

Tiêu chuẩn quốc tế

**IEC
865-2**

xuất bản lần thứ nhất
1994

Dòng điện ngắn mạch Tính toán các hiệu ứng

Phần 2 :
Các ví dụ tính toán

Tính hiệu lực của ấn phẩm này

Nội dung kỹ thuật của các ấn phẩm của IEC phải được thường xuyên xem xét lại bởi IEC, như vậy để đảm bảo nội dung phản ánh đúng tình trạng kỹ thuật hiện hành.

Thông tin liên quan tới ngày tháng xác nhận lại ấn phẩm có hiệu lực từ văn phòng trung ương IEC.

Thông tin về công việc duyệt lại, phát hành các xuất bản đã được duyệt lại và những sửa chữa có thể được nhận từ các uỷ ban quốc gia IEC và từ các nguồn IEC sau:

- **Thông báo của IEC**
- **Cuốn niên giám IEC**
Xuất bản hành năm
- **Sổ mục lục của các ấn phẩm IEC**
Xuất bản hành năm với cập nhật đều đặn

Thuật ngữ

Đối với thuật ngữ chung, các độc giả nên tham khảo IEC 50: Từ ngữ kỹ thuật điện quốc tế (IEV), được phát hành ở dưới dạng những chương riêng lẻ, mỗi chương giải quyết một lĩnh vực riêng.

Các chi tiết đầy đủ của IEV có thể được cấp theo yêu cầu. Cũng nên xem từ điển đa ngữ của IEV.

Những thuật ngữ và định nghĩa nằm trong ấn phẩm hiện tại hoặc được lấy từ IEV hoặc dưới tán đồng riêng biệt cho mục tiêu của ấn phẩm này.

Các ký hiệu đồ thị và chữ.

Đối với các ký hiệu đồ thị và ký hiệu chữ và các dấu được IEV tán đồng cho sử dụng chung, các độc giả tham khảo:

- IEC 27: Các ký hiệu chữ được dùng trong kỹ thuật điện.
- IEC 417: Các ký hiệu đồ thị có thể dùng trên trang thiết bị. Bảng mục lục, bảng kê và sưu tập những tờ riêng lẻ.
- IEC 617: Ký hiệu đồ thị đối với các sơ đồ và đối với trang bị điện y tế.
- IEC 878: Ký hiệu đồ thị đối với trang thiết bị điện y tế trong thực hành y tế.

Những ký hiệu và dấu nằm trong ấn phẩm này hoặc được lấy từ IEC 27, IEC 417, IEC 617 và/hoặc IEC 878, hoặc được tán đồng riêng biệt cho mục tiêu của ấn phẩm này.

Các ấn phẩm của IEC.

Được soạn thảo do cùng một uỷ ban kỹ thuật. Các độc giả chú ý tới phía trong bìa sau, liệt kê những ấn phẩm của IEC được phát hành do uỷ ban kỹ thuật đã soạn thảo ấn phẩm hiện tại

Nội dung

Trang

Lời nói đầu	
Lời tựa	
<i>1 Phạm vi và đối tượng.....</i>	<i>6</i>
<i>2 Tài liệu tham khảo.....</i>	<i>6</i>
3 Các ký hiệu và đơn vị.....	6
<i>4 Ví dụ 1 - Các hiệu ứng cơ lên trang thiết bị 10kV với thanh dẫn cứng đơn</i>	<i>7</i>
4.1 Các dữ liệu	7
4.2 Lực cực đại lên thanh dẫn chính trung tâm	8
4.3 ứng suất thanh dẫn và các lực trên các giá đỡ.....	8
<i>5 Ví dụ 2 : Các hiệu ứng cơ tác dụng lên trang thiết bị 10kV với thanh dẫn cứng nhiều thanh</i>	<i>11</i>
5.1 Các dữ liệu (phụ thêm vào dữ liệu của ví dụ 1).....	11
5.2 Lực cực đại trên dây dẫn chính tâm.....	11
5.3 Lực cực đại trên thanh dẫn con ngoài giữa hai phần nối kề nhau	12
5.4 ứng suất dây dẫn và các lực trên giá đỡ	12
<i>6 Ví dụ 3 - Các hiệu ứng cơ tác dụng lên trang thiết bị cao áp có các thanh dẫn cứng</i>	<i>16</i>
6.1 Các dữ liệu	16
6.2 Lực cực đại lên thanh dẫn chính trung tâm	16
6.3 ứng suất của thanh dẫn và các lực trên giá đỡ.....	17
<i>7 Ví dụ 4 - Các hiệu ứng cơ tác dụng lên một trang thiết bị 110kV có dây dẫn mềm</i>	<i>22</i>
7.1 Các dữ liệu	23
7.2 Các lực điện từ và các tham số đặc trưng	24
7.3 Dịch chuyển ngang của khoảng (của hai giá đỡ) b_h và khoảng cách tối thiểu trong không khí a_{min}	28
7.4 Các kết luận	29
<i>8 Ví dụ 5 - Hiệu ứng cơ tác dụng lên dây dẫn căng.....</i>	<i>30</i>
8.1 Các dữ liệu chung	30
8.2 Khoảng cách tâm trục giữa các dây dẫn con $a_s = 0,1m$	31
8.3 Khoảng cách tâm trục giữa các dây dẫn con $a_s = 0,4m$	38
<i>9 Ví dụ 6 - Hiệu ứng nhiệt tác dụng lên các dây dẫn trần.....</i>	<i>42</i>
9.1 Các dữ liệu:	42
9.2 Các tính toán	42
9.3 Kết luận.....	42

Ủy ban kỹ thuật điện quốc tế

Dòng điện ngắn mạch – tính toán các hiệu ứng

Phần 2: Các ví dụ tính toán

Lời nói đầu

- 1) IEC (Ủy ban kỹ thuật điện quốc tế) là một cơ quan thế giới để tiêu chuẩn hoá bao gồm tất cả các uỷ ban kỹ thuật điện quốc gia (các uỷ ban quốc gia của IEC). Mục tiêu của IEC là thúc đẩy sự hợp tác quốc tế và các vấn đề có liên quan đến tiêu chuẩn hoá trên các lĩnh vực điện và điện tử. Vì mục đích ấy và cùng với các hoạt động khác, IEC xuất bản các tiêu chuẩn quốc tế. Việc soạn thảo những tiêu chuẩn này đã được giao phó cho các uỷ ban kỹ thuật: bất kỳ uỷ ban quốc gia nào của IEC quan tâm đến chủ đề đang được xem xét đều có thể tham gia vào công việc soạn thảo này. Các cơ quan quốc tế, chính phủ, phi chính phủ liên hệ với IEC cũng tham gia vào công việc soạn thảo này. IEC cộng tác chặt chẽ với cơ quan quốc tế về tiêu chuẩn hoá (ISO) phù hợp với các điều kiện được xác định bằng thoả thuận giữa hai cơ quan.
- 2) Những quyết định hoặc thoả thuận của IEC về các vấn đề kỹ thuật, được soạn thảo bởi các uỷ ban kỹ thuật trong đó có đại diện các uỷ ban quốc gia có quan tâm đặc biệt đến vấn đề đó, biểu thị sự nhất trí quốc tế cao về các vấn đề đã được xem xét.
- 3) Những quyết định hoặc thoả thuận này có dạng là các khuyến nghị cho việc sử dụng quốc tế và đã được các uỷ ban quốc gia chấp nhận theo ý nghĩa đó.
- 4) Nhằm thúc đẩy sự thống nhất quốc tế, các uỷ ban quốc gia của IEC tham gia áp dụng các tiêu chuẩn quốc tế IEC một cách trong sáng nhất trong mức độ tối đa có thể vào các tiêu chuẩn quốc gia và miền của quốc gia mình. Bất kỳ sự sai khác nào giữa khuyến nghị của IEC và tiêu chuẩn quốc gia hoặc miền tương ứng cần sớm được chỉ rõ trong tiêu chuẩn quốc gia hoặc miền đó.

Nhiệm vụ chủ yếu của các uỷ ban kỹ thuật của IEC là soạn thảo các tiêu chuẩn quốc tế. Trong các trường hợp đặc biệt, một uỷ ban kỹ thuật có thể đề nghị xuất bản một bản báo cáo kỹ thuật của một trong những mẫu sau:

- Mẫu 1, khi sự ủng hộ cần có không thể đạt được để xuất bản một tiêu chuẩn quốc tế, mặc dầu đã có nhiều cố gắng;
- Mẫu 2, khi chủ đề còn đang trong phát triển kỹ thuật hoặc khi vì một lý do nào khác, khả năng thoả thuận để xuất bản một tiêu chuẩn quốc tế có thể được xem xét trong tương lai nhưng không phải ngay tức khắc
- Mẫu 3, khi một uỷ ban kỹ thuật đã thu thập được các dữ liệu của một loại khác với những cái đã được xuất bản thông thường như một tiêu chuẩn quốc tế, ví dụ “tình trạng kỹ xảo”

Các báo cáo kỹ thuật mẫu 1 và 2 là chủ đề cần xem xét lại trong vòng ba năm của ấn phẩm để quyết định xem những báo cáo đó có thể được đổi thành các tiêu chuẩn quốc tế. Các báo cáo kỹ thuật của mẫu 3 không cần thiết phải được duyệt lại cho tới khi những dữ liệu mà các báo cáo này đưa ra được xem là không có hiệu lực hoặc hữu ích.

IEC 865 – 2, là một báo cáo kỹ thuật mẫu 2, đã được soạn thảo bởi uỷ ban kỹ thuật 73 của IEC: Các dòng điện ngắn mạch

Nguyên văn của bản báo cáo kỹ thuật này dựa vào các tài liệu sau:

Dự thảo của uỷ ban	Báo cáo biểu quyết
73 (SEC) 49	73 (SEC) 59

Thông tin đầy đủ về biểu quyết tán thành bản báo cáo kỹ thuật này có thể thấy được trong báo cáo biểu quyết nói trên

Tài liệu này được xuất bản trong loạt Báo cáo kỹ thuật mẫu 2 (theo G.4.2.2 của phần 1 của ban lãnh đạo IEC/ISO) như một “tiêu chuẩn để sử dụng tạm thời” trong lĩnh vực tính toán những hiệu ứng của dòng điện ngắn mạch, vì khẩn cấp cần có chỉ dẫn sử dụng những tiêu chuẩn trong lĩnh vực này nhằm đáp ứng nhu cầu xác định.

Tài liệu này không được coi là “Tiêu chuẩn quốc tế”. Nó được đề nghị để áp dụng tạm thời sao cho các thông tin và kinh nghiệm sử dụng trong thực tế có thể được thu thập. Các nhận xét về nội dung của tài liệu này nên được gửi tới Văn phòng Trung ương IEC.

