i_{DC} mà thôi.

Các giá trị tổng trở ngắn mạch thứ tự không $Z(0)T = R(0)T + j X(0)T$ của các máy biến áp có hai hoặc nhiều cuộn dây có thể lấy được từ nhà chế tạo.

Chú thích: Đối với các máy biến áp có bộ chỉnh áp, chỉ cần xác định Z_T theo công thức (6) tương ứng với vị trí chỉnh của bộ chỉnh áp, và qui đổi các tổng trở, dòng điện và điện áp theo điểm 8.4 bằng cách dùng tỉ số biến đổi định mức t_r tương ứng với vị trí chỉnh của bộ chỉnh áp.

Chỉ cần có những khảo sát đặc biệt nếu như:

- Tính toán các dòng ngắn mạch cấp điện từ một nguồn đơn và dòng ngắn mạch có cùng một hướng với dòng điện vận hành trước khi ngắn mạch xảy ra (trường hợp ngắn mạch về phía hạ áp của một hoặc nhiều máy biến áp chỉnh áp ghép song song, theo như hình 3, trang , hoặc hình 6b, trang)

- Có khả năng thay đổi tỉ số biến của máy biến áp chỉnh áp trong một dải rộng $U_{THV} = U_{rTHV} (1 \pm p_T)$ với $p_T \leq 0,05$.

- Điện áp ngắn mạch tối thiểu $u_{k,min}$ khá thấp so với điện áp ngắn mạch định mức ở vị trí chỉnh của bộ chỉnh áp ($u_{k,min} \leq u_{kr}$)

- Điện áp vận hành cao hơn khá nhiều so với so với điện áp định mức của hệ thống ($U \geq 1,05 U_n$)

Trong trường hợp đối với các máy biến áp ba cuộn dây, tổng trở ngắn mạch thứ tự thuận \underline{Z}_A , \underline{Z}_B và \underline{Z}_C trên hình 7, trang có thể tính toán bằng các tổng trở ngắn mạch (liên quan đến phía A của máy biến áp)

$$Z_{AB} = \frac{u_{krAB}}{100\%} \cdot \frac{U_{rTA}^2}{S_{rTAB}} \quad (\text{phía C hở mạch}) \quad (9a)$$

$$Z_{AC} = \frac{u_{krAC}}{100\%} \cdot \frac{U_{rTA}^2}{S_{rTAC}} \quad (\text{phía B hở mạch}) \quad (9b)$$

$$Z_{BC} = \frac{u_{krBC}}{100\%} \cdot \frac{U_{rTA}^2}{S_{rTBC}} \quad (\text{phía A hở mạch}) \quad (9c)$$

với các công thức :

$$\underline{Z}_A = \frac{1}{2} (Z_{AB} + Z_{AC} - Z_{BC}) \quad (10a)$$

$$\underline{Z}_B = \frac{1}{2} (Z_{BC} + Z_{AB} - Z_{AC}) \quad (10b)$$

$$\underline{Z}_C = \frac{1}{2} (Z_{AC} + Z_{BC} - Z_{AB}) \quad (10c)$$

Trong đó :

U_{rTA} = điện áp định mức

S_{rTAB} = công suất biểu kiến định mức giữa phía A và phía B

S_{rTAC} = công suất biểu kiến định mức giữa phía A và phía C

S_{rTBC} = công suất biểu kiến định mức giữa phía B và phía C

U_{krAB}	= điện áp ngắn mạch định mức , cho theo phần trăm, giữa	phía A và phía B
U_{krAC}	= điện áp ngắn mạch định mức , cho theo phần trăm, giữa	phía A và phía C
U_{krBC}	= điện áp ngắn mạch định mức , cho theo phần trăm, giữa	phía B và phía C

QUANPHAM.VN

8.3.2.3 Các đường dây nổi và cáp

Tổng trở ngắn mạch thứ tự thuận $Z_L = R_L + j X_L$ có thể tính được từ các số liệu của dây dẫn, ví dụ như tiết diện dây hoặc cự li tâm giữa các lõi.

Cách tính toán các tổng trở ngắn mạch thứ tự không $Z_{(0)} = R_{(0)} + j X_{(0)}$ xem ở điểm 8.3.2 và hình 5d, trang . Đôi khi có thể tính tổng trở thứ tự không bằng tỉ số $R_{(0)L}/R_L$ và $X_{(0)L}/X_L$

Trị số tổng trở $Z_{(1)L}$ và $Z_{(0)L}$ của các đường cáp hạ áp và cao áp phụ thuộc vào trình độ công nghệ và tiêu chuẩn của từng quốc gia, và có thể tìm được trong các sổ tay kỹ thuật hoặc bảng thông số kỹ thuật của nhà chế tạo.

Điện trở hiệu dụng theo đơn vị chiều dài R'_L của các đường dây nổi ở nhiệt độ môi trường 20°C có thể được tính từ tiết diện định mức q_n và điện trở suất ρ

$$R'_L = \frac{\rho}{q_n} \quad (11)$$

với :

$$\rho = \frac{1}{54} \frac{\Omega \text{ mm}^2}{\text{m}} \quad \text{đối với đồng}$$

$$\rho = \frac{1}{34} \frac{\Omega \text{ mm}^2}{\text{m}} \quad \text{đối với nhôm}$$

và

$$\rho = \frac{1}{31} \frac{\Omega \text{ mm}^2}{\text{m}} \quad \text{đối với hợp kim nhôm}$$

- Biểu thị các tổ đấu dây
- Sơ đồ mạch tương đương (thứ tự thuận)

Hình 7 : Biến áp ba cuộn dây (ví dụ)

Điện kháng theo đơn vị chiều dài X''_L của các đường dây nổi, giả thiết là đã đảo pha, có thể được tính từ công thức :

$$X'_L = 2\pi f \frac{\tilde{\omega}}{2f} \left(\frac{0.25}{n} + \ln \frac{d}{r} \right) = f \tilde{\omega} \left(\frac{0.25}{n} + \ln \frac{d}{r} \right) \quad (12a)$$

trong đó :

$d = \sqrt[3]{d_{L1L2} d_{L2L3} d_{L3L1}}$ khoảng cách hình học trung bình giữa các dây dẫn

r = bán kính của một dây dẫn . Trong trường hợp dùng cáp bọc xoắn, trị số r được thay thế bằng $\sqrt[n]{nR^{n-1}}$ trong đó R là bán kính của bó cáp.

n = số dây trong bó. Đối với dây dẫn đơn, $n = 1$

Lấy $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$ H/km là độ từ thẩm của chân không, công thức (12a) có thể được đơn giản như sau:

$$\text{với } f = 50 \text{ Hz, } X'_L = 0.0628 \left(\frac{0.25}{n} + \ln \frac{d}{r} \right) \quad (12b)$$

$$\text{với } f = 60 \text{ Hz, } X'_L = 0.0754 \left(\frac{0.25}{n} + \ln \frac{d}{r} \right) \quad (12c)$$

8.3.2.4 Cuộn kháng hạn chế dòng ngắn mạch

Các tổng trở ngắn mạch thứ tự thuận, thứ tự nghịch và thứ tự không đều bằng nhau, với giả thiết là cuộn kháng hoàn toàn đối xứng về hình học. Dòng ngắn mạch của cuộn kháng (cuộn cản) sẽ được tính như một phần của tổng trở ngắn mạch.

8.3.2.5 Các động cơ

Các động cơ đồng bộ cũng được tính như các máy phát đồng bộ (xem phần Hai)

Những động cơ không đồng bộ trong các lưới hạ áp và trung áp cũng cung cấp dòng ngắn mạch cho điểm ngắn mạch. Trong trường hợp ngắn mạch ba pha cân bằng, dòng ngắn mạch của các động cơ không đồng bộ suy giảm nhanh chóng.

Không cần phải quan tâm đến các động cơ không đồng bộ hoặc một nhóm các động cơ không đồng bộ nếu chúng có dòng định mức tổng nhỏ hơn 1% dòng ngắn mạch đối xứng ban đầu I''_k tính với điều kiện không có động cơ. Lượng gia tăng của dòng ngắn mạch I''_k do các động cơ không đồng bộ có thể bỏ qua nếu như :

$$\Sigma I_{rM} \leq 0,01 I''_k \quad (13)$$

trong đó :

ΣI_{rM} = tổng dòng điện định mức của các động cơ trong phạm vi kề cận với điểm ngắn mạch (xem phần Hai, điểm 11.5.3.5)

I''_k = dòng ngắn mạch tại điểm ngắn mạch không bị ảnh hưởng của động cơ

Trong các trường hợp khác, xem phần Hai.

8.4 Qui đổi các tổng trở, dòng điện và điện áp

Khi tính dòng ngắn mạch trong các hệ thống có nhiều mức điện áp khác nhau ta cần phải qui đổi các tổng trở, dòng điện và điện áp từ mức này sang mức khác (ví dụ: xem hình 3b, trang). Đối với hệ tương đối hoặc các hệ tương tự khác việc này không cần thiết, nếu các hệ thống đó là rõ ràng, không có khả năng nhầm lẫn.

Tổng trở của các thiết bị trong các lưới điện xếp chồng hoặc lưới tọa độ cần phải chia cho hoặc nhân với bình phương của tỉ số biến đổi định mức t_r , hoặc trong những trường hợp đặc biệt, với bình phương của tỉ số biến đổi t , tương ứng với trị số thực tế của nó, nếu biết.

Các trị số của điện áp và dòng điện cũng cần phải qui đổi theo tỉ số biến đổi định mức t_r hoặc t .

9 - Tính toán dòng ngắn mạch

9-1 Phương pháp tính các trường hợp ngắn mạch đối xứng

9-1-1 Ngắn mạch ba pha cấp điện đơn

9.1.1.1 Dòng ngắn mạch đối xứng ban đầu I''_k

Theo như hình 3, trang , ở đây dòng ngắn mạch đối xứng ban đầu I''_k trở thành :

trong đó :

$$\begin{aligned} cU_n/\sqrt{3} &= \text{nguồn điện áp tương đương (xem điều khoản 6)} \\ R_k = R_{Qt} + R_T + R_L &= \text{tổng của các điện trở nối tiếp trên hình 3b, trang ,} \\ &\quad R \text{ là điện trở đường dây ở môi trường } 20^\circ\text{C (xem} \end{aligned}$$

$$Z = \sqrt{R_k^2 + X_k^2} \quad \text{tổng trở ngắn mạch (xem điểm 8.3.1)}$$

Các điện trở ở giá trị $R_k < 0,3X_k$ có thể bỏ qua. Tổng trở của các lộ $Z_{Qt} = R_{Qt} + jX_{Qt}$, qui đổi về điện áp của phía máy biến áp có ngắn mạch, được tính theo công thức (5a) và (5b) và theo các chỉ dẫn ở điểm 8.3.2.1

Phạm vi khảo sát của phần Một này là nhằm chứng tỏ:

$$I_k = I_b = I''_k \quad (15)$$

9.1.1.2 Dòng ngắn mạch đỉnh i_p

Vì điểm ngắn mạch được cấp điện từ một mạch nối tiếp, dòng điện ngắn mạch có thể được biểu thị bằng :

$$i = \chi \sqrt{2} I''_k \quad (16)$$

Hình 8 : Hệ số χ dùng cho các mạch nối tiếp, là hàm số của: a) tỉ số R/X b) tỉ số X/R

Quan hệ giữa hệ số χ với tỉ số R/X và X/R được trình bày ở hình 8
Hệ số χ cũng có thể tính theo công thức gần đúng:

$$\chi \approx 1,02 + 0,98 e^{-3R/X}$$

9.1.2 Ngắn mạch ba pha được cấp điện từ các nguồn không nối đất võng

9.1.2.1 Dòng ngắn mạch đối xứng ban đầu I''_k

Các dòng ngắn mạch đối xứng ban đầu I''_k , dòng ngắt điện đối xứng I_b và dòng ngắn mạch ổn định I_k tại điểm ngắn mạch F, được cấp điện từ các nguồn không nối chéo với nhau như hình 9, trang 27, có thể được hợp thành bởi nhiều dòng ngắn mạch nhánh khác nhau và độc lập với nhau:

$$I''_k = I''_{kT1} + I''_{kT2} \quad (17)$$

$$I_k = I_b = I''_k \quad (18)$$

Các dòng ngắn mạch nhánh phải được tính toán giống như dòng ngắn mạch ba pha cấp điện đơn theo cách đã chỉ ở điểm 9.1.1

Chú thích: Dòng ngắn mạch tại điểm ngắn mạch F là tổng vec tơ của các dòng ngắn mạch nhánh. Trong hầu hết các trường hợp, góc pha của các dòng ngắn mạch nhánh gần như đều bằng nhau. Vậy ta có thể xem dòng ngắn mạch tại điểm F bằng tổng đại số của tất cả các dòng ngắn mạch nhánh

Các tổng trở giữa điểm ngắn mạch F và thanh cái B, nơi các dòng ngắn mạch nhánh đồng thời chạy qua như trình bày ở hình 9, có thể bỏ qua nếu như chúng nhỏ hơn $0,05 U_n / (\sqrt{3} I''_{kB})$, trong đó I''_{kB} là dòng ngắn mạch đối xứng ban đầu trong thanh cái, xác định bởi công thức (17) trong trường hợp ngắn mạch thanh cái ba pha. Còn trong tất cả những trường hợp khác, việc tính toán được tiến hành đúng như điểm 9.1.3.

9.1.2.2 Dòng ngắn mạch đỉnh i_p

Dòng ngắn mạch đỉnh i_p tại điểm ngắn mạch F được cấp điện từ các nguồn không nối mắt võng với nhau như hình 9, có thể hợp thành bởi các dòng ngắn mạch nhánh i_{pT1} và i_{pT2} :

$$i_p = i_{pT1} + i_{pT2} \quad (19)$$

Hình 9 : Sơ đồ hệ thống biểu thị hiện tượng ngắn mạch được cấp điện từ nhiều nguồn độc lập (Trong một vài trường hợp, tổng trở giữa thanh cái B và điểm ngắn mạch F có thể bỏ qua)

9-1-3 Ngắn mạch ba pha trong các lưới kiểu mắt võng

9.1.3.1 Dòng ngắn mạch đối xứng ban đầu I''_k

Theo như ví dụ ở hình 10 , trang , nguồn điện áp tương đương $cU_n / \sqrt{3}$ được thiết lập tại điểm ngắn mạch là nguồn điện áp chủ động duy nhất trong lưới.

Cách thức tính toán phải được tiến hành giống như điểm 8.3.1, đặc biệt là theo hình 4a , trang (điểm ngắn mạch F dùng tổng trở ngắn mạch thứ tự thuận) . Đặc biệt cần bảo đảm chắc chắn rằng tổng trở ngắn mạch Z_k bằng $Z_{(1)}$ tùy theo cách biến đổi lưới điện (ví dụ như biến đổi đầu nối tiếp, đầu song song và đầu tam giác-sao) có xét đến các tổng trở ngắn mạch thứ tự thuận của thiết bị điện. (xem điểm 8.3.2)

Tất cả các tổng trở được quy về điện áp thấp của MBA (xem hình 10) . Lộ cung cấp cho hệ thống được sử lý như trong điều 8.3.2.1

trong đó :

$cU_n / \sqrt{3}$ = nguồn điện áp tương đương (xem điều 6)
 Z_k = tổng trở ngắn mạch, theo điều 8.3.1 và hình 4a trang
 Muốn tính toán I_b và I_k xem công thức (15)

QUANPHAM.VN

- a) Sơ đồ hệ thống
- b) Sơ đồ mạch tương đương kèm theo nguồn điện áp tương đương phù hợp với điều khoản 6.
 $\underline{Z}_{Qt}, \underline{Z}_{T1}, \underline{Z}_{T2} =$ các tổng trở qui đổi về phía hạ áp của các máy biến áp.

Hình 10 : Minh hoạ cách tính toán dòng ngắn mạch ban đầu I''_k trong một lưới điện kiểu mắt võng. Dòng ngắn mạch tại điểm ngắn mạch F được cấp điện bởi điểm nối Q của các tuyến dây thông qua các máy biến áp T1 và T2

9.1.3.2 Dòng ngắn mạch đỉnh i_p

Muốn tính toán dòng ngắn mạch đỉnh i_p trong các mạng lưới nối chéo ta dùng công thức (16) và chọn một trong các phương pháp gần đúng A, B, C sau đây để tìm trị số χ thích hợp. Nếu không cần độ chính xác cao lắm, chỉ dùng phương pháp A là đủ.