Sự xem xét lại báo cáo kỹ thuật mẫu 2 này sẽ được tiến hành không chậm quá ba năm sau khi xuất bản, với khả năng hoặc kéo dài tính hiệu lực của báo cáo kỹ thuật này thêm ba năm nữa, hoặc chuyển đổi nó thành một tiêu chuẩn quốc tế hoặc xoá bỏ nó

Các dòng ngắn mạch – tính toán các hiệu ứng

Phần 2: Các ví dụ tính toán

1 Phạm vi và đối tượng

Đối tượng của bản Báo cáo kỹ thuật này của IEC này là nêu ra việc áp dụng các thủ tục tính toán về hiệu ứng cơ và nhiệt do ngắn mạch như đã trình bày trong IEC 865 – 1. Như vậy, báo cáo kỹ thuật này là một phần phụ thêm vào IEC 865 – 1. Tuy nhiên nó không làm thay đổi cơ sở đối với các thủ tục đã được tiêu chuẩn hoá trong ấn phẩm đó (IEC 865 – 1)

Ghi chú:

1 Những ví dụ trong Báo cáo kỹ thuật này minh hoạ cách tính toán theo với IEC 865 □ 1, theo một cách đơn giản và dễ dàng. Những tính toán này không có dự định như sự kiểm tra đối với các chương trình của máy tính.

2 Những con số nằm trong ngoặc ở các phương trình thuộc về các phương trình trong IEC 865 □ 1

3 Những điện áp của hệ thống được coi như những điện áp danh định

2 Tài liệu tham khảo

IEC 865 – 1: 1993, Các dòng điện ngắn mạch – tính toán các hiệu ứng – Phần I: Các định nghĩa và các phương pháp tính toán.

3 Các ký hiệu và đơn vị

Đối với các ký hiệu và đơn vị, nên tham khảo IEC 865 – 1

4 Ví dụ 1 - Các hiệu ứng cơ lên trang thiết bị 10kV với thanh dẫn cứng đơn

Cơ sở để tính toán trong ví dụ này là một thanh cái ba pha 10kV với mỗi pha một dây dẫn. Những dây dẫn là những thanh cái liền với những giá đỡ đơn cách đều nhau. Sự bố trí dây dẫn như đã chỉ rõ trong hình 1

Hình 1 – Bố trí dây dẫn

4.1 Các dữ liệu

Dòng ngắn mạch ba pha đối xứng ban đầu (giá trị hiệu dụng)	I_{k3}''	= 16kA
Hệ số để tính giá trị đỉnh của dòng ngắn mạch	κ	= 1,35
Tần số hệ thống	f	= 50Hz
Không có tự động đóng lại		
Số những khoảng cách		≥ 3
Khoảng cách giữa các giá đỡ	l	= 1m
Khoảng cách giữa tâm trục của các thanh dẫn	a	= 0.2m

Thanh dẫn hình chữ nhật AlMgSi0,5

– Các kích thước	b	= 60mm
	d	= 10mm
– Khối lượng trên đơn vị chiều dài	m'	= 1,62 kg/m
– Môđun Young	E	= 70 000 N/mm ²
– ứng suất tương ứng với giới hạn đàn hồi	$R_{p0,2}$	= 120 N/mm ² tới 180 N/mm ²

4.2 Lực cực đại lên thanh dẫn chính trung tâm

$$F_{m3} = \frac{m_0}{2p} \frac{\sqrt{3}}{2} i_{p3}^2 \frac{l}{a_m} = \frac{4p \cdot 10^{-7}}{2p} \frac{Vs}{Am} \times \frac{\sqrt{3}}{2} \times (30,6 \cdot 10^3 A)^2 \times \frac{1,00m}{0,202m} = 803N \quad (2)$$

ở đó

$$i_{p3} = \sqrt{2kI_{k3}} = \sqrt{2} \times 1,35 \times 16kA = 60,6kA = 30,6 \cdot 10^3 A$$

và khoảng cách hiệu dụng giữa các dây dẫn chính

$$a_m = \frac{a}{k_{12}} = \frac{0,20m}{0,99} = 0,202m \quad (6)$$

Với k_{12} theo IEC 865 – 1 hình 1 đối với $b/d = 6$, $a_{13} = a$ và $a/d = 20$

4.3 ứng suất thanh dẫn và các lực trên các giá đỡ

Việc tính toán có thể thực hiện theo 4.3.1 hoặc 4.3.2 dưới đây

4.3.1 Phương pháp đơn giản

4.3.1.1 ứng suất uốn thanh dẫn

$$s_{tot} = s_m = V_s V_r b \frac{F_{m3} l}{8Z} \\ = 1,0 \times 0,73 \times \frac{803 N \times 1,00 m}{8 \times 1,10^{-6} m^3} = 73,3 \cdot 10^6 N / m^2 = 73,3 n / mm^2$$

(9,12)

ở đó

$$V_\sigma V_\tau = 1,0 = (V_\sigma V_\tau)_{\max}$$

Theo IEC 865 – 1, bảng 2

$$\beta = 0,73$$

Theo IEC 865 – 1, bảng 3

$$j = \frac{bd^3}{12} = \frac{0,06 \times 0,010^3}{12} m^4 = 0,5 \cdot 10^{-8} m^4$$

$$Z = \frac{j}{d/2} = \frac{0,5 \cdot 10^{-8} m^4}{0,005m} = 1 \cdot 10^{-6} m^3$$

Các thanh cái được coi là chịu đựng được lực do ngắn mạch nếu

$$s_{tot} \leq qR_{p0,2} \quad (13)$$

Với giá trị dưới của $R_{p0,2}$. Đối với một tiết diện chữ nhật $q = 1,5$, xem IEC 865 – 1 bảng 4.

Điều này cho:

$$\sigma_{tot} = 73,3 N/mm^2 \text{ bé hơn } 1,5 \times 120 N/mm^2 = 180 N/mm^2$$

4.3.1.2 Lực uốn trên các giá đỡ

$$F_d = V_F V_r \alpha F_{m3} \quad (15)$$

Theo IEC 865 – 1, bảng 2 với giá trị trên của $R_{p0,2}$ đó là

$$\frac{S_{tot}}{0,8.R_{p0,2}} = \frac{73,3N / mm^2}{0,8 \times 180N / mm^2} = 0,509$$

Như vậy, trong trường hợp một ngắn mạch ba pha

$$0,370 < \frac{S_{tot}}{0,8.R_{p0,2}} < 1$$

Từ đó

$$V_F V_r = \frac{0,8.R_{p0,2}}{S_{tot}} = \frac{0,8 \times 180N / mm^2}{73,3N / mm^2} = 1,97$$

Lực trên những giá đỡ ngoài (A) là, với $\alpha = 0,4$, xem bảng 3 của IEC 865 – 1

$$F_{dA} = V_F V_r \alpha F_{m3} = 1,97 \times 0,4 \times 803 N = 1740N$$

Lực trên những giá đỡ bên trong (B) là, với $\alpha_B = 1.1$, xem IEC 865-1 bảng 3

$$F_{dB} = V_F V_r \alpha_B F_{m3} = 1,97 \times 0,4 \times 803 N = 1740N$$

4.3.2 Phương pháp chi tiết

4.3.2.1 Tần số tự nhiên f_c và các hệ số V_F , V_r và V_σ

$$f_c = \frac{g}{l^2} \sqrt{\frac{EJ}{m}} = \frac{3,56}{(1,00m)^2} \sqrt{\frac{7.10^{10} N/m^2 \times 0,510^{-8} m^4}{1,62 kg/m}} = 52,3Hz \quad (16)$$

ở đó

$$\gamma = 3,56$$

theo IEC 865 – 1, bảng 3

$$J = 0,5.10^{-8} m^4 \text{ (xem 4.3.1.1)}$$

Tỷ số f_c/f là 1,05. Theo hình 4 và 2.2.2.6.2 của IEC 865 – 1, những giá trị sau đối với các hệ số

V_F , V_σ , và V_r được

$$V_F = 1,8$$

$$V_\sigma = 1,0$$

$$V_r = 1,0$$

4.3.2.2 ứng suất uốn của dây dẫn

ứng suất của dây dẫn là:

$$\begin{aligned} S_{tot} = S_m &= V_s V_r b \frac{F_{m3} l}{8Z} \\ &= 1,0 \times 1,0 \times 0,73 \frac{803N \times 1,00m}{8 \times 1.10^{-6} m^3} = 73,3.10^6 N/m^3 = 73,3N/mm^2 \end{aligned} \quad (9,12)$$

ở đó

$$V_{\sigma}V_r = 1,0 \times 1,0$$

$$\beta = 0,73$$

bảng 3

$$Z = 1.10^{-6} \text{m}^3$$

theo 4.3.2.1 ở trên

theo IEC 865 – 1,

(xem 4.3.1.1)

Các thanh cái giả định chịu đựng được lực do ngắn mạch nếu

$$\sigma_{\text{tot}} \leq qR_{p0,2} \quad (13)$$

Với giá trị dưới của $R_{p0,2}$. Đối với một tiết diện chữ nhật $q = 1,5$, xem bảng 4 của IEC 865 – 1.