Phương pháp A - Phương pháp dùng tỉ số R/X đồng nhất : $\chi = \chi_a$

Hệ số χ_a được xác định từ hình 8, trang 28, dùng tỉ số R/X nhỏ nhất hoặc tỉ số X/R lớn nhất trong số tất cả các nhánh của lưới điện.

Chỉ cần chọn trong số các nhánh mang 80% dòng điện chạy qua điểm ngắn mạch ứng với điện áp danh định. Mỗi nhánh bất kì trong lưới đều có thể là tổ hợp của một vài yếu tố.

Trong các lưới điện hạ áp, tỉ số χ_a được giới hạn dưới 1,8

Phương pháp B - Phương pháp dùng tỉ số R/X hoặc X/R tại điểm ngắn mạch:
Hệ số χ được cho bởi công thức :

$$\chi = 1,15 \chi_b \quad (21)$$

trong đó 1,15 là hệ số an toàn để dự phòng khả năng dùng tỉ số R/X không chính xác khi giản lược lưới điện có chứa các tổng trở phức.

Hệ số χ_b tìm được từ hình 8 căn cứ vào tỉ số R/X suy ra từ tổng trở ngắn mạch $\underline{Z}_k = R + jX$ tại điểm ngắn mạch F. lúc tính, dùng tần số 50 Hz hoặc 60 Hz.

Trong các lưới hạ áp, tích $1,15\chi_b$ được giới hạn dưới 1,8 và trong các lưới cao áp, dưới 2,0.

Phương pháp C - Phương pháp dùng tần số tương đương f_c : dùng $\chi = \chi_c$
Hệ số χ_c có thể tìm được từ hình 8 bằng tỉ số:

$$\frac{R}{X} = \frac{R_c}{X_c} \cdot \frac{f_c}{f} \quad (22a)$$

$$\frac{X}{R} = \frac{X_c}{R_c} \cdot \frac{f}{f_c} \quad (22b)$$

trong đó:

$$\underline{Z} = R + jX$$

$$R = \operatorname{Re}(\underline{Z}_c) \neq R \text{ ở tần số lưới}$$

Điện trở hiệu dụng tương đương ứng với tần số tương đương f_c được nhìn từ phía điểm ngắn mạch

$$X = \operatorname{Im}(\underline{Z}_c) \neq X \text{ ở tần số lưới}$$

Điện trở hiệu dụng tương đương ứng với tần số tương đương f_c được nhìn từ phía điểm ngắn mạch

Tổng trở tương đương $\underline{Z}_c = R_c + j2\pi f_c L$ là tổng trở nhìn từ phía điểm ngắn mạch nếu như có một nguồn điện áp tương đương tần số $f = 20$ Hz (đối với tần số danh định 50 Hz) hoặc 24 Hz (đối với tần số danh định 60 Hz) đặt vào điểm đó với tính chất là nguồn điện áp duy nhất.

9-2 Phương pháp tính toán ngắn mạch dây và dây, dây và đất

Các loại ngắn mạch này được cho trên các hình từ 2b đến 2d, trang Hình 11 trang 25 trình bày các loại ngắn mạch cho ta dòng điện ngắn mạch lớn nhất nếu các thành phần xoay chiều bị suy giảm, có nghĩa là nếu $Z_{(2)} / Z_{(1)} < 1$ (xem phần Hai)

Trong phần Một, đẳng thức $Z_{(2)} / Z_{(1)} = 1$

Cần lưu ý thêm rằng trong trường hợp này độ sai lệch giữa các tỉ số R/ X phải rất bé.

Ví dụ :

$$\left. \begin{array}{l} Z_{(2)} / Z_{(1)} = 0,5 \\ Z_{(2)} / Z_{(0)} = 0,65 \end{array} \right\} \text{ Mạch một pha (k1) sẽ cho dòng ngắn mạch lớn nhất}$$

Hình 11 : Biểu đồ chỉ dẫn các loại ngắn mạch có dòng điện lớn nhất

9-2-1 Ngắn mạch dây và dây không nối đất

9-2-1-1 Dòng ngắn mạch ban đầu I''_{k2}

Độc lập với cấu hình của lưới, dòng ngắn mạch ban đầu của ngắn mạch dây và dây không nối đất (xem hình 2b, trang) được tính toán từ công thức:

$$I''_{k2} = \frac{cU_n}{|\underline{Z}_{(1)} + \underline{Z}_{(2)}|} = \frac{cU_n}{2|\underline{Z}_{(1)}|} \quad \text{với } \underline{Z}_{(1)} = \underline{Z}_{(2)} \quad (23)$$

$\underline{Z}_{(1)} = \underline{Z}_k$ là tổng trở ngắn mạch thứ tự thuận tại điểm ngắn mạch F (xem hình 4a, trang)

Tỉ số I''_{k2} trên I''_k trong công thức (20) và (23) là:

$$\frac{I''_{k2}}{I''_k} = \frac{\sqrt{3}}{2} \quad (24)$$

Trong trường hợp ngắn mạch xa máy phát, dòng ngắn mạch ổn định I_{k2} và dòng ngắn mạch ngắt điện I_{b2} có trị số bằng dòng ngắn mạch ban đầu I''_{k2} :

$$I_{k2} = I_{b2} = I''_{k2} \quad (25)$$

9-2-1-2 Dòng ngắn mạch đỉnh i_p

Dòng ngắn mạch đỉnh có thể được biểu thị bằng:

$$i_p = \chi \sqrt{2} I''_{k2} \quad (26)$$

Hệ số χ được tính theo điểm 9.1.1.2 hoặc 9.1.3.2 phụ thuộc theo từng cấu hình lưới điện. Trị số của nó cũng có thể lấy đúng như trong trường hợp ngắn mạch ba pha.

9-2-2 Ngắn mạch dây và dây có nối đất

9-2-2-1 Dòng ngắn mạch ban đầu I''_{k2E} và I''_{kE2E}

Giống như hình 2c, trang , điều cần thiết là phải phân biệt giữa I''_{k2E} và I''_{kE2E} . Để tính giá trị của I''_{k2E} có công thức sau đây:

$$I''_{k2EL2} = cU_n \frac{|1 + a^2 + \underline{Z}_{(0)} / \underline{Z}_{(1)}|}{|\underline{Z}_{(1)} + 2\underline{Z}_{(0)}|} \quad (27a)$$

$$I''_{k2EL3} = cU_n \frac{|1 + a + \underline{Z}_{(0)} / \underline{Z}_{(1)}|}{|\underline{Z}_{(1)} + 2\underline{Z}_{(0)}|} \quad (27b)$$

với $\underline{Z}_{(1)} = \underline{Z}_{(2)}$

Trị số a và a^2 được cho ở điểm 8.2, công thức (4)

Dòng ngắn mạch ban đầu I''_{kE2E} chạy trong đất và (hoặc) chạy trong các dây đất như trên hình 2c, trang , được tính theo công thức:

$$I''_{kE2E} = \frac{\sqrt{3} cU_n}{|\underline{Z}_{(1)} + 2\underline{Z}_{(0)}|} \quad (28)$$

9-2-2-2 Dòng ngắn mạch đỉnh i_{p2E}

Không cần tính i_{p2E} nếu rơi vào một trong hai trường hợp:

$$i_{p3} \geq i_{p2E} \quad \text{hoặc} \quad i_{p1} \geq i_{p2E}$$

9-2-3 Ngắn mạch dây nối đất

9-2-3-1 Dòng ngắn mạch ban đầu I''_{kl}

Dòng ngắn mạch ban đầu của trường hợp ngắn mạch dây-và-đất như trên hình 2d, trang được tính bằng:

$$I''_{k1} = \frac{\sqrt{3} cU_n}{|\underline{Z}_{(1)} + \underline{Z}_{(2)} + \underline{Z}_{(0)}|} = \frac{\sqrt{3} cU_n}{|2\underline{Z}_{(1)} + \underline{Z}_{(0)}|} \quad (29)$$

Trong trường hợp ngắn mạch xa máy phát, dòng ngắn mạch ổn định I_{k1} và dòng ngắn mạch I_{b1} đều bằng dòng ngắn mạch ban đầu I''_{k1} (xem thêm các công thức 15 và 25)

$$I = I_{b1} = I''_{k1} \quad (30)$$

9-2-3-2 Dòng ngắn mạch đỉnh i_{p1}

Dòng ngắn mạch đỉnh có thể được biểu thị bằng

$$i_{p1} = \chi \sqrt{2} I''_{k1} \quad (31)$$

Hệ số χ được tính theo điểm 9.1.1.2 hoặc 9.1.3.2 tùy thuộc vào cấu hình của lưới điện. Để đơn giản, có thể lấy giá trị giống như trong trường hợp ngắn mạch ba pha.

9-3 Dòng ngắn mạch cực tiểu

9-3-1 Tổng quát :

Khi tính toán dòng ngắn mạch cực tiểu cần phải đưa thêm vào các điều kiện sau đây :

- Hệ số điện áp c dùng để tính toán dòng ngắn mạch cực tiểu theo bảng I
- Lựa chọn cấu hình của lưới điện, và trong một vài trường hợp, phương thức đấu nối các nguồn điện và tuyến dây nhằm hạn chế dòng ngắn mạch tại điểm ngắn mạch ở mức tối thiểu
- Các động cơ đều không cần xét đến.
- Điện trở R_L của các đường dây (đường dây nổi và cáp, các mạch pha và mạch trung tính) đều được quy về các giá trị ở nhiệt độ cao

$$R_L = \left[1 + \frac{0,004}{^\circ\text{C}} (\theta_c - 20^\circ\text{C}) \right] R_{L20} \quad (32)$$

Trong đó R_{L20} là điện trở ở 20°C , và θ_c tính theo $^\circ\text{C}$ là nhiệt độ của dây dẫn ở cuối giai đoạn ngắn mạch. Hệ số $0,004/^\circ\text{C}$ được dùng cho đồng, nhôm và hợp kim nhôm.

9-3-2 Dòng ngắn mạch đối xứng ban đầu I''_k

Khi tính toán các dòng ngắn mạch ba pha theo điểm 9.1, dòng ngắn mạch cực tiểu ban đầu được cho bởi công thức :

$$I''_{k \min} = \frac{cU_n}{\sqrt{3} Z_k} \quad (33)$$

$\underline{Z}_k = \underline{Z}_{(1)}$ là tổng trở ngắn mạch trong điều kiện đã nêu ở điểm 9.3.1

Giá trị của hệ số điện áp c phụ thuộc vào nhiều yếu tố, ví dụ như điện áp vận hành của các đường dây nổi và cáp điện, địa điểm xảy ra ngắn mạch. Nếu không có tiêu chuẩn quốc gia, có thể dùng các giá trị cho trong bảng I.

Khi tính toán các trường hợp ngắn mạch cân bằng theo điểm 9.2, ta chọn nguồn điện áp tương đương $cU\sqrt{3}$ và các tổng trở $\underline{Z}_{(1)}$, $\underline{Z}_{(0)}$ tương ứng với các điều kiện ở điểm 9.3.1.

PHẦN HAI - HỆ THỐNG CÓ DÒNG NGẮN MẠCH CHỨA CÁC THÀNH PHẦN XOAY CHIỀU TẮT DẦN (NGẮN MẠCH GẦN MÁY PHÁT)

10- Tổng quát

Phần này nêu lên trình tự tính toán trong các hệ thống có dòng ngắn mạch chứa các thành phần xoay chiều tắt dần. Ở đây ảnh hưởng của các động cơ cũng được xét đến.

Việc tính toán dòng ngắn mạch của các động cơ đồng bộ và không đồng bộ sẽ được tiến hành nếu như tỉ lệ đóng góp của chúng lớn hơn 5% dòng ngắn mạch đối xứng ban đầu I''_k trong trường hợp không có động cơ (xem điểm 13.2.1).

11- Các thông số ngắn mạch

11-1 Tổng quát

Trong công tác tính toán dòng ngắn mạch của các hệ thống có trang bị các máy phát, trạm điện và động cơ (ngắn mạch gần máy phát), không những ta chỉ cần nhận biết dòng ngắn mạch đối xứng ban đầu I''_k , dòng ngắn mạch đỉnh i_p mà còn phải xác định cả dòng ngắn mạch ngắt máy đối xứng I_b và dòng ngắn mạch ổn định I_k .

Nói chung, dòng ngắn mạch ngắt máy đối xứng ban đầu I_b thường nhỏ hơn dòng ngắn mạch đối xứng ban đầu I''_k . Thông thường dòng ngắn mạch ổn định I_k nhỏ hơn dòng ngắn mạch ngắt máy đối xứng I_b .

Đặc biệt, khi giải quyết vấn đề hiệu ứng cơ của các dòng điện ngắn mạch ta cần phải xác định dòng ngắn mạch không đối xứng chứa trong dòng ngắt mạch xoay chiều và trong dòng ngắt mạch một chiều xếp chồng. Thành phần không chu kì tắt dần i_{BC} có thể được tính theo điều khoản 5.

Trong trường hợp ngắn mạch gần máy phát, dòng ngắn mạch có thể được xem như là tổng của hai thành phần sau đây:

- Thành phần xoay chiều có biên độ tắt dần trong suốt thời gian ngắn mạch
- Thành phần không chu kì, khởi xuất từ một giá trị ban đầu A nào đó và giảm dần về không.

Trong trường hợp ngắn mạch gần máy phát, dòng ngắn mạch thường có đặc điểm như đã biểu thị trên hình 12, trang . Trong một số trường hợp đặc biệt, dòng ngắn mạch tắt dần có khi về không ngay từ đầu, chỉ vài chu kì sau khi ngắn mạch xảy ra. Điều này hoàn toàn có thể, nếu như hằng số thời gian một chiều của máy đồng bộ lớn hơn hằng số thời gian quá độ. Tiêu chuẩn này không đi sâu vào cách tính toán chi tiết các dòng ngắn mạch thuộc hiện tượng nói trên.

- I''_k = Dòng ngắn mạch đối xứng ban đầu
 i_p = Dòng ngắn mạch đỉnh
 I_k = Dòng ngắn mạch ổn định
 i_{DC} = Thành phần (không chu kì) tắt dần của dòng ngắn mạch
 A = Trị số ban đầu của thành phần không chu kì i_{DC}

Hình 12 : Dòng ngắn mạch tại điểm ngắn mạch gần máy phát

Các dòng ngắn mạch có thể có một hay nhiều nguồn cấp như trình bày ở hình 13, trang . Hình vẽ cũng nêu rõ điều khoản nào trong phần này hướng dẫn cách tính các dòng ngắn mạch. Các điểm chính về tính toán dòng ngắn mạch ba pha là:

- 12.2.1: Dùng cho trường hợp trình bày ở mục 1, hình 13a } ngắn mạch ba pha
- 12.2.2: Dùng cho trường hợp trình bày ở mục 2, hình 13a } cấp điện đơn
- 12.2.3: Dùng cho trường hợp trình bày ở các hình 13b, 13c, nếu như bất đẳng thức đã cho được thoả mãn
- 12.2.4: Dùng cho trường hợp tổng quát trình bày ở hình 13d (ngắn mạch ba pha trong các lưới nối mắt võng)

-
- a) Ngắn mạch cấp điện đơn.
Tính toán theo các điểm 12.2.1, 12.2.2, 12.3 và 12.4
1- Ngắn mạch cấp điện từ một máy phát (không có biến áp)
- b) Ngắn mạch được cấp điện từ các nguồn không nối đất võng
Tính toán theo các điểm 12.2.3, 12.3 và 12.4

2- Ngắn mạch cấp điện từ một trạm đơn vị (máy phát và một biến áp)

- c) Ngắn mạch cấp điện từ vài nguồn có tổng trở Z giống nhau
Tính toán theo các điểm 12.2.3, 12.2.4, 12.3 và 12.4
- d) Ngắn mạch trong các lưới mắt võng
Tính toán theo các điểm 12.2.4, 12.3 và 12.4.

Z có thể bỏ qua nếu như:

$$Z < 0,05 \frac{U_{nB}}{\sqrt{3}I''_{kB}}$$

I''_{kB} được tính như ở hình 13b

Hình 13 : Các sơ đồ nguồn tạo ngắn mạch khác nhau

11-2 Ngắn mạch cân bằng

Các chi tiết trong điểm 8.1 vẫn có giá trị

11-3 Ngắn mạch không cân bằng

Các chi tiết trong điểm 8.2 vẫn có giá trị

1) Các máy phát và động cơ cũng có thể nối không qua biến áp

11-4 Nguồn điện áp tương đương tại điểm ngắn mạch

Trong tất cả mọi trường hợp đều có thể xác định được dòng ngắn mạch tại điểm ngắn mạch F bằng cách dùng nguồn điện áp tương đương $cU_n/\sqrt{3}$ nếu ta sử dụng thêm các hệ số hiệu chỉnh cho tổng trở các máy phát và hệ số hiệu chỉnh cho tổng trở các tổ hợp máy phát-máy biến áp trong các trạm phát điện đơn vị (xem các điểm 11.5.3.6, 11.5.3.7, 11.5.3.8 và điều khoản 12). Các chi tiết về nguồn điện áp tương đương $cU_n/\sqrt{3}$ được cho tại điều khoản 6 và bảng I.

Trong phương pháp này, nguồn điện áp tương đương $cU_n/\sqrt{3}$ tại điểm ngắn mạch là điện áp chủ động duy nhất của hệ thống. Những điện áp trong của tất cả các máy đồng bộ và không đồng bộ đều xem là bằng không. Bởi vậy các máy đồng bộ chỉ có ý nghĩa như những tổng trở cận quá độ và các động cơ không đồng bộ cũng chỉ có ý nghĩa như những tổng trở được tính từ dòng kẹt rô to của chúng.

Hơn nữa trong phương pháp này tất cả các điện dung đường dây và tổng dẫn song song của các phụ tải không quay – trừ những thông số trong hệ thứ tự không – đều có thể bỏ qua (xem hình 15 trang , và hình 20 trang)

Những khảo sát chi tiết về các động cơ được cho ở điều khoản 13.

11-5 Các tổng trở ngắn mạch

Giống như điểm 8.3.2 nhưng có xét thêm tổng trở của các động cơ. Các điểm 11.5.3.7 và 11.5.3.8 có đưa thêm phần tính toán về các trạm phát điện đơn vị. Giá trị tổng trở ngắn mạch của các tuyến dây, máy biến áp, đường dây nổi và các đường cáp của lưới điện cũng như các cuộn cản hạn chế dòng ngắn mạch đều giữ nguyên.

11-5-1 Các tổng trở ngắn mạch tại điểm ngắn mạch F

Điểm 8.3.1 và hình 4, trang dùng để tính dòng ngắn mạch đối xứng ban đầu trong trường hợp ngắn mạch gần máy phát, vẫn giữ nguyên giá trị sử dụng.

11-5-2 Các tổng trở ngắn mạch của thiết bị điện

Các khảo sát tổng quát chỉ dẫn trong điểm 8.3.2 vẫn có giá trị. Các động cơ và máy phát được xử lý như trong điểm từ 11.5.3.5 đến 11.5.3.8.

11-5-3 Tính toán các tổng trở ngắn mạch của thiết bị điện

11-5-3-1 Các tuyến dây của lưới điện

Những chi tiết cho trong điểm 8.3.2.1 vẫn được sử dụng, ngoại trừ trường hợp đặc biệt cho trong điểm 12.2.3.1.

11-5-3-2 Các máy biến áp

Những chi tiết cho trong điểm 8.3.2.2 vẫn được sử dụng. Những máy biến áp đơn vị trong các trạm phát điện đơn vị sẽ được tách riêng và xử lý như các điểm 11.5.3.7 và 11.5.3.8.

11-5-3-3 Các đường dây nổi và đường cáp

Những chi tiết cho trong điểm 8.3.2.3 vẫn được sử dụng.

11-5-3-4 Các cuộn cản hạn chế dòng ngắn mạch

Những chi tiết cho trong điểm 8.3.2.4 vẫn được sử dụng.

11-5-3-5 Các động cơ

Khi tính toán các dòng ngắn mạch ba pha đối xứng ban đầu I''_k , các động cơ đồng bộ và máy bù đồng bộ được xem như các máy phát đồng bộ (xem các điểm 11.5.3.6, 11.5.3.7, 11.5.3.8 và 13.1)

Tổng trở $Z_M = R_M + jX_M$ của các động cơ không đồng bộ trong hệ thứ tự thuận và nghịch có thể được xác định bằng:

$$Z_n = \frac{1}{I_{LR} / I_{rM}} \cdot \frac{U_{rM}}{\sqrt{3} I_{rM}} = \frac{1}{I_{LR} / I_{rM}} \cdot \frac{U_{rM}^2}{S_{rM}} \quad (34)$$

trong đó :

U_{rM} = điện áp định mức của động cơ
 I_{rM} = dòng điện định mức của động cơ
 S_{rM} = công suất biểu kiến định mức của động cơ. $S_{rM} = P_{rM} / \eta_1 \cos \varphi_1$
 I_{LR} / I_M = tỉ số giữa dòng điện kẹt động cơ (điểm 3.11) và dòng điện định mức của động cơ

Các số sau đây có thể dùng với độ chính xác tương đối:

$R_M / X_M = 0,10$ với $X_M = 0,995 Z_M$ đối với các động cơ cao áp có công suất P_{rM} của các đôi cực $\geq 1\text{MW}$

$R_M / X_M = 0,15$ với $X_M = 0,989 Z_M$ đối với các động cơ cao áp có công suất P_{rM} của các đôi cực $< 1\text{MW}$

$R_M / X_M = 0,42$ với $X_M = 0,922 Z_M$ đối với những nhóm động cơ hạ áp có các cấp nối.

Các hướng dẫn chi tiết về việc xem xét hoặc bỏ qua các động cơ không đồng bộ hoặc các nhóm động cơ không đồng bộ khi tính ngắn mạch được cho ở điểm 13.2.1.

Trong tính toán ngắn mạch, các bộ điều khiển cấp điện cho chỉnh lưu tĩnh được xử lí cùng một phương pháp giống như các động cơ không đồng bộ. Các qui định sau đây được áp dụng cho các bộ điều khiển cấp điện chỉnh lưu tĩnh:

Z_M = như công thức (34)
 U_{rM} = điện áp định mức của biến áp chỉnh lưu tĩnh về phía lưới điện hoặc điện áp định mức của chỉnh lưu tĩnh, nếu như không có biến áp.
 I_{rM} = dòng định mức của biến áp chỉnh lưu tĩnh về phía lưới điện hoặc dòng định mức của chính chỉnh lưu tĩnh, nếu như không có biến áp
 $I_{LR} / I_{rM} = 3$
 $R_M / X_M = 0,01$ với $X_M = 0,995 Z_M$

11-5-3-6 Các máy phát nối trực tiếp vào hệ thống

Khi tính toán các dòng ngắn mạch ba pha đối xứng ban đầu trong các hệ thống được cấp điện trực tiếp từ các máy phát không có máy biến áp đơn vị, ví dụ như các lưới điện công nghiệp hoặc trong các lưới điện hạ áp, ta dùng tổng trở sau đây trong hệ thứ tự thuận:

$$\underline{Z}_{GK} + K_G \underline{Z}_G = K_G (R_G + j X''_d) \quad (35)$$

với hệ số hiệu chỉnh :

$$K_G = \frac{U_n}{U_{rG}} \cdot \frac{C_{\max}}{1 + X''_d \sin \varphi_{rG}} \quad (36)$$

trong đó :

c_{\max}	=	hệ số điện áp lấy từ bảng I
U_n	=	điện áp danh định của hệ thống
U_{rG}	=	điện áp định mức của máy phát
\underline{Z}_{GK}	=	tổng trở đã hiệu chỉnh của máy phát
\underline{Z}_G	=	tổng trở của máy phát ($\underline{Z}_G = R_G + j X''_d$)
X''_d	=	điện kháng cận quá độ của máy phát qui đổi theo tổng trở định mức ($X''_d = X''_d / Z_{rG}$)
φ_{rG}	=	góc pha giữa \underline{I}_{rG} và $\underline{U}_{rG} / \sqrt{3}$

Hình 14 : Sơ đồ vec tơ của máy phát đồng bộ ở điều kiện định mức

Lúc sử dụng nguồn điện áp tương đương $cU_n\sqrt{3}$ theo điểm 12.2.1.1 thay cho điện áp cận quá độ E'' của máy phát đồng bộ (xem hình 14), cần phải đưa thêm vào hệ số hiệu chỉnh K_G (công thức 36) để tính tổng trở qui đổi \underline{Z}_{GK} (công thức 35)

Có thể dùng các giá trị sau đây với độ chính xác tương đối :

$R_G = 0,05 X''_d$ đối với các máy phát có $U_{rG} > 1\text{kV}$ và $S_{rG} \geq 100\text{ MVA}$

$R_G = 0,07 X''_d$ đối với các máy phát có $U_{rG} > 1\text{kV}$ và $S_{rG} < 100\text{ MVA}$

$R_G = 0,15 X''_d$ đối với các máy phát có $U_{rG} \leq 1000\text{ V}$

Ngoài hiện tượng suy giảm của thành phần một chiều, các hệ số 0,05, 0,07 và 0,15 còn tính đến cả hiện tượng suy giảm của thành phần xoay chiều trong dòng điện ngắn mạch ở nửa chu kỳ đầu, sau lúc ngắn mạch xảy ra. Ảnh hưởng của sự sai lệch nhiệt độ giữa các vòng dây đến R_G không xét ở đây.

Chú thích: Điện trở hiệu dụng của stato của các động cơ đồng bộ thường nhỏ hơn rất nhiều so với trị số R_G đã cho.

Để xác định các tổng trở của động cơ đồng bộ trong hệ thứ tự nghịch và thứ tự không ta dùng công thức sau:

$$\underline{Z}_{(2)G} = \underline{Z}_{GK} = K_G \underline{Z}_G \quad (37)$$

Đối với các máy đồng bộ cực lồi có X''_d và X''_q khác nhau, $X_{(2)G} = 1/2(X''_d + X''_q)$

$$\underline{Z}_{(0)G} = K_G (R_{(0)G} + j X_{(0)G}) \quad (38)$$

Để tính các dòng ngắn mạch dây-và-dây hoặc dây-và-đất (điểm 12.3), cần phải đưa thêm vào hệ số hiệu chỉnh như đã nói ở công thức (36).

1-5-3-7 Các máy phát và biến áp đơn vị tại các trạm phát điện đơn vị:

Trong trường hợp này cần phải đưa thêm vào hệ số hiệu chỉnh cho tổng trở của các máy phát và các máy biến áp trong trạm phát điện đơn vị :

$$\underline{Z}_{G.PSU} = K_{G.PSU} \underline{Z}_G \quad (39)$$

với hệ số hiệu chỉnh :

$$K_{G.PSU} = \frac{c_{\max}}{1 + X''_d \sin \varphi_{rG}} \quad (40)$$

$$\underline{Z}_{T.PSU} = K_{T.PSU} + \underline{Z}_{TLV} \quad (41)$$

với hệ số hiệu chỉnh : $K_{T.PSU} = c_{\max}$ (42)

trong đó :

$\underline{Z}_{G.PSU}$, $\underline{Z}_{T.PSU}$ \underline{Z}_G \underline{Z}_{TLV} X''_d , φ_{rG}	= các tổng trở đã hiệu chỉnh của máy phát (G) và máy biến áp (T) của các trạm phát điện đơn vị = tổng trở của máy phát $\underline{Z}_G = R_G + j X''_d$ (xem điểm 11.5.3.6) = tổng trở của máy biến áp đơn vị qui về phía hạ áp (xem điểm 8.3.2.2) = (xem điểm 11.5.3.6)
---	--

Điều cần thiết là các tổng trở $\underline{Z}_{G.PSU}$ và $\underline{Z}_{T.PSU}$ đều phải qui về phía cao áp theo hệ số biến đổi giá định t_r (xem điểm 12.2.2)

Khi tính dòng ngắn mạch tại điểm ngắn mạch giữa máy phát và máy biến áp đơn vị ta cần phải đưa thêm nguồn điện áp tương đương $cU_n\sqrt{3}$ vào điểm ngắn mạch. Trong trường hợp này điện áp cho máy phát phải được chọn trước, bởi vì điện áp định mức của hệ thống không có trị số xác định. Những trường hợp như vậy sẽ được xử lý theo điểm 12.2.3.1.

Chú thích:

1- Các công thức (40) và (42) sẽ được áp dụng nếu như $U_Q = U_{nQ}$ và $U_G = U_{rG}$. Đặc biệt cần phải lưu ý xem xét trường hợp sau đây: Đối với trạm phát điện đơn vị có máy biến áp loại chỉnh áp, điện áp vận hành $U_{Q,min}$ thường cao hơn U_{nQ} ($U_{Q,min} > U_{nQ}$) và (hoặc) U_G sai khác so với U_{rG} ($U_G \neq U_{rG}$) * còn đối với trạm phát điện đơn vị có máy biến áp loại không chỉnh áp, điện áp U_G thường xuyên cao hơn U_{rG} ($U_G > U_{rG}$).

2- Giá trị của các hệ số hiệu chỉnh tổng trở thứ tự nghịch và thứ tự không trong trường hợp ngắn mạch không cân bằng hiện đang được xem xét.

11.5.3.8 Các trạm phát điện đơn vị

Đối với các trạm phát điện đơn vị, khi tính toán các dòng ngắn mạch về phía cao áp ta không cần dùng các hệ số hiệu chỉnh ở điểm 11.5.3.7. Trong trường hợp này ta dùng công thức sau đây để hiệu chỉnh tổng trở cho toàn trạm phát điện đơn vị (PSU) :

$$\underline{Z}_{PSU} = K_{PSU} (t_r^2 \underline{Z}_G + \underline{Z}_{THV}) \quad (43)$$

với hệ số hiệu chỉnh :

trong đó:

- Z_{PSU} = tổng trở đã hiệu chỉnh của trạm phát đơn vị bên phía cao áp
 Z_G = tổng trở của máy phát $Z_G = R_G + j X''_d$ (xem điểm 11.5.3.6)
 Z_{THV} = tổng trở của máy biến áp đơn vị bên phía cao áp (xem điểm 8.3.2.2) U_{nQ}
 = điện áp lưới danh định tại điểm nối Q của trạm phát điện đơn vị
 t_r = tỉ số biến đổi định mức ứng với vị trí chính của bộ chỉnh áp
 t_f = tỉ số biến đổi giả định $t_f = U_n / U_{rG} = U_{nQ} / U_{rG}$
 X''_d, φ_{rG} = (xem điểm 11.5.3.6)
 X_T = điện kháng của máy biến áp đơn vị trong công thức U^2_{1T} / S_{1T}
 $X_T = X_T / (U^2_{1T} / S_{1T})$

Chú thích :

1- Công thức (44) được áp dụng nếu như $U_Q = U_{nQ}$ và $U_G = U_{rG}$. Đặc biệt cần phải lưu ý xem xét trường hợp sau đây: Đối với trạm phát điện đơn vị có máy biến áp loại chỉnh áp, điện áp vận hành $U_{Q,min}$ thường cao hơn U_{nQ} ($U_{Q,min} > U_{nQ}$) và (hoặc) U_G sai khác so với U_{rG} ($U_G \neq U_{rG}$) * còn đối với trạm phát điện đơn vị có máy biến áp loại không chỉnh áp, điện áp U_G thường xuyên cao hơn U_{rG} ($U_G > U_{rG}$).

2- Giá trị của các hệ số hiệu chỉnh tổng trở thứ tự nghịch và thứ tự không trong trường hợp ngắn mạch không cân bằng hiện đang được xem xét.

11-6 Qui đổi các tổng trở, dòng điện và điện áp

Các chi tiết cho trong điểm 8.4 vẫn giữ nguyên giá trị. Cần lưu ý những ngoại lệ ở các điểm 12.2.2.1 và 12.2.3.1.

12 - Tính toán dòng ngắn mạch

12-1 Tổng quát

Để tính toán dòng ngắn mạch đối xứng ban đầu I''_k , dòng ngắn mạch ngắt máy đối xứng I_b và dòng ngắn mạch ổn định I_k tại điểm ngắn mạch, ta có thể chuyển đổi hệ thống thành một tổng trở ngắn mạch tương đương Z_k . Phương pháp này không được phép áp dụng để tính dòng ngắn mạch đỉnh i_p . Trong trường hợp này cần phải phân biệt hai loại hệ thống : loại không có và loại có các nhánh rẽ song song (xem điểm 9.1.1.2, 9.1.2.2 và 9.1.3.2.)