Cái này cho:

$$\sigma_{\text{tot}} = 73,3 \text{ N/mm}^2 \text{ nhỏ hơn } 1,5 \times 120 \text{ N/mm}^2 = 180 \text{ N/mm}^2$$

4.3.2.3 Lực uốn trên các giá đỡ

$$F_d = V_F V_r \alpha F_{m3} \quad (15)$$

theo 4.3.2.1 trên $V_F V_r = 1,8 \times 1,0 = 1,8$ thấp hơn giá trị 1,97 nhận được từ dùng bảng 2 của IEC 865 – 1 (xem 4.3.1.2)

Lực trên các giá đỡ ngoài (A) là, với $\alpha_A = 0,4$ xem bảng 3 của IEC 865 – 1

$$F_{dA} = V_F V_r \alpha_A F_{m3} = 1,8 \times 1,0 \times 0,4 \times 803 \text{ N} = 578 \text{ N}$$

Lực trên các giá đỡ trong (B) là, với $\alpha_B = 1,1$ xem bảng 3 của IEC 865 – 1

$$F_{dB} = V_F V_r \alpha_B F_{m3} = 1,8 \times 1,0 \times 1,1 \times 803 \text{ N} = 1590 \text{ N}$$

4.3.3 Các kết luận

		Phương pháp giản đơn hoá	Phương pháp chi tiết
Các thanh cái chịu lực do dòng điện ngắn mạch			
ứng suất uốn tính toán σ_{tot} là	N/mm ²	73,3	73,3
Các giá đỡ ngoài phải chịu đựng một lực uốn động của	N	633	578
Các giá đỡ trong phải chịu đựng một lực uốn động của	N	1740	1590

5 Ví dụ 2 : Các hiệu ứng cơ tác dụng lên trang thiết bị 10kV với thanh dẫn cứng nhiều thanh

Cơ sở để tính toán trong ví dụ này vẫn là thanh cái 10kV ba pha như trong ví dụ 1, nhưng nay với ba thanh dẫn con cho một thanh dẫn chính như đã chỉ trong hình 2. Các tiết diện của thanh dẫn con là 60mm × 10mm như là những dây dẫn của ví dụ 1

Hình 2 – Vị trí của các miếng đệm và của các thanh dẫn con

5.1 Các dữ liệu (phụ thêm vào dữ liệu của ví dụ 1)

Số thanh dẫn con	$n = 3$
Kích cỡ của thanh dẫn con theo chiều của lực	$d = 10 \text{ mm}$
Số các thanh đệm	$k = 2$
Khoảng cách giữa các thanh đệm	$l_s = 0,5 \text{ m}$
Kích cỡ của các thanh đệm AlMgSi0,5	$60\text{mm} \times 60\text{mm} \times 10\text{mm}$

5.2 Lực cực đại trên dây dẫn chính tâm

$$F_{m3} = \frac{m_0}{2p} \frac{\sqrt{3}}{2} i_{p3}^2 \frac{l}{a_m} = \frac{4p \cdot 10^{-7}}{2p} \frac{V_s}{A_m} \times \frac{\sqrt{3}}{2} \times (30,6 \cdot 10^3 \text{ A})^2 \times \frac{1,00 \text{ m}}{0,20 \text{ m}} = 811 \text{ N} \quad (2)$$

ở đó

$$i_{p3} = \sqrt{2k} I_{k3}'' = \sqrt{2} \times 1,35 \times 16 \text{ kA} = 30,6 \text{ kA} = 30,6 \cdot 10^3 \text{ A}$$

Và khoảng cách hiệu dụng (tương đương) giữa các thanh dẫn chính

$$a_m = \frac{a}{k_{12}} = \frac{0,2}{1,00} = 0,20 \text{ m} \quad (6)$$

Với k_{12} theo hình 1 của IEC 865 – 1, với $b_m/d_m = 60\text{mm}/50\text{mm} = 1,2$ và $a/d_m = 200\text{mm}/50\text{mm} = 4$. Những kích cỡ b_m và d_m được chỉ rõ ở hình 2b của IEC 865 – 1

5.3 Lực cực đại trên thanh dẫn con ngoài giữa hai phần nối kề nhau

$$F_s = \frac{m_0}{2p} \left(\frac{i_{p3}}{n} \right)^2 \frac{l_s}{a_s} = \frac{4p \cdot 10^{-7}}{2p} \frac{Vs}{Am} \times \left(\frac{30,6 \cdot 10^3 A}{3} \right)^2 \times \frac{0,5m}{20,2 \cdot 10^{-3}m} = 515 N \quad (4)$$

ở đó

$$\frac{1}{a_s} = \frac{k_{12}}{a_{12}} + \frac{k_{13}}{a_{13}} = \frac{0,60}{20mm} + \frac{0,78}{40mm} = \frac{1}{20,2mm} \quad (8)$$

với k_{12} và k_{13} theo hình 1 của IEC 865

– $k_{12} = 0,60$ đối với $a_{12}/d = 20mm/10mm = 2$ và $b/d = 6$

– $k_{13} = 0,78$ đối với $a_{13}/d = 40mm/10mm = 4$ và $b/d = 6$

hoặc a_s theo bảng 1 của IEC 865 – 1

5.4 ứng suất dây dẫn và các lực trên giá đỡ

Các tính toán có thể được thực hiện phù hợp với 5.4.1 hoặc 5.4.2 dưới đây

5.4.1 Phương pháp giản đơn hoá

5.4.1.1 ứng suất uốn gây ra bởi các lực giữa các thanh dẫn chính

$$\begin{aligned} s_m &= V_s V_r b \frac{F_{m3} l}{8Z} \\ &= 1,0 \times 0,73 \times \frac{811N \times 1,00m}{8 \times 3 \cdot 10^{-6} m^3} = 24,7 \cdot 10^6 N/m^2 = 24,7 N/mm^2 \end{aligned} \quad (9)$$

ở đó

$$V_s V_r = 1,0 = (V_s V_r)_{\max}$$

865 – 1

theo bảng 2 của IEC

$$\beta = 0,73$$

865 – 1

theo bảng 3 của IEC

$$Z = n \frac{bd^2}{6} = 3 \times \frac{0,06 \times 0,01^2}{6} m^3 = 3 \cdot 10^{-6} m^3 \quad \text{theo 2.2.2.3 của IEC 865 – 1}$$

5.4.1.2 ứng suất uốn gây ra bởi các lực giữa các dây dẫn con

$$\begin{aligned} s_s &= V_{ss} V_r \frac{F_s l_s}{16Z_s} \\ &= 1,0 \times \frac{515N \times 0,5m}{16 \times 1 \cdot 10^{-6} m^3} = 16,1 \cdot 10^6 N/m^2 = 16,1 N/mm^2 \end{aligned} \quad (10)$$

ở đó

$$V_s V_r = 1,0 = (V_s V_r)_{\max}$$

$$Z_s = 1 \cdot 10^{-6} m^3$$

theo bảng 2 của IEC 865 – 1

như Z trong 4.3.1.1 (ví dụ 1)

5.4.1.3 ứng suất uốn tổng trong những vật liệu thanh cái

$$\sigma_{\text{tot}} = \sigma_m + \sigma_s = 24,7 \text{ N/mm}^2 + 16,1 \text{ N/mm}^2 = 40,8 \text{ N/mm}^2 \quad (12)$$

Các thanh cái được giả định là chịu đựng được lực do ngắn mạch nếu

$$\sigma_{\text{tot}} \leq qR_{p0,2} \quad (13)$$

$$\sigma_s \leq R_{p0,2} \quad (14)$$

với giá trị dưới của $R_{p0,2}$. Đối với tiết diện chữ nhật $q = 1,5$ xem bảng 4 hoặc 2.2.2.3 của IEC 865 – 1. Cái này cho:

$$\sigma_{\text{tot}} = 40,8 \text{ N/mm}^2 \text{ nhỏ hơn } 1,5 \times 120 \text{ N/mm}^2 = 180 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_s = 16,1 \text{ N/mm}^2 \text{ nhỏ hơn } 120 \text{ N/mm}^2$$

5.4.1.4 Lực uốn trên giá đỡ

$$F_d = V_F V_r \alpha F_{m3} \quad (15)$$

Theo IEC 865 – 1 bảng 2, với giá trị trên của $R_{p0,2}$ nó là:

$$\frac{S_{\text{tot}}}{0,8 \cdot R_{p0,2}} = \frac{40,8 \text{ N/mm}^2}{0,8 \times 180 \text{ N/mm}^2} = 0,283$$

như vậy trong trường hợp ngắn mạch ba pha

$$\frac{S_{\text{tot}}}{0,8 \cdot R_{p0,2}} \leq 0,370$$

Do đó

$$V_F V_r = 2,7$$

Lực trên các giá đỡ ngoài (A) là, với $\alpha_A = 0,4$ (xem bảng 3 của IEC 865 – 1)

$$F_{dA} = 2,7 \times 0,4 \times 811 \text{ N} = 876 \text{ N}$$

Lực trên các giá đỡ trong (B) là, với $\alpha_B = 1,1$ xem bảng 3 của IEC 865 – 1

$$F_{dB} = 2,7 \times 1,1 \times 811 \text{ N} = 2409 \text{ N}$$

5.4.2 Phương pháp chi tiết

5.4.2.1 Tần số riêng f_c của thanh dẫn chính, f_{cs} của các dây dẫn con và các hệ số V_F , V_σ , V_{σ_s} , V_r và V_{rs}

$$f_c = c \frac{g}{l^2} \sqrt{\frac{EJ_s}{m_s}} = 0,97 \times \frac{3,56}{(1,00 \text{ m})^2} \times \sqrt{\frac{7 \cdot 10^{10} \text{ N/m}^2 \times 0,5 \cdot 10^{-8} \text{ m}^4}{1,62 \text{ kg/m}}} = 50,8 \text{ Hz} \quad (17)$$

ở đó

$$c = 0,97$$

theo IEC 865 – 1, hình 3c đối với $k=2$ và tỷ số

$$\frac{m_z}{n m'_s l} = \frac{1,62 \text{ kg/m} \times 0,06 \text{ m} \times 2}{3 \times 1,62 \text{ kg/m} \times 1,00 \text{ m}} = 0,04$$

$$\gamma = 3,56$$

$$J = 0,5 \cdot 10^{-8} \text{ m}^4$$

theo bảng 3 của IEC 865 – 1
như J trong thí dụ 1

$$f_{cs} = \frac{3,56}{l_s^2} \sqrt{\frac{EJ_s}{m'_s}} = \frac{3,56}{(0,5 \text{ m})^2} \times \sqrt{\frac{7 \cdot 10^{10} \text{ N/m}^2 \times 0,5 \cdot 10^{-8} \text{ m}^4}{1,62 \text{ kg/m}}} = 209 \text{ Hz} \quad (18)$$

Tỷ số f_c/f là 1,02 và f_{cs}/f là 4,18. Theo hình 4 và 2.2.2.6.2 của IEC 865 – 1 cho những giá trị sau cho những hệ số $V_F, V_\sigma, V_{\sigma s}, V_r$ và V_{rs} :

$$V_F = 1,8$$

$$V_\sigma = 1,0$$

$$V_{\sigma s} = 1,0$$

$$V_r = 1,0$$

$$V_{rs} = 1,0$$

5.4.2.2 ứng suất uốn gây ra bởi các lực giữa các thanh dẫn chính

$$\begin{aligned} s_m &= V_s V_r b \frac{E_m l}{8Z} \\ &= 1,0 \times 1,0 \times 0,73 \times \frac{811 \text{ N} \times 1,00 \text{ m}}{8 \times 3 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3} = 24,7 \cdot 10^6 \text{ N/m}^2 = 24,7 \text{ N/mm}^2 \end{aligned} \quad (9)$$

ở đó

$$V_\sigma V_r = 1,0 \times 1,0$$

theo 5.4.2.1 trên

$$\beta = 0,73$$

theo IEC 865 – 1, bảng 3

$$Z = n \frac{bd^2}{6} = 3 \times \frac{0,06 \times 0,01^2}{6} \text{ m}^2 = 3 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3$$

theo IEC 865 – 1, 2.2.2.3

5.4.2.3 ứng suất uốn gây ra bởi các lực giữa các thanh dẫn con

$$\begin{aligned} s_m &= V_s V_r \frac{E_s l}{16Z_s} \\ &= 1,0 \times 1,0 \times \frac{515 \text{ N} \times 0,5 \text{ m}}{16 \times 1 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3} = 16,1 \cdot 10^6 \text{ N/m}^2 = 16,1 \text{ N/mm}^2 \end{aligned} \quad (10)$$

ở đó

$$V_\sigma V_r = 1,0 \times 1,0$$

theo bảng 2 của IEC 865 – 1

$$Z_s = 1 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3$$

như Z trong 4.3.1.1 (ví dụ 1)

5.4.2.4 ứng suất uốn tổng trong vật liệu thanh cái

$$\sigma_{\text{tot}} = \sigma_m + \sigma_s = 24,7\text{N/mm}^2 + 16,1\text{N/mm}^2 = 40,8\text{N/mm}^2 \quad (12)$$

Thanh cái được giả định chịu đựng lực do dòng điện ngắn mạch nếu

$$\sigma_{\text{tot}} \leq qR_{p0,2} \quad (13)$$

$$\sigma_s \leq R_{p0,2} \quad (14)$$

với giá trị dưới của $R_{p0,2}$. Đối với một tiết diện chữ nhật $q = 1,5$, xem bảng 4 của IEC 865 – 1.