12-2 Phương pháp tính ngắn mạch cân bằng

12-2-1 Ngắn mạch được cấp điện từ một máy phát

12-2-1-1 Dòng ngắn mạch đối xứng ban đầu I''_k

Dòng ngắn mạch đối xứng ban đầu trong các ví dụ ở mục 1, hình 13a trang và hình 15, trang được tính toán bằng nguồn điện áp tương đương $cU_n\sqrt{3}$ tại điểm ngắn mạch và tổng trở ngắn mạch $Z_k = R_k + j X_k$:

Để tính dòng ngắn mạch cực đại, ta chọn giá trị của hệ số điện áp c theo bảng I.

Chú thích: Thông thường, có thể giả thiết rằng điện áp định mức U_{rG} của máy phát cao hơn 5% so với điện áp danh định U_n của hệ thống.

- a) Sơ đồ hệ thống
- b) Mạch tương đương (trong hệ thứ tự thuận) với điện áp cận quá độ E'' của máy phát.
- c) Mạch tương đương dùng để tính toán với nguồn điện áp tương đương (xem điều khoản 6 và điểm 11.4) và các tổng trở tính theo điểm 11.5.3, đặc biệt là theo điểm 11.5.3.6.

Hình 15 : Ví dụ về tính toán dòng ngắn mạch đối xứng ban đầu I''_k trong trường hợp ngắn mạch được cấp điện từ một máy phát.

12-2-1-2 Dòng ngắn mạch đỉnh i_p

Việc tính toán dòng ngắn mạch đỉnh i_p đã được trình bày ở điểm 9.1.1.2. Đối với máy phát, ta dùng điện trở đã hiệu chỉnh $K_G R_G$ và điện kháng đã hiệu chỉnh $K_G X''_d$

12.2.1.3 Dòng ngắn mạch ngắt điện đối xứng I_b

Hiện tượng suy giảm trong dòng ngắn mạch ngắt điện đối xứng được ghi nhận bằng hệ số μ

$$I_b = \mu I''_k \quad (46)$$

trong đó μ phụ thuộc vào độ trễ thời gian tối thiểu t_{\min} (xem điểm 3.23) và tỉ số I''_k / I_{rG} .

Các giá trị của μ trong những công thức sau đây được dùng đối với các máy phát trung áp kiểu tua bin, máy phát cực lõi và với các máy bù đồng bộ được kích từ bằng bộ kích thích kiểu quay hoặc bộ kích thích kiểu chỉnh lưu tĩnh (với điều kiện là thời gian chậm trễ tối thiểu của nó nhỏ hơn 0,25s và điện áp kích thích tối đa của nó nhỏ hơn 1,6 lần điện áp kích thích phụ tải định mức. Còn trong tất cả các trường hợp khác, nếu giá trị chính xác của nó chưa biết, ta lấy μ bằng một ($\mu = 1$)

$$(47) \quad \begin{aligned} \mu &= 0,84 + 0,26 e^{-0,261''kG / IrG} && \text{đối với } t_{\min} = 0,02 \text{ s} \\ \mu &= 0,71 + 0,51 e^{-0,301''kG / IrG} && \text{đối với } t_{\min} = 0,05 \text{ s} \\ \mu &= 0,62 + 0,72 e^{-0,321''kG / IrG} && \text{đối với } t_{\min} = 0,10 \text{ s} \\ \mu &= 0,56 + 0,94 e^{-0,381''kG / IrG} && \text{đối với } t_{\min} = 0,25 \text{ s} \end{aligned}$$

Các giá trị I''_{kG} (dòng ngắn mạch riêng tại các đầu cực của máy phát) và I_{rG} đều qui đổi về cùng một điện áp. Trong trường hợp các động cơ không đồng bộ, ta thay I''_{kG} / I_{rG} bằng I''_{kM} / I_{rM} (xem bảng II)

Nếu $I''_{kG} / I_{rG} \leq 2$, dùng $\mu = 1$ cho tất cả các độ trễ thời gian tối thiểu t_{min} .

Hệ số μ cũng có thể tìm được từ hình 16 với trục hoành dùng cho ngắn mạch ba pha. Đối với các độ chậm trễ thời gian tối thiểu khác, cho phép sử dụng phương pháp nội suy tuyến tính giữa các đường cong.

Hình 16: Hệ số μ dùng để tính toán dòng ngắn mạch ngắt điện I_b

Hình 16 cũng có thể dùng cho các máy phát hạ áp kích thích tổ hợp có độ trễ thời gian $t_{min} > 0,1$ s. Việc tính toán các dòng ngắt điện hạ áp sau thời gian chậm trễ $t_{min} > 0,1$ s không đề cập đến trong tài liệu này; các nhà chế tạo máy phát có thể có khả năng cung cấp những thông tin đó.

12-2-1-4 Dòng ngắn mạch ổn định I_k

Bởi vì độ lớn của dòng ngắn mạch ổn định I_k phụ thuộc vào các ảnh hưởng bão hoà và tính đa dạng của hiện tượng ngắt mạch trong hệ thống cho nên việc tính toán đại lượng này không được chính xác như đối với dòng ngắn mạch đối xứng ban đầu I''_k . Các phương pháp tính toán nêu ra ở đây chỉ có thể xem như những ước tính sơ bộ các giới hạn trên của chúng – trong trường hợp ngắn mạch được cấp điện từ một máy phát, và giới hạn dưới – trong trường hợp cấp điện từ một máy đồng bộ.

a) Dòng ngắn mạch ổn định cực đại I_{kmax}

Công thức sau đây có thể dùng để tính dòng ngắn mạch ổn định cực đại khi máy phát đồng bộ ở mức kích thích cao nhất :

$$I_{kmax} = \lambda_{max} I_{rG} \quad (48)$$

Trị số λ_{max} có thể tìm được từ hình 17 hoặc hình 18. Ở đây $x_{d.sat}$ là số nghịch đảo của tỉ số ngắn mạch (chữ "sat" là viết tắt của chữ "saturated", có nghĩa là bão hoà)

Các đường cong λ_{\max} của Nhóm Một được thiết lập ứng với điện áp kích thích lớn nhất có thể, hoặc bằng 1,3 lần mức kích thích định mức ở phụ tải và hệ số công suất định mức, đối với các máy phát kiểu tua bin (xem hình 17a) hoặc bằng 1,6 lần mức kích thích định mức, đối với các máy cực lõi (xem hình 18a)

Các đường cong λ_{\max} của Nhóm Hai được thiết lập ứng với điện áp kích thích lớn nhất có thể, hoặc bằng 1,6 lần mức kích thích định mức ở phụ tải và hệ số công suất định mức, đối với các máy phát kiểu tua bin (xem hình 17b) hoặc bằng 2,0 lần mức kích thích định mức, đối với các máy cực lõi (xem hình 18b)

a) Nhóm Một

b) Nhóm Hai

QUANPHAM.VN

Ngắn mạch ba pha $I''_{kG} / I_{rG} \rightarrow$ Ngắn mạch ba pha $I''_{kG} / I_{rG} \rightarrow$

Hình 17 : Các hệ số λ_{\max} và λ_{\min} dùng cho máy phát kiểu tua bin
(Định nghĩa về nhóm Một và nhóm Hai đã nói trong tài liệu)

b) Dòng ngắn mạch ổn định cực tiểu $I_{k,\min}$

Dòng ngắn mạch ổn định cực tiểu được xác định với giả thiết là máy đồng bộ có kích thích không tải không đổi.

$$I_{k,\min} = \lambda_{\min} I_{rG} \quad (49)$$

Trị số λ_{\min} có thể tìm được từ hình 17 hoặc 18 đối với các máy phát kiểu tua bin hoặc các máy cực lõi.

Chú thích: Đối với các bộ kích thích tĩnh không có dòng cưỡng bức, dòng ngắn mạch ổn định tối thiểu trong trường hợp ngắn mạch thanh cái ba pha là bằng không.

a) Nhóm Một

b) Nhóm Hai

Ngắn mạch ba pha $I''_{kG} / I_{rG} \rightarrow$

Ngắn mạch ba pha $I''_{kG} / I_{rG} \rightarrow$

Hình 18 : Các hệ số λ_{\max} và λ_{\min} dùng cho các máy cực lõi
(Định nghĩa về nhóm Một và nhóm Hai đã nói trong tài liệu)

12-2-2 Ngắn mạch được cấp điện từ một trạm phát đơn vị

12-2-2-1 Dòng ngắn mạch đối xứng ban đầu I''_k

Như các ví dụ ở mục 2, hình 13a, trang và hình 19, dòng điện ngắn mạch đối xứng ban đầu được xác định bằng cách đặt nguồn điện áp tương đương $cU_n\sqrt{3}$ vào tại điểm ngắn mạch và sử dụng các tổng dẫn đã hiệu chỉnh của máy phát và máy biến áp của trạm phát đơn vị (xem điểm 11.5.3.7 hoặc 11.5.3.8) đầu nối tiếp với tổng dẫn đường dây $\underline{Z}_L = R_L + j X_L$ theo cách tính ở điểm 8.3.2.3.

- a) Sơ đồ hệ thống
- b) Sơ đồ mạch tương đương trong hệ thứ tự thuận dùng để tính toán với nguồn điện áp tương đương tại điểm ngắn mạch và các tổng trở đã hiệu chỉnh của máy phát và máy biến áp của trạm phát đơn vị

Hình 19 : Ví dụ về cách tính toán dòng ngắn mạch đối xứng ban đầu I''_k được cấp điện từ một trạm phát đơn vị

Để tính dòng ngắn mạch đối xứng ban đầu ta cần phải dùng đến công thức (45)

Tổng trở ngắn mạch của ví dụ ở hình 19 được tính bằng công thức sau đây, theo hướng dẫn ở điểm 11.5.3.7.

$$\underline{Z}_k = R_k + j X_k = t_f^2 \underline{Z}_{G.PSU} + t_f^2 \underline{Z}_{T.PSU} + \underline{Z}_L \quad (50)$$

$\underline{Z}_{G.PSU}$ được lấy từ công thức (39) và $\underline{Z}_{T.PSU}$ từ công thức (41). Cả hai tổng trở đều được qui về phía cao áp bằng tỉ số biến đổi giả định $t_f = U_n / U_{TG}$

Theo điểm 11.5.3.8, tổng trở ngắn mạch trong ví dụ ở hình 19 được cho bởi công thức:

$$\underline{Z}_k = R_k + j X_k = Z_{PSU} + \underline{Z}_L \quad (51)$$

Z_{PSU} được lấy từ công thức (43).

12.2.2.2. Dòng ngắn mạch đỉnh i_p

Cách tính được chỉ dẫn ở điểm 9.1.1.2. Đối với các trạm phát đơn vị, dùng các điện trở và điện kháng đã hiệu chỉnh theo điểm 11.5.3.7 và 11.5.3.8.

12.2.2.3 Dòng ngắn mạch ngắt điện đối xứng I_b

Việc tính toán dòng ngắn mạch ngắt điện đối xứng được chỉ dẫn ở điểm 12.2.1.3 với μ tính theo công thức (47) hoặc hình 16, trang . Thay trị số đã chuyển đổi $I''_{kPSU} = t_f I''_{kPSU}$ vào I''_{kG} .

12.2.2.4 Dòng ngắn mạch ổn định I_k

Cách tính toán có thể được tiến hành như chỉ dẫn ở điểm 12.2.1.4 nếu như ngắn mạch được cấp điện từ một trạm phát điện đơn vị. Thay trị số đã chuyển đổi $I''_{kPSU_t} = t_r I''_{kPSU}$ vào I''_{kG} .

12.2.3 Ngắn mạch ba pha được cấp điện từ các nguồn không nối đất võng

12-2-3-1 Tổng quát

Bên cạnh các trường hợp ngắn mạch được cấp điện từ các nguồn không nối đất võng ra (xem hình 13b, trang ...), tất cả những trường hợp ngắn mạch được cấp điện trực tiếp thông qua một tổng trở chung Z đều có thể được tính toán theo trình tự cho trong điểm này, nếu điều kiện $Z < 0,05 U_{nB} / (\sqrt{3} I''_{kB})$ được thoả mãn (xem hình 13c, trang ...)

Nói chung, nguồn điện áp tương đương $cU_n\sqrt{3}$ phải được đặt vào điểm ngắn mạch (xem hình 20c). U_n là điện áp định mức của hệ thống tại nơi mà ngắn mạch xảy ra. Các máy phát cấp điện trực tiếp cho điểm ngắn mạch (không qua biến áp) đều phải được xử lý như đã hướng dẫn ở điểm 11.5.3.6 – các trạm phát điện đơn vị, theo điểm 11.5.3.7, hoặc 11.5.3.8 và 12.2.2 – và các động cơ không đồng bộ, theo điểm 11.5.3.5, có lưu ý đến các điều ở hạng mục 13.

- a) Sơ đồ hệ thống
- b) Sơ đồ mạch tương đương trong hệ thứ tự thuận với điện áp cận quá độ E''
- c) Sơ đồ mạch tương đương trong hệ thứ tự thuận dùng để tính toán với nguồn điện áp tương đương $cU_n\sqrt{3}$ tại điểm ngắn mạch

Hình 20 : Ví dụ về cách tính toán dòng ngắn mạch đối xứng ban đầu I''_k được cấp điện từ các nguồn không nối đất võng

Hình 21: Các dòng ngắn mạch và các dòng ngắn mạch riêng trong trường hợp ngắn mạch ba pha giữa máy phát và máy biến áp của một trạm phát đơn vị và trong trường hợp ngắn mạch tại thanh cái tụ dòng A (xem thêm điểm 12.2.4.1)

Để tính toán các dòng ngắn mạch riêng I''_{kG} và I''_{kT} tại điểm ngắn mạch F1 trong hình 21, các dòng ngắn mạch đối xứng ban đầu được cho bởi công thức:

$$I''_{kG} = \frac{c U_{rG}}{\sqrt{3} |Z_{G,PSU}|} = \frac{c U_{rG}}{\sqrt{3} K_{G,PSU} |Z|} \quad (52)$$

Trong đó :

- $Z_{G,PSU}$ = trị số tính theo điểm 11.5.3.7, công thức (39)
- $Z_{T,PSU}$ = trị số tính theo điểm 11.5.3.7, công thức (41)
- $t_f = U_{nQ} / U_{rG}$ = tỉ số biến đổi giả định, điểm 11.6
- Z_{Qmin} = giá trị cực tiểu của tổng trở tuyến dây lưới điện, tương ứng với $S''_{kQ,max}$

Đối với thông số $S''_{kQ,max}$, cần sử dụng giá trị dự kiến tối đa trong suốt thời gian tuổi thọ của trạm phát.

Khi tính dòng ngắn mạch I''_k tại điểm ngắn mạch F2 – ví dụ tại điểm đấu nối vào phía cao áp của máy biến áp tụ dòng AT trong hình 21 – chỉ cần dùng công thức sau:

Dòng ngắn mạch I''_{kAT} tại điểm ngắn mạch F3 cần được xử lí theo điểm 12.2.4.1.

12.2.3.2 Dòng ngắn mạch đối xứng ban đầu I''_k

Dòng ngắn mạch đối xứng ban đầu tại điểm ngắn mạch F có thể được tính từ tổng của các dòng ngắn mạch riêng như mô tả trên hình 22. Các động cơ cũng được xét đến bằng cách áp dụng điều khoản 13.

$$I''_k = I''_{kPSU} + I''_{kT} + I''_{kM} + \dots \quad (55)$$

Một kết quả khác đơn giản hơn, lại còn có tính chất dự phòng an toàn, đó là cộng đại số tất cả các thành phần trên lại thay cho cách cộng vec tơ.

Hình 22 : Giải trình cách tính toán I''_k , i_p , I_b và I_k trong trường hợp ngắn mạch ba pha được cấp điện từ các nguồn không nối đất võng theo công thức (55) và (58)

12-2-3-3 Dòng ngắn mạch đỉnh i_p , dòng ngắn mạch ngắt điện đối xứng I_b và dòng ngắn mạch ổn định I_k

Nếu như ngắn mạch ba pha được cấp điện từ một vài nguồn không nối đất võng như hình 22, các thành phần của dòng ngắn mạch đỉnh i_p và dòng ngắn mạch ngắt điện đối xứng I_b tại điểm ngắn mạch F sẽ được bổ sung thêm:

$$i_p = i_{pPSU} + i_{pT} + i_{pM} + \dots \quad (56)$$

$$I_b = I_{bPSU} + I''_{kT} + I_{bM} + \dots \quad (57)$$

$$I_k = I_{bPSU} + I''_{kT} + \dots \quad (58)$$

Các công thức (57) và (58) cho ta những kết quả có tính dự phòng an toàn . Các dòng ngắn mạch riêng được tính toán như sau:

- Các tuyến dây lưới điện được tính theo điểm 8.3.2.1.
- Các máy phát không có biến áp giữa máy phát và điểm ngắn mạch, được tính theo điểm 12.2.1
- Các trạm phát đơn vị, theo điểm 12.2.2, lưu ý thêm điểm 11.5.3.7 và 11.5.3.8
- Các động cơ, theo điểm 11.1.3.5 và điều khoản 13.

Phần hướng dẫn này không áp dụng cho việc tính toán dòng ngắn mạch ổn định I_k . Giả thiết rằng các máy phát tách khỏi chế độ vận hành bình thường và sản ra dòng ngắn mạch ổn định $I_{kG} \approx I_{bG}$ hoặc $I_{kPSU} \approx I_{bPSU}$. Đối với các tuyến dây trên lưới vẫn dùng $I_k = I_b = I''_k$. Không có thành phần đóng góp của động cơ trong dòng ngắn mạch ổn định ba pha (xem bảng II).

12-2-4 Ngắn mạch ba pha trong các lưới mắt võng

12-2-4-1 Dòng ngắn mạch đối xứng ban đầu I''_k

Dòng ngắn mạch đối xứng ban đầu được tính toán với nguồn điện áp tương đương $cU_n\sqrt{3}$ tại điểm ngắn mạch. Công thức (45) vẫn được sử dụng. Các tổng trở của thiết bị điện được tính toán theo điểm 11.5.3 (xem thêm điểm 12.2.2). Để tính dòng ngắn mạch riêng I''_{kAT} trên hình 21, trang (điểm ngắn mạch F3), cho phép sử dụng trị số Z_{rs1} từ công thức (54) và chuyển đổi tổng trở này bằng t^2_{rAT} .

Các tổng trở trong những hệ thống khác nối với hệ thống có ngắn mạch thông qua các máy biến áp, cần phải được chuyển đổi bằng cách nhân với bình phương tỉ số biến đổi định mức của các máy biến áp đó. Nếu như có một số biến áp nào đó có tỉ số biến đổi định mức khác nhau ít nhiều giữa hai hệ thống $t_{r1}, t_{r2}, \dots, t_{rm}$, ta lấy giá trị trung bình số học của chúng.

Hình 13d, trang và hình 23 trình bày những ví dụ về các lưới nối mắt võng có nhiều nguồn.

12-2-4-2 Dòng ngắn mạch đỉnh i_p

Có thể tính toán theo cách đã nêu ở điểm 9.1.3.2.

QUANPHAM.VN

- a) Sơ đồ hệ thống
- b) Sơ đồ mạch tương đương dùng để tính toán với nguồn điện áp tương đương $cU_n\sqrt{3}$ tại điểm ngắn mạch.
- * Tổng trở của một động cơ hoặc của một động cơ tương đương (với một nhóm động cơ)

Hình 23 : Ví dụ về cách tính toán dòng ngắn mạch đối xứng ban đầu I''_k trong một lưới mắt võng có nhiều nguồn.

12-2-4-3 Dòng ngắn mạch ngắt điện đối xứng I_b

Công thức sau đây có thể dùng cho dòng ngắn mạch ngắt điện trong các lưới mắt võng:

$$I_b = I''_k \quad (59)$$

Dòng điện tính theo công thức (59) có giá trị lớn hơn dòng ngắn mạch ngắt điện đối xứng thực tế.

Chú thích: Có thể tính theo một cách khác chính xác hơn bằng công thức sau đây:

$$\Delta U''_{Gi} = j X''_{di} I''_{kGi} \quad (61)$$

$$\Delta U''_{Mj} = j X_{Mj} I''_{kMj} \quad (62)$$

trong đó :

$\frac{cU_n}{\sqrt{3}}$	=	nguồn điện áp tương đương tại điểm ngắn mạch
I''_k, I_b	=	Dòng ngắn mạch đối xứng ban đầu, dòng ngắn mạch ngắn điện đối xứng chịu ảnh hưởng của tất cả các tuyến dây của lưới điện
$\underline{\Delta U}''_{Gi}, \underline{\Delta U}''_{Mj}$	=	Độ lệch điện áp ban đầu tại điểm đấu nối i của máy đồng bộ và điểm đấu nối j của máy không đồng bộ
I''_{kGi}, I''_{kMj}	=	Những phần của dòng ngắn mạch đối xứng ban đầu của máy đồng bộ i và động cơ không đồng bộ j.
μ	=	(xem điểm 12.2.1.3) với I''_{kGi} / I_{rGi} (và hình 16, trang) với I''_{kMj} / I_{rMj}
q	=	(xem điểm 13.2.1 và hình 25, trang)

Các giá trị của công thức (61) và (62) đều được qui về cùng một điện áp.

12-2-4-4 Dòng ngắn mạch ổn định I_k

Dòng ngắn mạch ổn định I_k có thể được tính bằng :

$$I_k = I''_{kM} \quad (63)$$

Trong đó I''_{kM} là dòng ngắn mạch đối xứng ban đầu

12-3 Phương pháp tính toán ngắn mạch dây-và-dây và dây-và-đất

Các hướng dẫn chi tiết cho trong điểm 9.2 vẫn giữ nguyên giá trị.

12-4 Các dòng ngắn mạch tối thiểu

12-4-1 Tổng quát

Các chi tiết cho trong điểm 9.3 vẫn giữ nguyên giá trị. Ngoài ra còn xem thêm các điểm từ 12.4.2 đến 12.4.4. Cần thiết phải cân nhắc kỹ về những hệ số hiệu chỉnh tổng trở trong các công thức (36), (40), (42) và (44), đặc biệt là trong trường hợp vận hành kích thích non tải.

12-4-2 Dòng ngắn mạch đối xứng ban đầu I''_k

12-4-2-1 Ngắn mạch được cấp điện từ một máy phát

Nếu ngắn mạch được cấp điện từ một máy phát như trình bày ở hình 15, trang , sẽ áp dụng điểm 12.2.1 và đưa thêm vào hệ số điện áp c_{min} trong bảng I, tức là bảng dùng để tính toán dòng ngắn mạch cực tiểu.

Trình tự tính toán này cũng được áp dụng đối với những trường hợp ngắn mạch được cấp điện bởi một vài máy phát tương tự nhau, đấu song song và cấp vào cùng một điểm.

12-4-2-2 Ngắn mạch trong các lưới mắt võng

Để tính toán, ta áp dụng điểm 12.2.4 và một hệ số điện áp c_{min} cho trong bảng I.

12-4-3 Dòng ngắn mạch ổn định $I_{k,min}$ được cấp điện từ các máy phát có kích thích hỗn hợp

Việc tính toán dòng ngắn mạch ổn định tối thiểu trong trường hợp ngắn mạch gần máy phát và điểm ngắn mạch được cấp điện từ một hay nhiều máy phát tương tự ghép song song – được thực hiện bởi công thức sau đây:

Điện kháng hiệu dụng của các máy phát được tính theo công thức:

$$X_{dp} = \frac{U_{rG}}{\sqrt{3} I_{kp}} \quad (65)$$

I_{kp} là dòng ngắn mạch ổn định của máy phát trong trường hợp ngắn mạch ba pha tại đầu cực.

Trị số I_{kp} này có thể nhận được từ nhà chế tạo.

12-4-4 Dòng ngắn mạch ban đầu trong trường hợp ngắn mạch ba pha không cân bằng

Dòng ngắn mạch ban đầu trong trường hợp ngắn mạch ba pha không cân bằng được tính theo các điểm 9.2 và 12.3. Dùng hệ số điện áp theo bảng I.

13 - Ảnh hưởng của các động cơ

13-1 Các động cơ đồng bộ và các máy bù không đồng bộ

Khi tính toán dòng ngắn mạch đối xứng ban đầu I''_k , dòng ngắn mạch đỉnh i_p , dòng ngắn mạch ngắt điện đối xứng I_b và dòng ngắn mạch ổn định I_k , các động cơ đồng bộ và các máy bù đồng bộ được xử lý theo phương pháp giống như các máy phát đồng bộ.

Các ngoại lệ là: không cần chỉnh lý lại điện áp trong, các động cơ có thể có cấp điện áp không đổi và không cần các bộ điều chỉnh. Các động cơ và máy bù có mạch kích thích tĩnh lấy điện từ đầu cực không làm tăng thêm dòng I_k .

13-2 Các động cơ không đồng bộ

13-2-1 Tổng quát

Các động cơ cao áp và hạ áp góp phần làm tăng thêm dòng ngắn mạch đối xứng ban đầu I''_k , dòng ngắn mạch đỉnh i_p , dòng ngắn mạch ngắt điện đối xứng I_b – và trong trường hợp ngắn mạch không cân bằng – còn làm tăng thêm dòng ngắn mạch ổn định I_k .

Các động cơ cao áp bắt buộc phải xét đến trong tính toán ngắn mạch. Các động cơ hạ áp cũng phải được xem xét để tính, như trong số các thiết bị phụ của các trạm phát và trong các thiết bị công nghiệp hoặc các thiết bị tương tự, ví dụ như trong các mạng điện của công nghiệp hoá chất và luyện thép và trong các trạm bơm.

Những động cơ trong các mạng điện hạ áp công cộng thì có thể bỏ qua.

Trong khi tính dòng ngắn mạch, những động cơ hạ áp và cao áp mà theo sơ đồ mạch (liên động) hoặc theo qui trình vận hành (điều khiển đảo chiều) không hoạt động cùng thời điểm với lúc xảy ra ngắn mạch, cũng có thể bỏ qua.

Các động cơ cao áp và hạ áp nối với lưới điện bị ngắn mạch thông qua các biến áp hai cuộn dây, cũng có thể bỏ qua khi tính các dòng ngắn mạch tại điểm đấu nối tuyến dây Q (xem hình 24). Nếu như :

trong đó :

ΣP_{rM} = tổng công suất tác dụng định mức của các động cơ cao áp và hạ áp cần xét.

ΣS_{rT} = tổng công suất biểu kiến định mức của tất cả các máy biến áp dùng để cấp điện trực tiếp cho các động cơ

S''_{kQ} = công suất ngắn mạch đối xứng ban đầu tại điểm đấu nối tuyến dây Q, không tính ảnh hưởng của động cơ

Các ước định ở công thức (66) không được phép áp dụng trong trường hợp máy biến áp ba cuộn dây.

Hình 24 : Ví dụ về cách ước định tỉ lệ đóng góp của các động cơ không đồng bộ vào dòng ngắn mạch tổng

QUANPHAM.VN

Hình 25 : Hệ số q dùng để tính toán dòng ngắn mạch ngắt điện đối xứng của các động cơ không đồng bộ

Hệ số q dùng để tính toán dòng ngắn mạch ngắt điện đối xứng của các động cơ không đồng bộ có thể biểu thị dưới dạng một hàm số của thời gian chậm trễ t_{\min} .

$$\left. \begin{array}{l} q = 1,03 + 0,12 \ln m \text{ đối với } t_{\min} = 0,02 \text{ s} \\ q = 0,79 + 0,12 \ln m \text{ đối với } t_{\min} = 0,05 \text{ s} \\ q = 0,57 + 0,12 \ln m \text{ đối với } t_{\min} = 0,10 \text{ s} \\ q = 0,26 + 0,12 \ln m \text{ đối với } t_{\min} = 0,25 \text{ s} \end{array} \right\} \begin{array}{l} \text{với } m = \text{ công suất tác dụng} \\ \text{định mức của các động cơ} \\ \text{(MW) ở mỗi đôi cực} \end{array} \quad (67)$$

Nếu như công thức (67) cho ta giá trị của q lớn hơn 1, giả dụ : $q = 1$. Hệ số q lúc đó có thể tìm được cách khác từ hình 25.

Các động cơ hạ áp thường được nối với thanh cái bằng cáp có chiều dài và tiết diện khác nhau. Để đơn giản việc tính toán, các nhóm động cơ, kể cả các cáp nối của nó có thể gom lại thành một động cơ tương đương, xem động cơ M4 trên hình 24.

Để tính các động cơ không đồng bộ tương đương, kể cả cấp nối của nó, ta có thể dùng các qui định sau :

$$\begin{aligned} Z_M &= (\text{tính theo công thức 34}) \\ I_{rM} &= \text{tổng dòng điện định mức của tất cả các động cơ trong một} \\ &\quad \text{nhóm động cơ (động cơ tương đương)} \\ I_{LR} / I_{rM} &= 5 \\ R_M / X_M &= 0,42, \text{ suy ra } \chi = 1,3 \\ m &= 0,05 \text{ MW, nếu không có số liệu xác định} \end{aligned}$$

Đối với trường hợp ngắn mạch tại thanh cái B trên hình 24, trang , dòng ngắn mạch riêng của nhóm động cơ hạ áp M4 có thể bỏ qua nếu bảo đảm điều kiện sau:

$$I_{rM4} < 0,01 I''_{kM4} \quad (68)$$

I_{rM} là dòng định mức của động cơ tương đương M4. Trị số I''_{kM4} là dòng ngắn mạch đối xứng ban đầu tại điểm ngắn mạch B không có tỉ lệ đóng góp của động cơ tương đương M4.

Trong trường hợp ngắn mạch về phía cao áp (tức điểm ngắn mạch Q hoặc A trên hình 24) có thể giản lược việc tính toán Z_M theo công thức (34) bằng cách dùng dòng định mức của máy biến áp T3 ($I_{T3.LV}$) để thay cho dòng định mức I_{rT4} của động cơ tương đương M4.

13-2-2 Ngắn mạch đầu cực của các động cơ không đồng bộ

Trong trường hợp ngắn mạch dây-và-dây cân bằng tại các đầu cực của động cơ không đồng bộ, các dòng điện I''_k , i_p , I_b và I_k được xác định như trên bảng II. Đối với các hệ thống nối đất trực tiếp, ảnh hưởng của các động cơ đến dòng điện ngắn mạch dây và đất có thể bỏ qua.

13-2-3 Ngắn mạch phía bên kia một tổng trở

Để tính dòng ngắn mạch ban đầu theo điểm 12.2.3 và 12.2.4, các động cơ không đồng bộ được thay thế bằng tổng trở Z_M của chúng theo công thức (34) tính theo hệ thứ tự thuận và thứ tự nghịch.

BẢNG II

Tính toán dòng ngắn mạch của các động cơ không đồng bộ
trong trường hợp ngắn mạch tại đầu cực

Ngắn mạch	Ngắn mạch cân bằng	Ngắn mạch dây-và-dây
Dòng ngắn mạch đối xứng ban đầu		
Dòng ngắn mạch đỉnh	Các động cơ cao áp: $\chi_M = 1,65$ (tương đương với $R_M / X_M = 0,15$) đối với các công suất động cơ theo từng đôi cực < 1MW $\chi_M = 1,75$ (tương đương với $R_M / X_M = 0,10$) đối với các công suất động cơ theo từng đôi cực ≥ 1 MW Các nhóm động cơ hạ áp có cấp nối $\chi_M = 1,3$ (tương đương với $R_M / X_M = 0,42$)	
Dòng ngắn mạch ngắt điện đối xứng	μ tính theo công thức (47) hoặc hình 16, trang với I''_{kM} / I_{TM} q tính theo công thức (67) hoặc hình 25, trang	
Dòng ngắn mạch ổn định	$I_{k3M} = 0$ (72)	$I_{k2M} = 1/2 I''_{k3M}$ (76)

13-3 Điều khiển cấp điện cho chỉnh lưu tĩnh

Các mạch điều khiển cấp điện cho chỉnh lưu tĩnh (ví dụ như điều khiển các máy nghiền bi) chỉ được khảo sát trong trạng thái ngắn mạch ba pha nếu như các thiết bị tĩnh và khối lượng quay của các động cơ cung cấp năng lượng ngược chiều để giảm tốc (tác động biến đổi chuyển tiếp) tại đúng thời điểm ngắn mạch.