Cái này cho:

$$\begin{aligned} \sigma_{\text{tot}} &= 40,8\text{N/mm}^2 \text{ nhỏ hơn } 1,5 \times 120 \text{ N/mm}^2 = 180\text{N/mm}^2 \\ \sigma_s &= 16,1\text{N/mm}^2 \text{ nhỏ hơn } 120\text{N/mm}^2 \end{aligned}$$

5.4.2.5 Lực uốn trên các giá đỡ

$$F_d = V_F V_r \alpha F_{m3} \quad (15)$$

theo 5.4.2.1 ở trên, $V_F V_r = 1,8 \times 1,0 = 1,8$ thấp hơn giá trị 2,7 nhận được từ bảng 2 của IEC 865 – 1 trong trường hợp phương pháp giản đơn hoá, xem 5.4.1.4

Lực trên các giá đỡ ngoài (A) là, với $\alpha_A = 0,4$ xem IEC 865 – 1, bảng 3:

$$F_{dA} = V_F V_r \alpha_A F_{m3} = 1,8 \times 1,0 \times 0,4 \times 811\text{N} = 584\text{N}$$

Lực trên các giá đỡ trong (B) là, với $\alpha_B = 1,1$ xem IEC 865 – 1, bảng 3:

$$F_{dB} = V_F V_r \alpha_B F_{m3} = 1,8 \times 1,0 \times 1,1 \times 811\text{N} = 1606\text{N}$$

5.4.3 Các kết luận

		Phương pháp giản đơn hoá	Phương pháp chi tiết
Các thanh cái chịu đựng ứng lực do dòng điện ngắn mạch			
Các ứng suất uốn tính toán	σ_{tot}	N/mm ²	40,8
	σ_s	N/mm ²	16,1
Các giá đỡ ngoài phải chịu lực uốn động của		N	876
Các giá đỡ trong phải chịu lực uốn động của		N	2409
			1606

6 Ví dụ 3 - Các hiệu ứng cơ tác dụng lên trang thiết bị cao áp có các thanh dẫn cứng

Cơ sở để tính toán trong ví dụ này là một thanh cái ba pha 380kV, với dây dẫn hình ống cho từng pha. Việc bố trí thanh dẫn như đã chỉ trong hình 3. Ví dụ này bao gồm các tính toán có và không có tự động đóng lại

- a) bố trí với hai khoảng (giá đỡ)
b) Mô hình bỏ qua ảnh hưởng của các cấu trúc của giá đỡ

Hình 3 – Bố trí dây dẫn và giá đỡ

6.1 Các dữ liệu

Dòng ngắn mạch ba pha đối xứng ban đầu

(giá trị hiệu dụng)

$$I''_{k3} = 50 \text{ kA}$$

Hệ số để tính toán giá trị đỉnh của dòng ngắn mạch

$$k = 1,81$$

Tần số hệ thống

$$f = 50 \text{ Hz}$$

Số khoảng (giá đỡ)

$$= 2$$

Khoảng cách giữa các giá đỡ

$$l = 18 \text{ m}$$

Khoảng cách giữa tâm trục của các dây dẫn

$$a = 5 \text{ m}$$

Chiều cao của sứ đỡ và kẹp

$$h_1 = 3,7 \text{ m}$$

Chiều cao của giá đỡ

$$h_s = 7,0 \text{ m}$$

Thanh dẫn hình ống : 160mm × 6mm AlMgSi0,5

– Khối lượng trên đơn vị chiều dài

$$m' = 7,84 \text{ kg/m}$$

– Đường kính ngoài

$$D = 160 \text{ mm}$$

– Chiều dày thành ống

$$s = 6 \text{ mm}$$

– Môđun young

$$E = 70000 \text{ N/mm}^2$$

– ứng suất tương ứng với giới hạn đàn hồi

$$R_{p0,2} = 160 \text{ N/mm}^2 \text{ tới } 240 \text{ N/mm}^2$$

6.2 Lực cực đại lên thanh dẫn chính trung tâm

$$F_{m3} = \frac{m_0}{2p} \frac{\sqrt{3}}{2} i_{p3}^2 \frac{l}{a_m} = \frac{4p \cdot 10^{-7}}{2p} \frac{V_s}{A_m} \times \frac{\sqrt{3}}{2} \times (128 \cdot 10^3 \text{ A})^2 \times \frac{18 \text{ m}}{5 \text{ m}} = 10200 \text{ N} = 10,2 \text{ kN} \quad (2)$$

ở đó

$$i_{p3} = \sqrt{2}kI_{k3}'' = \sqrt{2} \times 1,81 \times 50kA = 128kA = 128.10^3 A$$

và $a_m = a = 5m$

6.3 ứng suất của thanh dẫn và các lực trên giá đỡ

Các tính toán có thể được thực hiện phù hợp với 6.3.1 hoặc 6.3.2 sau đây

6.3.1 Phương pháp giản đơn hoá

6.3.1.1 ứng suất uốn của các dây dẫn không tự động đóng lại ba pha ứng suất uốn cực đại là:

ứng suất uốn cực đại là:

$$\begin{aligned} s_{tot} = s_m &= V_s V_r b \frac{E_{m3} l}{8Z} \\ &= 1,0 \times 0,73 \times \frac{10,2.10^3 N \times 18m}{8 \times 108.10^{-6} m^3} = 155.10^6 N/m^2 = 155 N/mm^2 \end{aligned} \quad (9,12)$$

ở đó

$$V_s V_r = 1,0$$

$$\beta = 0,73$$

theo bảng 2 của IEC 865 – 1

theo bảng 3 của IEC 865 – 1

$$Z = \frac{J}{D/2} = \frac{8,62.10^{-6} m^4}{0,080m} = 108.10^{-6} m^3$$

ở đó

$$J = \frac{p}{64} [D^4 - (D - 2s)^4] = \frac{p}{64} [0,160^4 - (0,160 - 2 \times 0,006)^4] m^4 = 8,62 \times 10^{-6} m^4$$

Thanh cái được giả định chịu đựng lực do ngắn mạch nếu

$$\sigma_{tot} \leq q R_{p0,2} \quad (13)$$

với giá trị dưới của $R_{p0,2}$

Đối với một tiết diện ống phù hợp với IEC 865 – 1, bảng 4

$$q = 1,7 \cdot \frac{1 - (1 - 2s/D)^3}{1 - (1 - 2s/D)^4} 1,7 \times \frac{1 - (1 - 2 \times 0,006/0,160)^3}{1 - (1 - 2 \times 0,006/0,160)^4} = 1,32$$

Điều này cho:

$$\sigma_{tot} = 155 N/mm^2 \text{ nhỏ hơn } 1,32 \times 160 N/mm^2 = 211 N/mm^2$$

6.3.1.2 Lực uốn trên các giá đỡ không có đóng lại tự động ba pha

$$F_d = V_F V_r \alpha F_{m3} \quad (15)$$

Theo IEC 865 – 1, bảng 2 với giá trị trên của $R_{p0,2}$, ta được:

$$\frac{S_{tot}}{0,8.R_{p0,2}} = \frac{155N/mm^2}{0,8 \times 240 N/mm^2} = 0,807$$

như vậy

$$0,370 < \frac{S_{tot}}{0,8R_{p0,2}} < 1$$

Do đó

$$V_F V_r = \frac{0,8.R_{p0,2}}{S_{tot}} = \frac{0,8 \times 240 N/mm^2}{155 N/mm^2} = 1,24$$

Lực trên các giá đỡ ngoài (A) là, với $\alpha_A = 0,375$, xem IEC 865 – 1, bảng 3:

$$F_{dA} = V_F V_r \alpha_A F_{m3} = 1,24 \times 0,375 \times 10,2kN = 4,74kN$$

Lực trên các giá đỡ trong (B) là, với $\alpha_B = 1,25$, xem IEC 865 – 1, bảng 3:

$$F_{dB} = V_F V_r \alpha_B F_{m3} = 1,24 \times 1,25 \times 10,2kN = 15,8kN$$

Những mômen uốn trên kết cấu hạ tầng là:

– trên nền (đáy) của các cách điện ngoài

$$M_{IA} = F_{dA} h_1 = 4,74kN \times 3,7m = 17,5kNm$$

– trên nền (đáy) của các giá đỡ ngoài

$$M_{SA} = F_{dA} h_S = 4,74kN \times 7,0m = 33,2kNm$$

– trên nền (đáy) của cái cách điện bên trong

$$M_{IB} = F_{dB} h_1 = 15,8kN \times 3,7m = 58,5kNm$$

– trên nền (đáy) của giá đỡ trong

$$M_{SB} = F_{dB} h_S = 15,8kN \times 7,0m = 110,6kNm$$

6.3.1.3 ứng suất uốn của các dây dẫn

với tự động đóng lại ba pha, ứng suất uốn là

$$\begin{aligned} s_{tot} = s_m &= V_s V_r b \frac{E_{m3} l}{8Z} \\ &= 1,8 \times 0,73 \times \frac{10,2 \cdot 10^3 N \times 18m}{8 \times 108 \cdot 10^{-6} m^3} = 279 \cdot 10^6 N/m^2 = 279 N/mm^2 \end{aligned} \quad (9,12)$$

ở đó

$$V_s V_r = 1,8 = (V_s V_r)_{\max}$$

$$\beta = 0,73$$

$$Z = 108 \cdot 10^{-6} m^3$$

theo IEC 865 – 1, bảng 2

theo IEC 865 – 1, bảng 3

xem 6.3.1.1

Thanh cái được giả định chịu đựng lực ngắn mạch nếu

$$\sigma_{\text{tot}} \leq qR_{p0,2} \quad (13)$$

Với giá trị dưới của $R_{p0,2}$ và ở đó $q = 1,32$, xem 6.3.1.1

Điều này cho:

$$\sigma_{\text{tot}} = 279 \text{ N/mm}^2 \text{ lớn hơn } 1,32 \times 160 \text{ N/mm}^2 = 211 \text{ N/mm}^2$$

Chỉ xem kết quả của phương pháp đơn giản hoá, thanh cái không được giả định chịu đựng lực do ngắn mạch.

Ghi chú- Như vậy cần áp dụng những phương pháp chi tiết.

6.3.1.4 Các lực uốn trên các giá đỡ với tự động đóng lại ba pha

Ghi chú - Việc tính toán sau chỉ được thực hiện để làm thông tin, vì rằng theo phương pháp đơn giản hoá, thanh cái không chịu đựng lực do ngắn mạch

$$F_d = V_F V_r \propto F_{m3} \quad (15)$$

Theo IEC 865 – 1, bảng 2 với giá trị trên của $R_{p0,2}$, ta được:

$$\frac{s_{\text{tot}}}{0,8.R_{p0,2}} = \frac{279 \text{ N/mm}^2}{0,8 \times 240 \text{ N/mm}^2} = 1,45$$

như vậy

$$1 < \frac{s_{\text{tot}}}{0,8.R_{p0,2}}$$

do đó

$$V_F V_r = 1,0$$

Lực trên các giá đỡ ngoài (A) là, với $\alpha_A = 0,375$, xem IEC 865 – 1, bảng 3:

$$F_{dA} = V_F V_r \alpha_A F_{m3} = 1,0 \times 0,375 \times 10,2 \text{ kN} = 3,83 \text{ kN}$$

Lực trên các giá đỡ trong (B) là, với $\alpha_B = 1,25$, xem IEC 865 – 1, bảng 3:

$$F_{dB} = V_F V_r \alpha_B F_{m3} = 1,0 \times 1,25 \times 10,2 \text{ kN} = 12,75 \text{ kN}$$

6.3.2 Phương pháp chi tiết

6.3.2.1 Tần số riêng f_c và các hệ số V_F , V_σ và V_r

$$f_c = \frac{g}{l^2} \sqrt{\frac{EJ}{m_s'}} = \frac{2,45}{(18m)^2} \times \sqrt{\frac{7 \cdot 10^{10} N/m^2 \times 8,62 \cdot 10^{-6} m^4}{7,84 kg/m}} = 2,10 Hz \quad (16)$$

ở đó

$$\gamma = 2,45$$

$$J = 8,62 \cdot 10^{-6} m^4$$

theo IEC 865 –1, bảng 3
xem 6.3.1.1

Tỷ số f_c/f là

$$\frac{f_c}{f} = \frac{2,10}{50} = 0,042$$

Đối với tỷ số này, những hệ số V_F , V_σ và V_r theo 2.2.2.6.2, hình 4 và hình 5 của IEC 865 – 1 là:

$$V_F = 0,36$$

$$V_\sigma = 0,31$$

$$V_r = 1,0$$

$$V_r = 1,8$$

không có tự động đóng lại ba pha
có tự động đóng lại ba pha

6.3.2.2 ứng suất uốn của thanh dẫn không có tự động đóng lại ba pha

ứng lực uốn cực đại là:

$$\begin{aligned} s_{tot} = s_m &= V_s V_r b \frac{E_{m3} l}{8Z} \\ &= 0,31 \times 1,0 \times 0,73 \times \frac{10,2 \cdot 10^3 N \times 18m}{8 \times 108 \cdot 10^{-6} m^3} = 48,1 \cdot 10^6 N/m^2 = 48,1 N/mm^2 \end{aligned} \quad (9,12)$$

ở đó

$$V_\sigma V_r = 0,31 \times 1,0 = 0,31$$

theo 6.3.2.1 ở trên, giá trị mà ở dưới

giá trị 1,0 = $(V_\sigma V_r)_{\max}$ theo bảng 2

của IEC 865 – 1

$$\beta = 0,73$$

theo bảng 3 của IEC 865 – 1

$$Z = \frac{J}{D/2} = \frac{8,62 \cdot 10^{-6} m^4}{0,080m} = 108 \cdot 10^{-6} m^3$$

Các thanh cái được coi là chịu đựng được lực do ngắn mạch nếu:

$$\sigma_{tot} \leq q R_{p0,2} \quad (13)$$

với giá trị dưới của $R_{p0,2}$ và ở đó $q = 1,32$, xem 6.3.1.1

Cái này cho:

$$\sigma_{tot} = 48,1 N/mm^2 \text{ nhỏ hơn } 1,32 \times 160 N/mm^2 = 211 N/mm^2$$

6.3.2.3 Lực uốn trên các giá đỡ không có tự động đóng lại ba pha

$$F_d = V_F V_r \alpha F_{m3} \quad (15)$$

Theo 6.3.2.1 ở trên, $V_F V_r = 0,36 \times 1,0 = 0,36$ ở dưới giá trị 1,24 có thể nhận được từ bảng 2 của IEC 865 – 1 trong trường hợp phương pháp giản đơn hoá, xem 6.3.1.2:

Lực trên các giá đỡ ngoài (A) là, với $\alpha_A = 0,375$ xem bảng 3 của IEC 865 – 1

$$F_{dA} = V_F V_r \alpha_A F_{m3} = 0,36 \times 1,0 \times 0,375 \times 10,2 \text{ kN} = 1,38 \text{ kN}$$

Lực trên các giá đỡ trong (B) là, với $\alpha_B = 1,25$ xem bảng 3 của IEC 865 – 1

$$F_{dB} = V_F V_r \alpha_B F_{m3} = 0,36 \times 1,0 \times 1,25 \times 10,2 \text{ kN} = 4,59 \text{ kN}$$

những mômen uốn trên cấu trúc hạ tầng là:

– trên nền (đáy) của các cái cách điện ngoài

$$M_{IA} = F_{dA} h_1 = 1,38 \text{ kN} \times 3,7 \text{ m} = 5,11 \text{ kNm}$$

– trên nền (đáy) của các giá đỡ ngoài

$$M_{SA} = F_{dA} h_S = 1,38 \text{ kN} \times 7,0 \text{ m} = 9,66 \text{ kNm}$$

– trên nền (đáy) của các cái cách điện bên trong

$$M_{IB} = F_{dB} h_1 = 4,59 \text{ kN} \times 3,7 \text{ m} = 17,0 \text{ kNm}$$

– trên nền (đáy) của giá đỡ trong

$$M_{SB} = F_{dB} h_S = 4,59 \text{ kN} \times 7,0 \text{ m} = 32,1 \text{ kNm}$$

6.3.2.4 ứng suất uốn của thanh dẫn có tự động đóng lại ba pha

ứng suất uốn cực đại là:

$$\begin{aligned} s_{tot} = s_m &= V_s V_r b \frac{E_{m3} l}{8Z} \\ &= 0,31 \times 1,8 \times 0,73 \times \frac{10,2 \cdot 10^3 \text{ N} \times 18 \text{ m}}{8 \times 108 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3} = 86,6 \cdot 10^6 \text{ N/m}^2 = 86,6 \text{ N/mm}^2 \end{aligned} \quad (9,12)$$

ở đó

$$V_s V_r = 0,31 \times 1,8 = 0,558$$

theo 6.3.2.1 ở trên, giá trị mà ở dưới

giá trị 1,8 = $(V_s V_r)_{\max}$ theo bảng 2

của IEC 865 – 1

$$\beta = 0,73$$

theo bảng 3 của IEC 865 – 1

$$Z = 108 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3$$

xem 6.3.2.2

Các thanh cái được coi là chịu đựng được lực do dòng ngắn mạch nếu

$$\sigma_{tot} \leq q \cdot R_{p0,2} \quad (13)$$

với giá trị dưới của $R_{p0,2}$ và ở đó $q = 1,32$ xem 6.3.1.1

Cái này cho:

$$\sigma_{tot} = 86,6 \text{ N/mm}^2 \text{ nhỏ hơn } 1,32 \times 160 \text{ N/mm}^2 = 211 \text{ N/mm}^2$$

6.3.2.5 Lực uốn lên những giá đỡ có tự động đóng lại ba pha

$$F_d = V_F V_r \alpha F_{m3} \quad (15)$$

Theo 6.3.2.1 ở trên, $V_F V_r = 0,36 \times 1,8 = 0,65$ thấp hơn giá trị 1,0 nhận được từ bảng 2 của IEC 865 – 1 trong trường hợp phương pháp giản đơn hoá, xem 6.3.1.4

Lực trên các giá đỡ ngoài (A) là, với $\alpha_A = 0,375$ xem bảng 3 của IEC 865 – 1

$$F_{dA} = V_F V_r \alpha_A F_{m3} = 0,36 \times 1,8 \times 0,375 \times 10,2 \text{ kN} = 2,48 \text{ kN}$$

Lực trên các giá đỡ trong (B) là, với $\alpha_B = 1,25$, xem IEC 865 – 1, bảng 3:

$$F_{dB} = V_F V_r \alpha_B F_{m3} = 0,36 \times 1,8 \times 1,25 \times 10,2 \text{ kN} = 8,26 \text{ kN}$$

những mômen uốn trên cấu trúc hạ tầng là:

- trên nền (đáy) của các cái cách điện ngoài
 $M_{IA} = F_{dA} h_1 = 2,48 \text{ kN} \times 3,7 \text{ m} = 9,18 \text{ kNm}$
- trên nền (đáy) của các giá đỡ ngoài
 $M_{SA} = F_{dA} h_S = 2,48 \text{ kN} \times 7,0 \text{ m} = 17,4 \text{ kNm}$
- trên nền (đáy) của các cái cách điện bên trong
 $M_{IB} = F_{dB} h_1 = 8,26 \text{ kN} \times 3,7 \text{ m} = 30,6 \text{ kNm}$
- trên nền (đáy) của giá đỡ trong
 $M_{SB} = F_{dB} h_S = 8,26 \text{ kN} \times 7,0 \text{ m} = 57,8 \text{ kNm}$