Trong trường hợp này chúng chỉ góp phần thêm vào dòng ngắn mạch đối xứng ban đầu I''_k và dòng ngắn mạch đỉnh i_p . Chúng không làm gia tăng dòng ngắn mạch ngắt điện đối xứng I_b

Hãy áp dụng điểm 11.5.3.5 khi tính động cơ tương đương của mạch điều khiển chỉnh lưu tĩnh.

14 - Khảo sát các phụ tải không quay và tụ điện

Các phương pháp tính được cho trong các điểm 12.2 và 12.3. Như đã nói ở điều khoản 6, các công thức này cho phép ta bỏ qua các điện dung đường dây và tổng dẫn song song của các phụ tải không quay.

4-1 Các tụ điện nối song song

Không kể đến thời gian xảy ra ngắn mạch, dòng điện phóng của các tụ điện có thể được bỏ qua khi tính các dòng ngắn mạch đỉnh.

4-2 Các tụ điện đấu nối tiếp

Ảnh hưởng của các tụ điện đấu nối tiếp có thể bỏ qua khi tính toán dòng ngắn mạch, nếu chúng được trang bị các bộ giới hạn điện áp đấu song song nhằm tác động khi có ngắn mạch xảy ra.

PHỤ LỤC A

TÍNH TOÁN DÒNG NGẮN MẠCH

A1 - Ví dụ 1: Tính toán dòng ngắn mạch trong hệ thống hạ áp**A1.1 Đề ra :**

Một hệ thống hạ áp có $U_n = 380$ V và $f = 50$ Hz được trình bày trên hình A1. Xác định các dòng ngắn mạch I''_k và i_p tại các điểm ngắn mạch từ F1 đến F3 theo hướng dẫn ở phần Một (Hệ thống có dòng ngắn mạch không chứa các suy giảm của thành phần xoay chiều). Các thông số của thiết bị trong hệ thứ tự thuận, thứ tự nghịch và thứ tự không được cho trong bảng A1.

QUANPHAM.VN

Hình A1: Hệ thống hạ áp với các điểm ngắn mạch F1, F2 và F3
Ví dụ 1

A1.2 Xác định các tổng trở thứ tự thuận:**A1.2.1 Tuyến dây lưới điện:**

Theo công thức (5b) với $c_Q = 1,1$ (xem bảng I), ta có:

$$Z_{Qt} = \frac{c_Q U_{nQ}^2}{S''_{kQ}} \cdot \frac{1}{t_r^2} = \frac{1,1 \cdot (15kV)^2}{250 \text{ MVA}} \cdot \frac{1}{(15kV/0,4kV)^2} = 0,704 \text{ m}\Omega$$

$$\left. \begin{array}{l} X_{Qt} = 0,095 Z_{Qt} = 0,700 \text{ m}\Omega \\ R_{Qt} = 0,1 X_{Qt} = 0,070 \text{ m}\Omega \end{array} \right\} Z_{Qt} = (0,070 + j 0,700) \text{ m}\Omega$$

A1.2.2 Các máy biến áp

Theo công thức (6), (7) và (8) ta có :
 Máy biến áp T1 :

$$Z_{T1} = \frac{u_{krT1}}{100\%} \cdot \frac{U_{rT1}^2}{S_{rT1}} = \frac{4\%}{100\%} \cdot \frac{(400V)^2}{630 \text{ kVA}} = 10,16 \text{ m}\Omega$$

$$R_{T1} = \frac{P_{krT1}}{3 I_{rT1}^2} = \frac{P_{krT1} U_{rT1}^2}{S_{rT1}^2} = \frac{6,5 \text{ kW} \cdot (400V)^2}{(630 \text{ kVA})^2} = 2,62 \text{ m}\Omega$$

$$X_{T1} = \sqrt{Z_{T1}^2 - R_{T1}^2} = 9,82 \text{ m}\Omega$$

$$\underline{Z}_{T1} = (2,62 + j 9,82) \text{ m}\Omega$$

Máy biến áp T2 :

Cũng tính như đối với máy biến áp T1, ta có:

$$S_{rT2} = 400 \text{ kVA}, U_{rT2} = 400 \text{ V}, U_{krT2} = 4\% \text{ và } P_{krT2} = 4,6 \text{ kW}$$

$$\underline{Z}_{T2} = (4,60 + j 15,32) \text{ m}\Omega$$

A1.2.3 Các đường dây (các đường cáp và các đường dây nổi)

Các tổng trở đường dây: $\underline{Z}_L = \underline{Z}_{L.1}$

Đường L1 (hai cấp song song):

$$\underline{Z}_{L1} = \frac{1}{2} (0,077 + j 0,079) \frac{\Omega}{\text{km}} \cdot 10\text{m} = (0,385 + j 0,359) \text{ m}\Omega$$

Đường L2 (hai cấp song song):

$$\underline{Z}_{L2} = \frac{1}{2} (0,208 + j 0,068) \frac{\Omega}{\text{km}} \cdot 4\text{m} = (0,416 + j 0,136) \text{ m}\Omega$$

Đường L3 (cáp):

$$\underline{Z}_{L3} = \frac{1}{2} (0,271 + j 0,087) \frac{\Omega}{\text{km}} \cdot 20\text{m} = (5,420 + j 1,740) \text{ m}\Omega$$

Đường 4 (đường dây nổi):

BẢNG A1
Thông số thiết bị của ví dụ 1 và các tổng trở ngắn mạch thứ tự thuận, thứ tự nghịch và thứ tự không

Thiết bị	Thông số thiết bị	Dữ liệu và các công thức dùng để tính toán $\underline{Z}_{(1)}$ và $Z_{(0)}$	$\underline{Z}_{(1)} = \underline{Z}_{(2)}$ (mΩ)	$Z_{(0)}$ (mΩ)
Tuyến dây lưới điện Q	$U_{nQ} = 15 \text{ kV}$; $c_Q = 1.1$; $S''_{kQ} = 250 \text{ MVA}$ $R_Q = 0.1 \cdot X_Q$ với $X_Q = 0.995 Z_Q$	(5b)	$Z_{Q1} = 0.070 + j 0.700$	
Máy biến áp T1	$S_{rT} = 630 \text{ kVA}$; $U_{rTHV} = 15 \text{ kV}$ $U_{rTLV} = 0.4 \text{ kV}$ $u_{kr} = 4\%$; $P_{krT} = 6.5 \text{ kW}$; $D_y 5$	(6) đến (8)	$\underline{Z}_{T1} = 2.62 + j 9.82$	$\underline{Z}_{(0)T1} = 2.62 + j 9.33$
T2	$S_{rT} = 400 \text{ kVA}$; $U_{rTHV} = 15 \text{ kV}$ $U_{rTLV} = 0.4 \text{ kV}$ $u_{kr} = 4\%$; $P_{krT} = 4.6 \text{ kW}$; $D_y 5$	(6) đến (8)	$\underline{Z}_{T2} = 4.60 + j 15.32$	$\underline{Z}_{(0)T2} = 4.60 + j 14.55$
Các đường dây L1	Hai đường cáp bốn lõi song song $l = 10 \text{ m}$; $4 \times 240 \text{ mm}^2 \text{ Cu}$ $Z_L = (0.077 + j0.079) \text{ OM/kM}$	Dữ liệu và các tỉ số $R_{(0)L}/R_L$; $X_{(0)L}/X_L$ được cho bởi nhà chế tạo		
L2	Hai cáp 3 sợi song song $l = 20 \text{ m}$; $3 \times 150 \text{ mm}^2 \text{ Al}$ $Z_L = (0.208 + j0.068) \text{ OM/kM}$			
L3	Cáp 4 ruột $l = 20 \text{ m}$; $4 \times 70 \text{ mm}^2 \text{ Cu}$ $Z_L = (0.271 + j0.087) \text{ OM/kM}$			
L4	Dây trên không $l = 50 \text{ m}$; $q_n = 50 \text{ mm}^2 \text{ Cu}$; $d = 0.4 \text{ m}$ $Z_L = (0.3704 + j 0.297) \text{ OM/kM}$			

A1.3 Xác định các tổng trở thứ tự không

A1.3.1 Các máy biến áp

Đối với các máy biến áp T1 và T2 có tổ đấu dây Dy5, nhà chế tạo cho ta các quan hệ sau đây:

$$R_{(0)T} = R_T ; \quad X_{(0)T} = 0,95 X_T$$

Biến áp T1:

$$\underline{Z}_{(0)T1} = R_{(0)T1} + j X_{(0)T1} = (2,62 + j 9,32) \text{ m}\Omega$$

Biến áp T2:

$$\underline{Z}_{(0)T2} = R_{(0)T2} + j X_{(0)T2} = (4,60 + j 14,55) \text{ m}\Omega$$

A1.3.2 Các tuyến dây (các đường cáp và đường dây nổi)

Các tổng trở thứ tự không được tính toán theo quan hệ $R_{(0)L} / R_L$ và $X_{(0)L} / X_L$ cho bởi nhà chế tạo.

- Tuyến L1: $R_{(0)L} = 3,7 R_L$; $X_{(0)L} = 1,81 X_L$ với mạch về là dây dẫn thứ tư và dây dẫn lân cận.

$$\underline{Z}_{(0)L1} = (3,7 R_{L1} + j 1,81 X_{L1}) = (1,425 + j 0,715) \text{ m}\Omega$$

- Tuyến L2: $R_{(0)L} = 4,23 R_L$; $X_{(0)L} = 1,21 X_L$ với mạch về là vỏ cáp:

$$\underline{Z}_{(0)L2} = (4,23 R_{L2} + j 1,21 X_{L2}) = (1,76 + j 0,165) \text{ m}\Omega$$

- Tuyến L3: $R_{(0)L} = 3R_L$; $X_{(0)L} = 4,46 X_L$ với mạch về là dây dẫn thứ tư và đất.

$$\underline{Z}_{(0)L3} = (3 R_{L3} + j 4,46 X_{L3}) = (16,26 + j 7,76) \text{ m}\Omega$$

- Tuyến L4: Đường dây nổi với $R_{(0)L} = 2 R_L$; $X_{(0)L} = 3 X_L$ khi tính các dòng ngắn mạch cực đại:

$$\underline{Z}_{(0)L4} = (2 R_{L3} + j 3 X_{L3}) = (37,04 + j 44,55) \text{ m}\Omega$$

A1.4 Tính toán các dòng ngắn mạch I''_k và i_p trong trường hợp ngắn mạch cân bằng tại các điểm F1, F2, và F3.

A1.4.1 Tại điểm ngắn mạch F1

Tổng trở ngắn mạch tại điểm ngắn mạch F1 theo hình A2 là:

- 64 -

Hình A2 : Hệ thống thứ tự thuận (theo hình A1, trang) dùng để tính toán I''_k và i_p tại điểm ngắn mạch F1

Dòng ngắn mạch đối xứng cực đại ban đầu theo công thức (20) với $c = 1,05$ (xem bảng I) là:

$$I''_k = \frac{cU_n}{\sqrt{3Z_k}} = \frac{1,05 \cdot 380V}{\sqrt{3 \cdot 7,021 \text{ m}\Omega}} = 32,81 \text{ kA}$$

Dòng ngắn mạch đỉnh i_p tính theo điểm 9.1.3.2. Bởi vì việc tính toán \underline{Z}_k được thực hiện với các giá trị phức cho nên chỉ cần chọn phương pháp cổ điển B hoặc phương pháp C ở điểm 9.1.3.2 có độ chính xác cao hơn ít nhiều là đủ.

Phương pháp B (tỉ số tổng trở tại điểm ngắn mạch , công thức 21):

Từ tổng trở ngắn mạch $\underline{Z}_k = R_k + j X_k$ có thể tìm được tỉ số $R_k / X_k = 1,857 \text{ m}\Omega / 6,771 \text{ m}\Omega = 0,274$ và với công thức tìm χ ở điểm 9.1.1.2.ta có:

Phương pháp C (tần số tương đương f_c , công thức (16) với R/X theo công thức (22a))

Tổng trở $\underline{Z}_c = R_c + j X_c$ được tính theo các chỉ dẫn ở phương pháp C của điểm 9.1.3.2 với nguồn điện áp tương đương có tần số $f_c = 20 \text{ Hz}$ ($f_n = 50 \text{ Hz}$). Trình tự tính toán cũng tương tự như tính \underline{Z}_k nhưng lấy theo các giá trị sau:

QUANPHAM.VN

Để giữ đúng tinh thần kết quả này , cần phải xét đến tỉ số R/X của các nhánh song song \underline{Z}_{T1} và $\underline{Z}_{T2} + \underline{Z}_{L1} + \underline{Z}_{L2}$. Chúng có thể được tính như sau:

Hơn nữa, ở đây hai phần ba dòng ngắn mạch là do máy biến áp T1 chịu.

Dòng ngắt máy I_b và dòng ngắn mạch ổn định I_k tại tất cả ba điểm ngắn mạch đều không cần phải tính, bởi vì chúng đều bằng dòng ngắn mạch đối xứng ban đầu I''_k (xem công thức 15).

A1.4.2 Tại điểm ngắn mạch F2

Dòng ngắn mạch đỉnh có thể được tính theo điểm 9.1.3.2.

$$Z_c = (1,951 + j 2,742) \text{ m}\Omega$$

Kết quả này cho ta tỉ số R/X bằng:

$$R/X = 0,2847$$

Dùng công thức tính χ ở điểm 9.1.1.2 :

$$\chi_c = 1,44$$

Cuối cùng được :

$$i_{p,c} = \chi_c \sqrt{2} I''_k = 1,44 \sqrt{2} \cdot 32,33 \text{ kA} = 65,84 \text{ kA}$$

Tỉ số cuối cùng R/X chủ yếu được xác định từ các nhánh $\underline{Z}_{T1} + \underline{Z}_{L1}$ và $\underline{Z}_{T2} + \underline{Z}_{L2}$ với $(R_{T1} + R_{L1})(X_{T1} + X_{L1}) = 0,29$ và $(R_{T2} + R_{L2})(X_{T2} + X_{L2}) = 0,32$.

Hơn nữa, hai quan hệ này đều tương tự với $R_k / X_k = 1,953 \Omega / 6,852 \Omega = 0,29 \rightarrow \chi_b = 1,43$.

A1.4.3 Tại điểm ngắn mạch F3

với :

Sau khi tính theo công thức (21) của phương pháp B (điểm 9.1.3.2), ta được:

do đó :

$$\chi_c = 1,05 \approx \chi_b$$

A1.5. Tính các dòng ngắn mạch I''_{kl} và i_{pl} trong trường hợp ngắn mạch dây-và-đất tại các điểm ngắn mạch F1, F2 và F3.

A1.5.1 Tại điểm ngắn mạch F1

Các tổng trở ngắn mạch :

QUANPHAM.VN

Hình A3 : Các hệ thống thứ tự thuận, thứ tự nghịch và thứ tự không – có quan hệ đấu nối với nhau tại điểm ngắn mạch F1, dùng để tính toán I''_{kl} trong trường hợp ngắn mạch dây-và-đất.

Dòng ngắn mạch ban đầu trong trường hợp ngắn mạch dây-và-đất được tính theo công thức (29) (xem điểm 9.2.3.1)

Dòng ngắn mạch đỉnh i_{pl} trong công thức (31) của điểm 9.2.3.2, được tính với giá trị χ_c giống như trong trường hợp ngắn mạch ba pha cân bằng (xem điểm 9.1.3.2 về χ_c)

$$i_{pl} = \chi_c \sqrt{2} I''_{k1} = 1,453 \cdot \sqrt{2} \cdot 34,10 \text{ kA} = 70,07 \text{ kA}$$

- 68 -

A1.5.2 Tại điểm ngắn mạch F2

A1.5.2 Tại điểm ngắn mạch F3

A1.6 Tổng hợp các kết quả

BẢNG A II

Tổng hợp các kết quả của ví dụ I ($U_n = 380 \text{ V}$)

Điểm ngắn mạch	$Z_{(1)}=Z_k$	$Z_{(0)}$	I''_{k*}	$i_{p.c}$	I''_{k1}	$i_{pl.c}$	I''_{k1}/I''_k
	(mΩ)	(mΩ)	(kA)	(kA)	(kA)	(kA)	—
F1	7,021	6,24	32,81	67,42	34,10	70,07	1,04
F2	7,125	6,46	32,23	65,84	33,41	68,04	1,03
F3	34,93	80,67	6,60	9,89	4,59	6,82	0,70

* Trong tất cả mọi trường hợp, $I''_k = I_b = I_k$ (ngắn mạch xa máy phát)

A2 - Ví dụ 2 : Tính toán các trường hợp ngắn mạch cân bằng trong hệ thống trung áp, có ảnh hưởng của động cơ

A2-1 Đề ra :

Một hệ thống trung áp 33 kV/ 6 kV (50 Hz) được trình bày trên hình A4, trang . Việc tính toán ở đây không xét các động cơ không đồng bộ như điểm 9.1 của phần Một và xét đến ảnh hưởng của các động cơ không đồng bộ như điểm 13.2 của phần Hai.