6.3.3 Các kết luận

		Phương pháp giản đơn hoá	Phương pháp chi tiết
a) Không có tự động đóng lại ba pha			
Thanh cái chịu đựng lực do ngắn mạch			
ứng suất uốn tính toán σ_{tot} là:	N/mm ²	155	48,1
Các giá đỡ ngoài phải chịu đựng một lực uốn động của	kN	4,74	1,38
Các giá đỡ trong phải chịu đựng một lực uốn động của	kN	15,8	4,59
b) Với tự động đóng lại ba pha			
Các ứng suất uốn tính toán σ_{tot} là:	N/mm ²	279	86,6
Các thanh cái được giả định chịu đựng lực do dòng ngắn mạch khi dùng phương pháp chi tiết, nhưng không phải là lực đó khi dùng phương pháp giản đơn hoá			
Các giá đỡ ngoài phải chịu đựng một lực uốn động của	kN	3,83	2,48
Các giá đỡ phía chịu đựng lực uốn động của	kN	12,8	8,26

7 Ví dụ 4 - Các hiệu ứng cơ tác dụng lên một trang thiết bị 110kV có dây dẫn mềm

Cơ sở để tính toán trong ví dụ này là một thanh cái mềm ba pha với một dây dẫn được bên lại thuần nhôm cho từng pha có khoảng cách thay đổi giữa các dây dẫn. Những điểm móc treo ở mỗi đầu của khoảng là những giá đỡ cách điện trên những cấu trúc bằng thép như đã được chỉ trong hình 4



Hình 4 – lắp đặt với dây dẫn chùng

7.1 Các dữ liệu

Dòng ngắn mạch ba pha đối xứng ban đầu
(giá trị hiệu dụng)

$$I''_{k3} = 19 \text{ kA}$$

Khoảng thời gian đi qua đầu tiên của dòng ngắn mạch

$$T_{k1} = 0,31 \text{ s}$$

Khoảng cách giữa các giá đỡ

$$l = 11,5 \text{ m}$$

Khoảng cách tâm trục giữa các dây dẫn

$$a_1 = 1,6 \text{ m}$$

$$a_2 = 2,4 \text{ m}$$

Hằng số đàn hồi tổng hợp của hai giá đỡ của một S khoảng = 100N/mm

Dây dẫn bên thuần nhôm AAC 240

– Tiết diện	A_s	= 242 mm ²
– Khối lượng trên đơn vị chiều dài	m'_s	= 0,670kg/m
– Môđun young	E	= 55000 N/mm ²

Lực căng tĩnh của dây dẫn ở một nhiệt độ dây dẫn – 20°C (nhiệt độ mùa đông cực tiểu tại địa phương)

$$F_{st,-20} = 400N$$

Lực căng tĩnh của dây dẫn ở một nhiệt độ dây dẫn 60°C

$$F_{st,60} = 273 N$$

Giá trị quy ước của gia tốc trọng trường

$$g_n = 9,81m/s^2$$

7.2 Các lực điện từ và các tham số đặc trưng

Lực điện từ trên một đơn vị chiều dài là:

$$F' = \frac{m_0}{2p} 0,75 \frac{(I_{k3}'')^2}{a} \frac{l_c}{l} = \frac{4p \cdot 10^{-7}}{2p} \frac{Vs}{Am} \times 0,75 \times \frac{(19 \cdot 10^3 A)^2}{2m} \times 1,0 = 27,1 N/m \quad (19)$$

với $l_c/l = 1,0$ và một khoảng cách tương đương $a = \frac{a_1 + a_2}{2} = \frac{1,6m + 2,4m}{2} = 2m$

Tham số r là:

$$r = \frac{F'}{nm'_s g_n} = \frac{27,1 N/m}{1 \times 0,670 kg/m \times 9,81 kg/s^2} = 4,12 \quad (20)$$

Chiều của lực tổng hợp là

$$\delta_1 = \arctan r = \arctan 4,12 = 76,4^\circ \quad (21)$$

Những khoảng võng tương đương của dây dẫn ở giữa khoảng là:

$$b_{c,-20} = \frac{nm'_s g_n l^2}{8F_{st,-20}} = \frac{1 \times 0,670 kg/m \times 9,81 m/s^2 \times 11,5^2 m^2}{8 \times 400 N} = 0,272 m \quad (22)$$

$$b_{c,-60} = \frac{nm'_s g_n l^2}{8F_{st,-60}} = \frac{1 \times 0,670 kg/m \times 9,81 m/s^2 \times 11,5^2 m^2}{8 \times 273 N} = 0,398 m \quad (22)$$

Những chu kỳ dao động của dây dẫn là:

$$T_{-20} = 2p \sqrt{0,8 \cdot \frac{b_{c,-20}}{g_n}} = 2p \sqrt{0,8 \times \frac{0,272}{9,81m/s^2}} = 0,936s \quad (23)$$

$$T_{60} = 2p \sqrt{0,8 \cdot \frac{b_{c,60}}{g_n}} = 2p \sqrt{0,8 \times \frac{0,398}{9,81m/s^2}} = 1,132s \quad (23)$$

Những chu kỳ tổng hợp của dao động là:

$$T_{res,-20} = \frac{T_{-20}}{\sqrt[4]{1+r^2} \left[1 - \frac{p^2}{64} \left[\frac{d_1}{90^0} \right]^2 \right]} \quad (24)$$

$$= \frac{0,936s}{\sqrt[4]{1+4,12^2} \left[1 - \frac{p^2}{64} \left[\frac{76,4}{90^0} \right]^2 \right]} = 0,511s$$

$$T_{res,60} = \frac{T_{60}}{\sqrt[4]{1+r^2} \left[1 - \frac{p^2}{64} \left[\frac{d_1}{90^0} \right]^2 \right]} \quad (24)$$

$$= \frac{1,132s}{\sqrt[4]{1+4,12^2} \left[1 - \frac{p^2}{64} \left[\frac{76,4}{90^0} \right]^2 \right]} = 0,618s$$

Những tiêu chuẩn độ cứng là:

$$N_{-20} = \frac{1}{Sl} + \frac{1}{nF_{s,-20}A_s} \quad (25)$$

$$= \frac{1}{10^5 N/m \times 11,5m} + \frac{1}{1 \times 1,85 \cdot 10^{10} N/m^2 \times 242 \cdot 10^{-6} m^2} = 1,093 \cdot 10^{-6} \frac{1}{N}$$

với

$$E_{s,-20} = E \left[0,3 + 0,7 \cdot \sin \left(\frac{F_{st,-20}}{nA_s s_{fin}} \cdot 90^0 \right) \right] \quad (26)$$

$$= 55 \cdot 10^9 \frac{N}{m^2} \times \left[0,3 + 0,7 \times \sin \left(\frac{1,65 \cdot 10^6 N/m^2}{5 \cdot 10^7 N/m^2} \times 90^0 \right) \right] = 1,85 \cdot 10^{10} \frac{N}{m^2}$$

bởi vì

$$\frac{F_{st,-20}}{nA_s} = \frac{400N}{1 \times 242.10^{-6} m^2} = 1,65.10^6 \frac{N}{m^2} \text{ nhỏ hơn } s_{fin} = 5.10^7 \frac{N}{m^2} \quad (27)$$

$$N_{60} = \frac{1}{Sl} + \frac{1}{nE_{s,60}A_s} \quad (25)$$

$$= \frac{1}{10^5 N/m \times 11,5m} + \frac{1}{1 \times 1,79.10^{10} N/m^2 \times 242.10^{-6} m^2} = 1,100.10^{-6} \frac{1}{N}$$

với

$$E_{s,60} = E \left[0,3 + 0,7 \cdot \sin \left(\frac{F_{st,60}}{nA_s s_{fin}} \cdot 90^0 \right) \right] \quad (26)$$

$$= 55.10^9 \frac{N}{m^2} \times \left[0,3 + 0,7 \times \sin \left(\frac{1,13.10^6 N/m^2}{5.10^7 N/m^2} \times 90^0 \right) \right] = 1,79.10^{10} \frac{N}{m^2}$$

bởi vì

$$\frac{F_{st,60}}{nA_s} = \frac{273N}{1 \times 242.10^{-6} m^2} = 1,13.10^6 \frac{N}{m^2} \text{ nhỏ hơn } s_{fin} = 5.10^7 \frac{N}{m^2} \quad (27)$$

Những hệ số của ứng suất là:

$$Z_{-20} = \frac{(nm'_s g_n l)^2}{24 F_{st,-20}^3 N_{-20}} = \frac{(1 \times 0,670 kg/m \times 9,81 m/s^2 \times 11,5m)^2}{24 \times (400N)^3 \times 1,093.10^{-6} 1/N} = 3,40 \quad (28)$$

$$Z_{60} = \frac{(nm'_s g_n l)^2}{24 F_{st,60}^3 N_{60}} = \frac{(1 \times 0,670 kg/m \times 9,81 m/s^2 \times 11,5m)^2}{24 \times (273N)^3 \times 1,100.10^{-6} 1/N} = 10,6 \quad (28)$$

Những góc dao động của khoảng là:

$$\delta_{k,-20} = 2\delta_1 = 2 \times 76,4^0 = 153^0 \quad (29)$$

bởi vì

$$\frac{T_{k1}}{T_{res,-20}} = \frac{0,3s}{0,511s} = 0,587 \text{ lớn hơn } 0,5$$

$$d_{k,60} = d_1 \left[1 - \cos \left(360^0 \cdot \frac{T_{k1}}{T_{res,60}} \right) \right] = 76,4^0 \left[1 - \cos \left(360^0 \times \frac{0,3}{0,618} \right) \right] = 152,5^0 \quad (29)$$

bởi vì

$$\frac{T_{k1}}{T_{res,60}} = \frac{0,3s}{0,618s} = 0,485 \quad \text{nhỏ hơn } 0,5$$

Những góc cực đại của dao động $\delta_{m,-20}$ và $\delta_{m,60}$ phụ thuộc lần lượt vào χ_{-20} và χ_{60} lại phụ thuộc vào $\delta_{k,-20}$ và $\delta_{k,60}$

Đối với $\delta_{k,-20} = 153^0$ lớn hơn 90^0 là :

$$\chi_{-20} = 1 - r = 1 - 4,12 = -3,12 \quad (30)$$

và đối với $\chi_{-20} = -3,12$ nhỏ hơn $-0,985$ là :

$$\delta_{m,-20} = 180^0 \quad (31)$$

Đối với $\delta_{k,60} = 152,5^0$ lớn hơn 90^0 là :

$$\chi_{-60} = 1 - r = 1 - 4,12 = -3,12 \quad (30)$$

$\chi_{60} = -3,12$ nhỏ hơn $-0,985$ là:

$$\delta_{m,60} = 180^0 \quad (31)$$

7.2.1 Lực căng F_t trong khi ngắn mạch

Tham số tải là:

$$j_{60} = j_{-20} = 3(\sqrt{1+r^2}-1) = 3(\sqrt{1+4,12^2}-1) = 9,72 \quad (32)$$

bởi vì

$$T_{k1} = 0,3s \text{ lớn hơn } \frac{T_{res,-20}}{4} = \frac{0,511s}{4} = 0,128s$$

$$\text{và } T_{k1} = 0,3s \text{ lớn hơn } \frac{T_{res,60}}{4} = \frac{0,618s}{4} = 0,155s$$

Theo IEC 865 – 1 hình 7, các hệ số ψ_{-20} và ψ_{60} là:

– đối với $\varphi_{-20} = 9,72$ và $\zeta_{-20} = 3,40$:

$$\psi_{-20} = 0,58$$

– đối với $\varphi_{60} = 9,72$ và $\zeta_{60} = 10,6$:

$$\psi_{60} = 0,75$$

Các lực căng trong khi ngắn mạch là, đối với $n = 1$:

$$F_{t,-20} = F_{st,-20} (1 + \varphi_{-20}\psi_{-20}) = 400N (1 + 9,72 \times 0,58) = 2655N = 2,66kN \quad (34)$$

$$F_{t,60} = F_{st,60} (1 + \varphi_{60}\psi_{60}) = 273N (1 + 9,72 \times 0,75) = 2263N = 2,26kN \quad (34)$$

Lực căng F_t là giá trị cực đại của $F_{t,-20}$ và $F_{t,60}$:

$$F_t = \max \{F_{t,-20}, F_{t,60}\} = \max \{2,66kN, 2,26kN\} = 2,66kN$$

7.2.2 Lực căng F_f sau khi ngắn mạch

Bởi vì $r = 4,12$ lớn hơn 0,6 hoặc $\delta_{m,-20} = \delta_{m,60} = 180^\circ$ lớn hơn 70° , lực căng F_f sau khi ngắn mạch rất quan trọng

$$\begin{aligned} F_{t,-20} &= 1,2F_{st,-20} \sqrt{1 + 8z_{-20} \cdot \frac{d_{m,-20}}{180^\circ}} \\ &= 1,2 \times 400N \sqrt{1 + 8 \times 3,40 \times \frac{180^\circ}{180^\circ}} = 2549N = 2,55kN \end{aligned} \quad (35)$$

$$\begin{aligned} F_{t,60} &= 1,2F_{st,60} \sqrt{1 + 8z_{60} \cdot \frac{d_{m,60}}{180^\circ}} \\ &= 1,2 \times 273N \sqrt{1 + 8 \times 10,6 \times \frac{180^\circ}{180^\circ}} = 3035N = 3,04kN \end{aligned} \quad (35)$$

Lực căng F_f là giá trị cực đại của $F_{f,-20}$ và $F_{f,60}$:

$$F_f = \max \{F_{f,-20}, F_{f,60}\} = \max \{2,55kN, 3,04kN\} = 3,04kN$$

7.3 Dịch chuyển ngang của khoảng (của hai giá đỡ) b_h và khoảng cách tối thiểu trong không khí a_{min}

Tất cả những đại lượng sau đều được tính toán ở nhiệt độ dây dẫn là $60^\circ C$ mà nhiệt độ này dẫn tới sự dịch chuyển của khoảng lớn hơn dịch chuyển của khoảng ở nhiệt độ dây dẫn $-20^\circ C$

Dẫn nở đàn hồi là:

$$\begin{aligned}\varepsilon_{\text{ela}} &= N_{60} (F_{t,60} - F_{st,60}) \\ &= 1,10 \cdot 10^{-6} \frac{1}{N} \times (2263N - 273N) = 2,19 \cdot 10^{-3}\end{aligned}\quad (36)$$

Dẫn nở nhiệt là:

$$\begin{aligned}e_{th} &= c_{th} \left(\frac{I_{k3}''}{nA_s} \right)^2 \frac{T_{res,60}}{4} \\ &= 0,27 \cdot 10^{-18} \frac{m^4}{A^2 s} \times \left(\frac{19 \cdot 10^3 A}{1 \times 242 \cdot 10^{-6} m^2} \right)^2 \times \frac{0,618s}{4} = 2,57 \cdot 10^{-4}\end{aligned}\quad (37)$$

bởi vì

$$T_{kl} = 0,3s \text{ là lớn hơn } \frac{T_{res,60}}{4} = \frac{0,618}{4} = 0,155s$$

và $c_{th} = 0,27 \cdot 10^{-18} \frac{m^4}{A^2 s}$ đối với các dây dẫn thuần nhôm

Hệ số C_D là:

$$\begin{aligned}C_D &= \sqrt{1 + \frac{3}{8} \left(\frac{1}{b_{c,60}} \right)^2 (e_{ela} + e_{th})} \\ &= \sqrt{1 + \frac{3}{8} \times \left(\frac{11,5m}{0,398m} \right)^2 \times (2,19 \cdot 10^{-3} + 2,57 \cdot 10^{-4})} = 1,33\end{aligned}\quad (38)$$

Đối với $r = 4,12$, lớn hơn 1,8, hệ số $C_F = 1,15$ phải được sử dụng (xem IEC 865 – 1 phương trình (39))

Sự dịch chuyển nằm ngang cực đại của khoảng b_h đối với $\delta_{m,60} = 180^\circ$ lớn hơn 90° :

$$b_h = C_F C_D b_{c,60} = 1,15 \times 1,33 \times 0,398m = 0,61m \quad (40)$$

Khoảng cách tối thiểu trong không khí là:

$$a_{\min} = a - 2b_h = 2m - 2 \times 0,61m = 0,78m \quad (42)$$

7.4 Các kết luận

Những giá đỡ (các giá đỡ cách điện và kết cấu hạ tầng bằng thép) phải chịu đựng một lực uốn động là 3,04kN, tương ứng với lực căng F_f sau khi ngắn mạch

Theo 2.4.1 của IEC 865 – 1, những kẹp móc treo các dây dẫn phải được quy định với các đặc tính định mức dựa trên các giá trị đỉnh của lực:

$$\max(1,5 \cdot F_t, 1,0 \cdot F_f) = \max(1,5 \times 2,66kN, 1,0 \times 3,04kN) = \max(3,99kN, 3,4kN)$$

Sự dịch chuyển nằm ngang của khoảng là 0,61m và khoảng cách tối thiểu trong không khí là 0,78m

8 Ví dụ 5 - Hiệu ứng cơ tác dụng lên dây dẫn căng

Cở sở để tính toán trong ví dụ này là một bố trí ba pha 380kV với các dây dẫn căng bó kép, như đã chỉ trong hình 5. Trong khoảng có ba chỗ nối của các khung chống rung mà chúng cũng được coi như là những thanh giằng. Việc tính toán được thực hiện đối với hai giá trị khác nhau của khoảng cách giữa của các trục giữa các dây dẫn con nhằm để minh chứng ảnh hưởng của lực kép

QUANPHAM.VN

Hình 5 – Bố trí với các dây dẫn căng

8.1 Các dữ liệu chung

Dòng điện ngắn mạch ba pha đối xứng ban đầu (giá trị hiệu dụng)	I''_{k3}	= 63 kA
Hệ số để tính toán giá trị đỉnh của dòng ngắn mạch	κ	= 1,81
Khoảng thời gian đi qua đầu tiên của dòng ngắn mạch	T_{k1}	= 0,5s
Khoảng cách giữa các giá đỡ	l	= 48m
Chiều dài của dây dẫn mang tải dòng ngắn mạch	l_c	= 37,4m

($l_c = l - 2l_i$, trong đó l_i là chiều dài của một chuỗi cách điện)

Khoảng cách tâm trục giữa các dây dẫn pha	l_i	= 5,3m
	a	= 5m
Hằng số đàn hồi tổng của hai giá đỡ của một khoảng	S	= 500N/mm

Dây dẫn đôi 2ACSR 1045/45

– Số của dây dẫn con	n	= 2
– Tiết diện của dây dẫn con	A_s	= 1090mm ²
– Khối lượng dây dẫn con trên một đơn vị chiều dài	m'_s	= 3,25kg/m
– Môđun young	E	= 60 000N/mm ²
– Đường kính của dây dẫn con	d_s	= 43mm

Lực căng tĩnh của dây dẫn ở nhiệt độ dây dẫn là -20°C
(nhiệt độ mùa đông cực tiểu của địa phương)

$$F_{st,-20} = 23,1 \text{ kN}$$

Lực căng tĩnh của dây dẫn ở nhiệt độ dây dẫn là 60°C

$$F_{st,60} = 18,9 \text{ kN}$$

Khối lượng phụ thêm tập trung biểu thị những chỗ nối của các khung chống rung

– Số lượng	n_c	= 3
– Khối lượng của một chỗ nối	m_c	= 36 kg
– Khoảng cách	l_{s1}	= 5,7 m
	l_{s2}	= 10,0 m
	l_{s3}	= 10,0 m
	l_{s4}	= 11,7 m
Giá trị quy ước của gia tốc trọng trường	g_n	= 9,81m/s ²

8.2 Khoảng cách tâm trục giữa các dây dẫn con $a_s = 0,1m$

8.2.1 Lực điện từ và các tham số đặc trưng

Lực điện từ trên một đơn vị chiều dài là

$$F' = \frac{m_0}{2p} 0,75 \frac{(I_{k3})^2}{a} \frac{l_c}{l} = \frac{4p \cdot 10^{-7}}{2p} \frac{V_s}{A m} \times 0,75 \times \frac{(63 \cdot 10^{-3} A)^2}{5m} \times \frac{37,4m}{48m} = 92,8 N/m \quad (19)$$

Tham số r là:

$$r = \frac{F'}{nm'_{sc}g_n} = \frac{92,8N/m}{2 \times 4,69kg/m \times 9,81m/s^2} = 1,009 \quad (20)$$

ở đó m'_{sc} là khối lượng tổng trên một đơn vị chiều dài của một dây dẫn con:

$$m'_{sc} = m'_s + \frac{n_c m_c}{nl_c} = 3,25 \frac{kg}{m} + \frac{3 \times 36kg}{2 \times 37,4m} = 4,69 \frac{kg}{m}$$

Chiều của lực tổng hợp là:

$$\delta_1 = \arctan r = \arctan 1,009 = 45,3^0 \quad (21)$$

Những mũi tên tĩnh tương đương của dây dẫn ở giữa khoảng là:

$$b_{c,-20} = \frac{nm'_{sc}g_n l^2}{8F_{st,-20}} = \frac{2 \times 4,69kg/m \times 9,81m/s^2 \times 48^2 m^2}{8 \times 23,110^3 N} = 1,15m \quad (22)$$

$$b_{c,-60} = \frac{nm'_{sc}g_n l^2}{8F_{st,-60}} = \frac{2 \times 4,69kg/m \times 9,81m/s^2 \times 48^2 m^2}{8 \times 18,910^3 N} = 1,40m \quad (22)$$