Trạm 33kV/ 6kV có hai máy biến áp, mỗi máy $S_{rT} = 15$ MVA được cấp điện bằng hai đường cáp 33kV ba lõi kiểu cứng từ một tuyến dây của lưới điện có công suất $S'_{kQ} = 750$ MVA và $U_{nQ} = 33$ kV.

Vì điện trở ngắn mạch bé so với điện kháng ngắn mạch ($R_k < 0,3 X_k$, xem điểm 9.1.1.1) nên chỉ cần tính các điện kháng ngắn mạch của thiết bị điện và điện kháng ngắn mạch X_k tại điểm ngắn mạch F ở hình A4 là đủ.

Để chứng minh sự khác nhau, khi tính toán dòng ngắn mạch I''_k bằng các đại lượng tuyệt đối hoặc đại lượng tương đối, cả hai phép tính đều phải thực hiện (xem điểm A2.3 về cách tính các đại lượng tương đối). Để thấy rõ sự khác nhau giữa kết quả tính các giá trị thực và giá trị phức, và để chứng minh sự suy giảm của thành phần xoay chiều của dòng ngắn mạch, ta dùng cách tính bổ sung tại điểm A2.4.

A2.2 Tính toán theo các đại lượng tuyệt đối:

Bảng AIII trình bày cách tính điện kháng ngắn mạch X_k tại điểm ngắn mạch F ở hình A4 nếu các máy cắt CB1 và CB2 ở trạng thái mở (không bị ảnh hưởng của các động cơ không đồng bộ M1 và M2)

Với $c = 1,1$, dòng ngắn mạch đối xứng ban đầu không chịu ảnh hưởng của các động cơ không đồng bộ M1 và M2 trở thành (theo bảng I, nói về dòng ngắn mạch cực đại)

$$I''_k \text{ (không có M1, M2)} = \frac{cU_n}{\sqrt{3}X_k} = \frac{1,1 \cdot 6 \text{ kV}}{\sqrt{3} \cdot 0,2655 \Omega} = 14,35 \text{ kA}$$

X_k được lấy từ bảng AIII.

Động cơ không đồng bộ M1
 $P_{rM} = 5 \text{ MW}$; $U_{rM} = 6 \text{ kV}$
 $\cos \varphi_r = 0,86$; $\eta_r = 0,97$
 $I_{LR} / I_{rM} = 4$
số đôi cực = 2

Ba động cơ không đồng bộ, được xem như một động cơ tương đương M2 , mỗi động cơ thành phần có các thông số sau:

$P_M = 1 \text{ MW}$; $U_{rM} = 6 \text{ kV}$; $\cos \varphi_r = 0,83$
 $I_{LR} / I_{rM} = 5,5$; số đôi cực : 1

Hình A4 : Hệ thống trung áp 33kV/ 6kV với các động cơ không đồng bộ Ví dụ 2 .

BẢNG AIII

Tính trị số X_k (Γ) không chịu ảnh hưởng của các động cơ không đồng bộ M1 và M2 ở ví dụ 2 (CB1 và CB2 ngắt)

STT	Thiết bị	Các công thức và cách tính	Điện kháng (Ω)
1	Đường dây	Công thức (5b):	
2	Cáp L1		
3	Máy biến áp T1	Công thức (6) ($X_T = Z_T$)	
4	L1+T1		
5	(L1+T1)(L2+T2)	Hai nhánh song song bằng nhau $\frac{1}{2}(X_{L11} + X_{T1})$	
6	đầu song song Điện kháng ngắn mạch X_k		

Dòng ngắn mạch đối xứng ban đầu, không chịu ảnh hưởng của các động cơ, tại điểm ngắn mạch bằng (xem hình A4):

$$\underline{I}''_k \text{ (không có M1, M2)} = \frac{cU_n}{\sqrt{3}X_k} = \frac{1,16kV}{\sqrt{3} \cdot 0,2655\Omega} = 14,35 \text{ kA}$$

Theo như điểm 12.2.3 (ngắn mạch ba pha được cấp điện từ các lưới không nối đất võng và công thức 55), ta có thể thêm vào dòng ngắn mạch riêng đối xứng tại điểm ngắn mạch (xem hình A4, trang 127):

$$\underline{I}''_k = \underline{I}''_k \text{ (không có M1, M2)} + \underline{I}''_{kM1} + \underline{I}''_{kM2}$$

Các dòng ngắn mạch riêng I''_{kM1} và I''_{kM2} (CB1 và CB2 đóng mạch) đã được tính toán từ công thức (69) trong bảng II và công thức (34) ở điểm 11.5.3.5 nói về tổng trở ngắn mạch của động cơ không đồng bộ.

Động cơ M1:

trong đó :

Động cơ M2 : (ba động cơ có thông số giống nhau \rightarrow động cơ tương đương)

Trong đó :

Các dòng ngắn mạch riêng tính theo công thức (69):

Dòng ngắn mạch tại điểm ngắn mạch F trong hình A4, trang 127 có tính đến ảnh hưởng của các động cơ M1 và M2 :

Ảnh hưởng của các động cơ không đồng bộ làm dòng ngắn mạch tăng lên gấp 1,3 lần so với trường hợp không có động cơ.

Khi tính toán dòng ngắn mạch riêng được cấp từ lưới, ta sử dụng điểm 12.2.3.3 :

$$I_k (\text{không có } M1, M2) = I_b (\text{không có } M1, M2) = I''_k (\text{không có } M1, M2)$$

Khi tính I_{b3M} , hệ số μ cần được xác định theo công thức (47) và trị số q , xác định theo công thức (67) với $t_{min} = 0,1 \text{ s}$. Với $I''_{kM1}/I_{TM1} = 4,40$ và $I''_{kM2}/I_{TM2} = 6,05$, tính được các giá trị $\mu_{M1} = 0,80$ và $\mu_{M2} = 0,72$. Với công suất tác dụng trên đôi cực $m_{M1} = 2,5 \text{ MW}$ và $m_{M2} = 1 \text{ MW}$, ta biết thêm $q_{M1} = 0,68$ và $q_{M2} = 0,57$.

Theo công thức (71), dòng điện ngắt máy riêng bằng :

Dòng ngắn mạch ngắt máy đối xứng bằng :

$$I_b = I_b (\text{không có } M1, M2) + I_{b3M1} + I_{b3M2} = (14,35 + 1,38 + 0,92) \text{ kA} = 16,65 \text{ kA}$$

Theo công thức (72), các động cơ không đồng bộ không góp phần vào dòng I_k , do đó :

$$I_k = I''_k (\text{không có } M1, M2) = 14,35 \text{ kA}$$

A2.3 Tính toán theo các đại lượng tương đối :

Để tính toán các đại lượng theo đơn vị tương đối (p.u), cần phải chọn hai đại lượng tham chiếu (chỉ số R)⁷. Trong ví dụ 2 các đại lượng đó là :

$$U_R = U_n = 6 \text{ kV hoặc } 33 \text{ kV và } S_R = 100 \text{ MVA}$$

Từ đó các đại lượng tương đối (có kí hiệu trên là dấu sao) được định nghĩa như sau:

Nếu như hệ thống không được xác định rõ ràng như qui định ở điểm 8.4, có nghĩa là $U_{rTHV} / U_{rTLV} \neq U_{rnhV} / U_{rnlV}$ thì tỉ số biến đổi định mức biểu thị theo điện áp tương đối sẽ là :

Cách thức tính toán dòng ngắn mạch đối xứng ban đầu không xét ảnh hưởng của các động cơ được cho trong bảng AIV cũng tiến hành theo cách giống như trong bảng AIII.

Dòng ngắn mạch đối xứng ban đầu $*I''_k$ (không có M1,M2) tại điểm ngắn mạch ở hình A4, trang là :

$$*I''_k \text{ (không có M1,M2)} = \frac{c \cdot U_n}{\sqrt{3} \cdot X_k} = \frac{1,1 \cdot 1 \text{ p.u}}{\sqrt{3} \cdot 0,7375} = 0,8611 \text{ p.u}$$

Từ đây tính ra dòng ngắn mạch theo kilo-ampe :

$$I''_k \text{ (không có M1,M2)} = *I''_k \text{ (không có M1,M2)} \cdot \frac{S_R}{U_{R,6KV}} = 0,8611 \text{ p.u} \cdot \frac{100 \text{ MVA}}{6 \text{ kV}} = 14,35 \text{ kA}$$

→ Viết tắt từ chữ " Radical", có nghĩa là "gốc" (ND)

BẢNG AIV

Tính toán X_k trong hệ tương đối (theo p.u) ở ví dụ 2
(không có ảnh hưởng của các động cơ không đồng bộ M1 và M2
> CB1 và CB2 ngắt mạch)

STT	Thiết bị	Các công thức và cách tính	Điện kháng (p.M)
1	Đường dây	Công thức (5b):	0.1617
2	Cáp L1		
3	Máy biến áp T1		0.0491
4	L1+T1		1.1025
5	(L1+T1)(L2+T2)	Công thức (6) ($X_T = Z_T$)	1.1516
	đấu song song		0.5758
6	Điện kháng ngắn mạch $*X_k$	2 nhánh song song bằng nhau $\frac{1}{2} (*X_{L1} + *X_{T1})$	0.7375

Tổng trở ngắn mạch của các động cơ không đồng bộ tính theo p.u. là:

Động cơ M1 :

Động cơ M2 :

Các dòng ngắn mạch riêng tính theo công thức (69):

Các kết quả thu được cũng giống như trong điểm A2.2.

A2.4. Tính toán theo các đại lượng phức

Trong phần này việc tính toán được thực hiện với các đại lượng phức, dùng trong hệ thống trung áp, theo chỉ dẫn ở hình A4, trang .

Tổng trở phức của các thiết bị điện được tính theo các dữ liệu cho ở hình A5. Hình này chỉ rõ dòng ngắn mạch riêng tại các nhánh và các đóng góp của chúng tại điểm ngắn mạch.

QUANPHAM.VN

Các dữ liệu của các động cơ không đồng bộ được cho ở hình A4

Hình A5 : Hệ thống trung áp 33kV/ 6kV với các động cơ không đồng bộ
(cách tính theo đại lượng phức ở ví dụ 2)

BẢNG AV

Cách tính $Z_{k(T1,T2)}$ ở ví dụ 2
với các động cơ không đồng bộ ở hình A5

STT	Thiết bị	Các công thức và cách tính	Tổng trở
1	Đường dây	(xem bảng AIII) (xem điểm 8.3.1.2.)	
2	Đường cáp L1	(xem bảng AIII)	
3	Máy biến áp T1	(xem bảng AIII) Công thức (7) Công thức (8)	
4	L1 + T1		
5	(L1+T1)(L2+T2) đầu song song		
6	Tổng trở ngắn mạch		

Tổng trở ngắn mạch của các động cơ không đồng bộ M1 và M2 :
Động cơ M1 :

(xem điểm A2.2)

$$P_{TM}/p = 5MW/2 = 2,5MW (\geq 1 MW) \quad (p=2 \text{ đôi cực})$$

do đó

$$X_M = 0,995 Z_M \text{ và } R_M = 0,1 X_M \quad (\text{xem điểm 11.5.3.5})$$

$$Z_{M1} = (0,1493 + j 1,493) \Omega ; |Z_{M1}| = 1,5 \Omega$$

Động cơ M2 : (ba động cơ có thông số giống nhau \rightarrow động cơ tương đương)

(xem điểm A2.2)

do đó

$$X_M = 0,995 Z_M \text{ và } R_M = 0,1 X_M$$

$$Z_{M2} = (0,1696 + j 1,696) \Omega ; |Z_{M2}| = 1,705 \Omega$$

Dòng ngắn mạch I''_k tại điểm ngắn mạch F trong hình A5, trang , được tính theo công thức (55), điểm 12.2.3.2 :

(xem điểm A2.2)

Dòng ngắn mạch i_p tại điểm ngắn mạch F trong hình A5 được tính theo công thức (56), điểm 12.2.3.3.

Theo điểm 9.1.1.2 ta có :

(xem bảng II)

Thành phần không chu kì tắt dần i_{DC} được tính theo công thức (1), ứng với $f = 50$ Hz

QUANPHAM.VN

Dòng ngắn mạch ngắt điện đối xứng I_b được tính theo công thức (57), điểm 12.2.3.3 :

$$I_b = (I_{bT1} + I_{bT2}) + I_{bM1} + I_{bM2}$$

$$I_{bT1} + I_{bT2} = I''_{kT1} + I''_{kT2} = 14,32 \text{ kA}$$

(theo điểm 12.2.3.3 ; ngắn mạch xa máy phát)

$$I_{bM1} = \mu_{M1} q_{M1} I''_{kM1}$$

Với độ trễ thời gian tối thiểu $t_{\min} = 0,1$ s và các giá trị μ , q đã tính, ta có:

$$I_{bM1} = 0,80 \cdot 0,68 \cdot 2,54 \text{ kA} = 1,38 \text{ kA}$$

và đối với động cơ M2 :

$$I_{bM2} = 0,72 \cdot 0,57 \cdot 2,24 \text{ kA} = 0,92 \text{ kA}$$

$$I_b = (14,32 + 1,38 + 0,92) \text{ kA} = 16,62 \text{ kA} \quad (\text{xem điểm A2.2})$$

Dòng ngắn mạch ngắt điện không đối xứng $I_{b,asym}$ tính được từ i_{DC} bằng :

với $t_{min} = 0,1 \text{ s}$ ($f = 50 \text{ Hz}$):

Dòng ngắn mạch ổn định I_k tính theo công thức (58) bằng:

$$I_k = (I_{kT1} + I_{kT2}) + I_{kM1} + I_{kM2}$$

$$I_{kT1} + I_{kT2} = I''_{kT1} + I''_{kT2} = 14,32 \text{ kA}$$

$$I_{kM1} + I_{kM2} = 0 \quad \text{theo công thức (72)}$$

$$I_k = 14,32 \text{ kA}$$

A3- Ví dụ 3 : Tính toán dòng ngắn mạch cân bằng trong trường hợp ngắn mạch gần máy phát. Hệ số hiệu chỉnh tổng trở.

A3.1 Đề ra :

Tính dòng ngắn mạch cân bằng tại các điểm ngắn mạch F1 và F4 trong hình A6 trang theo phương pháp trình bày ở phần Hai.

Một trạm phát đơn vị (PSU) được nối với hệ thống 220 kV. Lộ cung cấp có công suất ngắn mạch ban đầu $S''_{kQ} = 8000 \text{ MVA}$. Máy biến áp tự dòng AT là loại ba cuộn dây, cấp điện cho hai thanh cái tự dòng B và C có điện áp $U_n = 10 \text{ kV}$.

- 81 -

Ảnh hưởng của các động cơ không đồng bộ sẽ được xét đến khi tính dòng ngắn mạch tại các điểm F2, F3 và F4. Các động cơ hạ áp không đồng bộ được phân thành những nhóm động cơ. Dòng ngắn mạch đầu cực của các động cơ cao áp và hạ áp được tính toán trong các bảng AVI và AVII.

A3.2 Các tổng trở ngắn mạch của thiết bị điện :

A3.2.1 Đường dây :

Theo điểm 8.3.2.1 , với $c = 1,1$ và căn cứ vào công suất ngắn mạch đối xứng tại điểm đầu tuyến dây ta có :

Để tính dòng ngắn mạch cực đại tại các điểm F2 và F3, ta tìm trị số $Z_{Q.min}$ (ứng với $S''_{kQ.max}$) theo điểm 12.2.3.1 . Trị số $S''_{kQ.max}$ được ước tính theo qui hoạch tương lai của hệ thống điện.

A3.2.2 Biến áp đơn vị

Từ các dữ liệu đã cho trong hình A6, trang , sử dụng các công thức từ (6) đến (8) của điểm 8.3.2.2 ta được :

Sau khi chuyển đổi về phía hạ áp của máy biến áp đơn vị, với $t_r = 240kV/21kV$:

A3.2.3 Máy phát :

Với các dữ liệu đã cho trong hình A6, việc tính toán theo điểm 11.5.3.7 với $c = 1,1$ (xem bảng I) và $R_G = 0,05 X''_d$ được tiến hành như sau:

QUANPHAM.VN

QUANPHAM.VN

Hình A6- Hệ thống cung cấp trạm phát điện (PSU), đơn vị biến thế và máy phát với MBA tự dùng, động cơ phi đồng bộ cao áp và hạ áp. Ví dụ 3

có thể tìm được hệ số hiệu chỉnh theo điểm 11.5.3.7 :

do đó :

$$\underline{Z}_{G.PSU} = K_{G.PSU} \underline{Z}_G = 0,9942 (0,0150 + j 0,2999) \Omega = (0,0149 + j 0,2982) \Omega$$

Để tính dòng ngắn mạch về phía cao áp của máy biến áp (điểm F1 ở hình A6, trang), ta dùng các công thức trong điểm 11.5.3.8 với $c_{\max} = 1,1$; $t_f = U_n / U_{rG} = 220\text{kV} / 21\text{kV}$ và $t_r = 240\text{kV} / 21\text{kV}$, và do đó :

A3.2.4 Máy biến áp tự dùng

Các tổng trở ngắn mạch thứ tự thuận \underline{Z}_A , \underline{Z}_B và \underline{Z}_C trên hình 7, trang , có thể xác định được từ các công thức trong điểm 8.3.2.2. Thay thế các dữ liệu trên hình A6 vào công thức (9), các tổng trở ngắn mạch thứ tự thuận của máy biến áp (về phía 21 kV của bên A) được tính như sau :

Sử dụng công thức (10) và qui đổi các tổng trở về phía $U_{rTA} = 21 \text{ kV}$:

Sau khi chuyển đổi về phía 10,5 kV (phía B hoặc C) với $t_r = 21\text{kV}/ 10,5 \text{ kV}$, các tổng trở của máy biến áp ba cuộn dây AT bằng :

A3.2.5 Các máy biến áp hạ áp 2,5 MVA và 1,6 MVA

Theo như trình bày trên hình A6, trang , và hình A8, trang , có tất cả năm máy biến áp với $S_{rT} = 2,5 \text{ MVA}$ và $U_{rTHV} / U_{rTLV} = 10 \text{ kV} / 0,693 \text{ kV}$ đấu với một trong hai thanh cái 10 kV, mỗi thanh cái lại kèm thêm một máy biến áp với $S_{rT} = 1,6 \text{ MVA}$, $U_{rTHV} / U_{rTLV} = 10 \text{ kV} / 0,4 \text{ kV}$. Những biến áp này từng cái một lại cấp điện cho một nhóm động cơ hạ áp không đồng bộ.

Từ các dữ liệu trong bảng AVII và dùng các công thức trong điểm 8.3.2.2, ta được:

Qui đổi về phía hạ áp với $t_r = 10 \text{ kV} / 0,4 \text{ kV}$:

$$\underline{Z}_{T20LV} = \underline{Z}_{T20HV} \cdot \frac{1}{t_r^2} = (1,031 + j 5,910) \text{ m}\Omega$$

A3.2.6 Các động cơ không đồng bộ

Các dữ liệu và cách tính tổng trở ngắn mạch của các động cơ cao áp từ M1 đến M14 theo hướng dẫn ở điểm 11.5.3.5 và 13.2 được trình bày trên bảng AVI.

Sử dụng công thức (69) và (34), và cần nhớ rằng trong trường hợp đặc biệt này điện áp U_{TM} đúng bằng U_n , ta có thể tìm được I''_{k3M} bằng biểu thức :

Dữ liệu và cách tính các tổng trở ngắn mạch của các nhóm động cơ hạ áp theo hướng dẫn ở điểm 11.5.3.5 và 13.2, kể cả các đường cáp cấp điện của chúng, được cho trong hình A8, trang và bảng AVII.

BẢNG AVI

Dữ liệu của các động cơ cao áp và các dòng ngắn mạch riêng của chúng tại điểm ngắn mạch trên thanh cái B và C

Thanh cái tự dùng		
Động cơ số (xem hình A6)		Chú thích
Số động cơ Số đôi cực		Các dữ liệu do nhà chế tạo cung cấp
		Tính với $S_{FM} = P_{FM} \cos(\varphi_r/\eta_r)$ Tính với $I_{FM} = S_{FM} / \sqrt{3} U_{FM}$ Xem điểm A3.2.6 $m = P_{FM} / p$ theo điểm 11.5.3.5
		$\mu = 0,62 + 0,72 e^{-\dots}$ $q = 0,57 + 0,12 \ln m$
		$I''_{k3M} = (I''_{k3M} / I_{FM}) I_{FM}$ $i_{p3M} = \chi_M \sqrt{2} \cdot I''_{k3M}$ Công thức (70) $I_{b3M} = q \mu I''_{k3M}$ Công thức (71)
		Tính bằng công thức (34) Tính theo điểm 11.5.3.5

¹⁾ Các giá trị của χ_M được cho trong bảng II, điểm 13.2.2.

²⁾ Công thức (47), $t_{\min} = 0,1$ s

³⁾ Công thức (67), $t_{\min} = 0,1$ s

A3.3 Tính toán các dòng ngắn mạch

A3.3.1 Ngắn mạch tại điểm ngắn mạch F1

Việc tính toán được tiến hành theo điểm 12.2.3. Không cần thiết phải xét đến các động cơ không đồng bộ (xem điểm 13.2.1, phần đóng góp của các động cơ thấp hơn 5%)

Dòng ngắn mạch đối xứng ban đầu được tính theo công thức (55) :

Công thức (56) :

$$i_p = i_{pSU} + i_{pQ}$$

Trạm phát đơn vị :

Đường dây :

Công thức (57) , $t_{\min} = 0,1$ s :

$$I_b = I_{bPSU} + I_{bQ} = I_{bPSU} + I''_{kQ}$$

Trạm phát đơn vị (xem điểm 12.2.3.3 và 12.2.2.3) :

với :

A3.3.2 Ngắn mạch tại điểm ngắn mạch F2 :

Trước tiên, theo hình 21, trang , dòng ngắn mạch đối xứng ban đầu tại điểm ngắn mạch F2 (không chịu ảnh hưởng của các động cơ không đồng bộ) bắt nguồn từ dòng ngắn mạch riêng I''_{kG} (xem công thức 52) và I''_{kT} (xem công thức 53 và 41)

Theo công thức (54), trị số Z_{rs1} được xác định từ $\underline{Z}_{G.PSU}$ và

Thông thường chỉ cần tính toán như sau đây là đủ (vì $R \ll X$) :

$$i_p = i_{pG} + i_{pT} \quad \text{theo công thức (56)}$$

i_{pG} được tính với $R_G / X''_d = 0,05$ (xem điểm 11.5.3.6) $\rightarrow \chi_G = 1,86$

$$i_{pG} = \chi_G \sqrt{2} I''_{kG} = 1,86 \sqrt{2} .44,67 \text{ kA} = 117,48 \text{ kA}$$

i_{pT} được tính với $R / X = 0,00645\Omega / 0,3152\Omega = 0,0205 \rightarrow \chi_G = 1,94$

(xem công thức 57)

Thông thường, không có máy ngắt nào được bố trí để ngắt toàn bộ dòng ngắn mạch ngắt máy, vì vậy cho nên chỉ có dòng $I_{bT} = I''_{kT}$ là đáng quan tâm.

Các dòng ngắn mạch góp phát sinh từ các động cơ không đồng bộ có thể được tính toán từ các kết quả trong bảng AVI và AVII và từ các tổng trở của máy biến áp tự dòng qui về phía cao áp của máy biến áp AT (xem điểm A3.2.4).

QUANPHAM.VN

Hình A7 : Hệ thứ tự thuận dùng để tính toán dòng ngắn mạch riêng I''_{KM-AT} do các động cơ cao áp và hạ áp cung cấp . Các tổng trở đã được qui đổi về phía cao áp của máy biến áp tự dòng AT với $t_r = 21 \text{ kV} / 10,5 \text{ kV} = 2$

Hình A8 : Chi tiết cụ thể về hình A6, trang . Các máy biến áp và các nhóm động cơ hạ áp không đồng bộ được nối với thanh cái tụ dòng B. Các máy biến áp và các nhóm động cơ hạ áp không đồng bộ nối với thanh cái tụ dòng C cũng theo cách tương tự.

BẢNG AVII

Dữ liệu của các động cơ không đồng bộ hạ áp và dữ liệu của các máy biến áp 10kV /0,693 kV và 10 kV/0,4 kV đấu đến thanh cái tụ dòng B. Dòng ngắn mạch riêng của các động cơ hạ áp tại điểm ngắn mạch F3.

Máy biến áp số Nhóm động cơ số	15,16,17,18,19	d (15..19)	20	d (15..20)	Chú thích
					Dữ liệu do nhà chế tạo cung cấp
(nhóm động cơ)					Dữ liệu do nhà chế tạo cung cấp Điểm 13.2.1 Điểm 11.5.3.5 và bảng II Bảng II $S_{rM} = P_{rM} / (\cos \varphi_r \eta_r)$
					Công thức (6) và (8)
					Công thức (34) $R_M = 0,42 X_M$ $X_M = 0,992 Z_M$ $U_n = 0,66kV; 0,38kV; c=1,05$
					Chuyển đổi sang bên cao áp của máy biến áp
					$U_n = 10 \text{ kV} ; c = 1,1$

Cần phải xét đến dòng ngắn mạch riêng này bởi vì trị số của nó có thể đạt đến 7% tổng số $I''_{kG} + I''_{kT} = I''_k = 86,96 \text{ kA}$ như đã tính toán trước đây. Dòng ngắn mạch tổng $\Sigma I''_k$ đạt đến:

$$\Sigma I''_k = I''_k + I''_{kM-AT} = 86,96 \text{ kA} + 6,41 \text{ kA} = 93,37 \text{ kA}$$

Thêm vào đó, các dòng ngắn mạch đỉnh riêng phần và các dòng ngắt điện được cấp từ các động cơ không đồng bộ cần phải được cộng thêm vào các trị số i_p và I_b đã tính từ trước. Đó là: $i_{pM-AT} = \chi \sqrt{2} I''_{kM-AT} = 1,7 \sqrt{2} \cdot 6,41 \text{ kA}$ với $\chi = 1,7$ là trị số lấy xấp xỉ (các động cơ cao áp có $\chi = 1,75$ hoặc $\chi = 1,65$, xem bảng AVI; các nhóm động cơ cao áp được xem như có $\chi = 1,3$) và $I_{bM-AT} = I''_{kM-AT}$ theo cách ước lượng của phương pháp truyền thống. Cũng cần phải lưu ý thêm điều này: $I_{bG} + I_{bM-AT}$ nhỏ hơn $I_{bT} = I''_{kT}$, do đó dung lượng ngắt của máy ngắt nằm giữa biến áp đơn vị và máy phát có thể bằng $I_{bT} = 42,30 \text{ kA}$. Khi tính toán i_{pM-AT} theo phương pháp C của điểm 9.1.3.2, nếu ta lấy các giá trị tổng trở của động cơ từ bảng AVI và AVII, sẽ tìm được hệ số $\chi_c = 1,701$, do đó $i_{pM-AT} = 15,42 \text{ kA}$. Trị số này bằng đúng giá trị đã cho.

A3.3.3 Ngắn mạch tại điểm ngắn mạch F3

Dòng ngắn mạch đối xứng ban đầu tại điểm ngắn mạch F3 có thể được tính từ các dòng ngắn mạch riêng như đã trình bày ở hình A9.

$$\underline{I}''_k = \underline{I}''_{kAT} + \underline{I}''_{k\Sigma(M1...M7)} + \underline{I}''_{k(M+T.15...20)}$$

Hình A9 : Hệ thứ tự thuận dùng để tính \underline{I}''_k tại điểm ngắn mạch F3

Tính \underline{I}''_{kAT} :

Trong đó :

Với các số liệu $\underline{I}''_{k\Sigma(M1...M7)} = (0,894 - j 8,075) \text{ kA}$; ($|\underline{I}''_{k\Sigma(M1...M7)}| = 8,124 \text{ kA}$)
và $\underline{I}''_{k\Sigma(M+T.15...20)} = (0,799 - j 2,118) \text{ kA}$; ($|\underline{I}''_{k\Sigma(M+T.15...20)}| = 2,264 \text{ kA}$) ta có thể tính
được dòng I''_k :

Tiếp đến tính được công suất ngắn mạch (xem điểm 3.6) :

$$S''_k = \sqrt{3} U_n I''_k = \sqrt{3} \cdot 10\text{kV} \cdot 28,74 \text{ kA} = 497,8 \text{ MVA}$$

Dòng ngắn mạch đỉnh i_p có thể suy ra từ các hệ số χ sau đây :

$$\chi_{AT} = 1,02 + 0,98 e^{-3(0,021\Omega/0,3438\Omega)} = 1,90$$

(xem điểm 9.1.3.2, phương pháp B : $1,15 \cdot 1,9 > 2,0$)

(i_{p3M} lấy theo bảng A6)

với $1,15 \chi_{AT} = 2$ (xem điểm 9.1.3.2, phương pháp B) và tỉ số R/X của các động cơ hạ áp
kể cả máy biến áp 15 và 20 theo như bảng AVII.

Với giá trị hiệu dụng bình quân, trị số χ tìm được:

Nếu như dòng ngắn mạch I''_{kAT} được qui đổi về phía A của máy biến áp tự dòng
AT, ta thấy rõ là trị số I''_{kAT} đã nhỏ hơn hai lần trị số I_{TG} , vậy quan hệ $I_{bAT} = I''_{kAT}$ là đúng
(xem công thức 18, ngắn mạch xa máy phát)

- 94 -

với $\mu = 0,77$ ($t_{min} = 0,1 \text{ s}$) lấy theo tỉ số $I''_{kM} / I_{rM} = 5$ (xem điểm 13.2.1) và $q = 0,342$ suy
ra từ cách ước lượng truyền thống, cách này giả thiết rằng các động cơ hạ áp không đồng
bộ của nhóm động cơ có công suất định mức $\leq 0,3 \text{ MW}$ và p (số đôi cực) bằng 2.

$$I_b = 18,46 \text{ kA} + 4,04 \text{ kA} + 0,60 \text{ kA} = 23,10 \text{ kA} \quad (I_b / I''_k \approx 0,8 ; t_{min} = 0,1 \text{ s})$$

A3.3.4 Ngắn mạch tại điểm ngắn mạch F4

Trị số I''_k tính được theo hình A10

Hình A10 : Hệ thứ tự thuận dùng để tính I''_k tại điểm ngắn mạch F4

Dòng ngắn mạch đỉnh được tính từ công thức :

Theo phương pháp B của điểm 9.1.3.2 , cần phải lấy $1,15 \chi_b = 1,15 \cdot 1,61 = 1,85$. Trong trường hợp này, vì ngắn mạch ở lưới hạ áp, trị số $1,15 \chi_b$ được giới hạn dưới mức 1,8.

(Khi tiến hành tính toán $i_{p,T20}$ ta có thể xem rằng tổng trở của máy biến áp hạ áp T20 chiếm phần chủ yếu trong tổng trở $Z_P + Z_{20LV}$, do vậy tỉ số R_{T20} / X_{T20} của máy biến áp sẽ quyết định trị số χ lúc tính $i_{p,T20}$. Từ tỉ số $R_{T20} / X_{T20} = 1,031m\Omega / 5,910m\Omega = 0,174$ ta có thể xác định được hệ số $\chi = 1,60$ và nhờ đó xác định được toàn bộ dòng ngắn mạch tại điểm ngắn mạch F4:

$$i_p = 1,60 \sqrt{2} \cdot 36,25 \text{ kA} + 1,3 \sqrt{2} \cdot 11,06 \text{ kA} = 102,4 \text{ kA})$$

QUANPHAM.VN