Những chu kỳ dao động của dây dẫn là

$$T_{-20} = 2p \sqrt{0,8 \cdot \frac{b_{c,-20}}{g_n}} = 2p \sqrt{0,8 \times \frac{1,15}{9,81m/s^2}} = 1,92s \quad (23)$$

$$T_{60} = 2p \sqrt{0,8 \cdot \frac{b_{c,60}}{g_n}} = 2p \sqrt{0,8 \times \frac{1,40}{9,81m/s^2}} = 2,21s \quad (23)$$

Những chu kỳ tổng hợp của dao động là

$$\begin{aligned} T_{res,-20} &= \frac{T_{-20}}{\sqrt[4]{1+r^2} \left[1 - \frac{p^2}{64} \left[\frac{d_1}{90^0} \right]^2 \right]} \\ &= \frac{0,936s}{\sqrt[4]{1+1,009^2} \left[1 - \frac{p^2}{64} \left[\frac{45,3^0}{90^0} \right]^2 \right]} = 1,68s \end{aligned} \quad (24)$$

$$\begin{aligned}
 T_{res,60} &= \frac{T_{60}}{\sqrt[4]{1+r^2} \left[1 - \frac{p^2}{64} \left[\frac{d_1}{90^0} \right]^2 \right]} \\
 &= \frac{1,132s}{\sqrt[4]{1+1,009^2} \left[1 - \frac{p^2}{64} \left[\frac{45,3^0}{90^0} \right]^2 \right]} = 1,85s
 \end{aligned} \quad (24)$$

Những tiêu chuẩn độ cứng là:

$$\begin{aligned}
 N_{-20} &= \frac{1}{Sl} + \frac{1}{nF_{s,-20}A_s} \\
 &= \frac{1}{5.10^5 N/m \times 48m} + \frac{1}{2 \times 3,17.10^{10} N/m^2 \times 1090.10^{-6} m^2} = 5,61.10^{-8} \frac{1}{N}
 \end{aligned} \quad (25)$$

với

$$\begin{aligned}
 E_{s,-20} &= E \left[0,3 + 0,7 \cdot \sin \left(\frac{F_{st,-20}}{nA_s s_{fin}} \cdot 90^0 \right) \right] \\
 &= 6.10^{10} \frac{N}{m^2} \times \left[0,3 + 0,7 \times \sin \left(\frac{10,6.10^6 N/m^2}{5.10^7 N/m^2} \times 90^0 \right) \right] = 3,17.10^{10} \frac{N}{m^2}
 \end{aligned} \quad (26)$$

bởi vì

$$\frac{F_{st,-20}}{nA_s} = \frac{23,1.10^3 N}{2 \times 1090.10^{-6} m^2} = 10,6.10^6 \frac{N}{m^2} \text{ nhỏ hơn } s_{fin} = 5.10^7 \frac{N}{m^2} \quad (27)$$

$$\begin{aligned}
 N_{60} &= \frac{1}{Sl} + \frac{1}{nE_{s,60}A_s} \\
 &= \frac{1}{5.10^5 N/m \times 48m} + \frac{1}{2 \times 2,93.10^{10} N/m^2 \times 1090.10^{-6} m^2} = 5,78.10^{-8} \frac{1}{N}
 \end{aligned} \quad (25)$$

với

$$E_{s,60} = E \left[0,3 + 0,7 \cdot \sin \left(\frac{F_{st,60}}{nA_s s_{fin}} \cdot 90^0 \right) \right] \quad (26)$$

$$= 6.10^9 \frac{N}{m^2} \times \left[0,3 + 0,7 \times \sin \left(\frac{8,67.10^6 N/m^2}{5.10^7 N/m^2} \times 90^\circ \right) \right] = 2,93.10^{10} \frac{N}{m^2}$$

bởi vì

$$\frac{F_{st,60}}{nA_s} = \frac{18,9.10^3 N}{2 \times 1090.10^{-6} m^2} = 8,67.10^6 \frac{N}{m^2} \text{ nhỏ hơn } s_{fin} = 5.10^7 \frac{N}{m^2} \quad (27)$$

Những hệ số của ứng suất là:

$$Z_{-20} = \frac{(nm'_s g_n l)^2}{24 F_{st,-20}^3 N_{-20}} = \frac{(2 \times 4,69 kg/m \times 9,81 m/s^2 \times 48 m)^2}{24 \times (23,110^3 N)^3 \times 5,61.10^{-8} 1/N} = 1,176 \quad (28)$$

$$Z_{60} = \frac{(nm'_s g_n l)^2}{24 F_{st,60}^3 N_{60}} = \frac{(2 \times 4,69 kg/m \times 9,81 m/s^2 \times 48 m)^2}{24 \times (18,9.10^3 N)^3 \times 5,73.10^{-8} 1/N} = 2,101 \quad (28)$$

Những góc dao động của khoảng là:

$$d_{k,-20} = d_1 \left[1 - \cos \left(360^\circ \cdot \frac{T_{k1}}{T_{res,-20}} \right) \right] = 45,3^0 \left[1 - \cos \left(360^\circ \times \frac{0,5s}{1,68s} \right) \right] = 58,7^0 \quad (29)$$

bởi vì

$$\frac{T_{k1}}{T_{res,-20}} = \frac{0,5s}{1,68s} = 0,30 \text{ nhỏ hơn } 0,5$$

$$d_{k,60} = d_1 \left[1 - \cos \left(360^\circ \cdot \frac{T_{k1}}{T_{res,60}} \right) \right] = 45,3^0 \left[1 - \cos \left(360^\circ \times \frac{0,5s}{1,68s} \right) \right] = 51,1^0 \quad (29)$$

bởi vì

$$\frac{T_{k1}}{T_{res,60}} = \frac{0,5s}{1,85s} = 0,27 \text{ nhỏ hơn } 0,5$$

Những góc cực đại của dao động $\delta_{m,-20}$ và $\delta_{m,60}$ phụ thuộc lần lượt vào χ_{-20} và χ_{60} mà χ_{-20} và χ_{60} lại phụ thuộc $\delta_{k,-20}$ và $\delta_{k,60}$

Đối với 0 nhỏ hơn $\delta_{k,-20} = 58,7^\circ$ nhỏ hơn 90° là:

$$\chi_{-20} = 1 - r \sin \delta_{k,-20} = 1 - 1,009 \times \sin 58,7^\circ = 0,138 \quad (30)$$

và đối với -0,985 nhỏ hơn $\chi_{-20} = 0,138$ nhỏ hơn 0,766 là:

$$\delta_{m,-20} = 10^\circ + \arccos \chi_{-20} = 10^\circ + \arccos 0,138 = 92,1^\circ \quad (31)$$

Đối với 0 nhỏ hơn $\delta_{k,60} = 51,1^\circ$ nhỏ hơn 90° :

$$\chi_{60} = 1 - r \sin \delta_{k,60} = 1 - 1,009 \times \sin 51,1^\circ = 0,215 \quad (30)$$

và đối với -0,985 nhỏ hơn $\chi_{60} = 0,215$ nhỏ hơn 0,766 là:

$$\delta_{m,60} = 10^\circ + \arccos \chi_{60} = 10^\circ + \arccos 0,215 = 87,6^\circ \quad (31)$$

8.2.2 Lực căng F_t trong khi ngắn mạch

Những dây dẫn con của bó va chạm nhau thực sự trong khi ngắn mạch bởi vì:

$$a_s = 0,1\text{m} \text{ nhỏ hơn } 2,5.d_s = 2,5 \times 0,043\text{m} = 0,1075\text{m} \quad (44)$$

và $l_s = 9,4\text{m}$ lớn hơn $70.a_s = 70 \times 0,1\text{m} = 7\text{m}$

với

$$l_s = \frac{l_{s1} + l_{s2} + l_{s3} + l_{s4}}{4} = \frac{5,7 + 10 + 10 + 11,7}{4} \text{m} = 9,4\text{m}$$

Do đó lực kẹp F_{pi} có thể bỏ qua, trái ngược với lực căng F_t được tính toán phù hợp với 2.3.3 của IEC 865-1, 2.3.3

Những tham số tải φ là:

$$j_{60} = j_{-20} = 3 \left(\sqrt{1 + r^2} - 1 \right) = 3 \times \left(\sqrt{1 + 1,009^2} - 1 \right) = 1,26 \quad (32)$$

$$\text{bởi vì } T_{k1} = 0,5\text{s} \text{ lớn hơn } \frac{T_{res,-20}}{4} = \frac{1,68\text{s}}{4} = 0,42\text{s}$$

$$\text{và } T_{k1} = 0,5\text{s} \text{ lớn hơn } \frac{T_{res,60}}{4} = \frac{1,85\text{s}}{4} = 0,46\text{s}$$

Theo hình 7 của IEC 865 – 1, hệ số ψ_{-20} và ψ_{60} là:

– đối với $\varphi_{-20} = 1,26$ và $\zeta_{-20} = 1,176$:

$$\psi_{-20} = 0,6$$

– đối với $\varphi_{60} = 1,26$ và $\zeta_{60} = 2,101$:

$$\psi_{60} = 0,71$$

Các lực căng trong khi ngắn mạch là, đối với $n = 2$ là:

$$\begin{aligned} F_{t,-20} &= 1,1 F_{st,-20} (1 + \varphi_{-20} \psi_{-20}) \\ &= 1,1 \times 23,1 \text{ kN} \times (1 + 1,26 \times 0,6) = 44,6 \text{ kN} \end{aligned} \quad (34)$$

$$\begin{aligned} F_{t,60} &= 1,1 F_{st,60} (1 + \varphi_{60} \psi_{60}) \\ &= 1,1 \times 18,9 \text{ kN} \times (1 + 1,26 \times 0,71) = 39,4 \text{ kN} \end{aligned} \quad (34)$$

Lực căng F_t là giá trị cực đại của $F_{t,-20}$ và $F_{t,60}$:

$$F_t = \max \{ F_{t,-20}, F_{t,60} \} = \max \{ 44,6 \text{ kN}, 39,4 \text{ kN} \} = 44,6 \text{ kN}$$

8.2.3 Lực căng F_f sau khi ngắn mạch

Bởi vì $r = 1,009$ lớn hơn 0,6 hoặc $\delta_{m,-20} = 92,1^\circ$ hoặc $\delta_{m,60} = 87,6^\circ$ lớn hơn 70° , như vậy lực căng sau khi ngắn mạch F_f là rất quan trọng

$$F_{t,-20} = 1,2 F_{st,-20} \sqrt{1 + 8 \zeta_{-20} \cdot \frac{d_{m,-20}}{180^\circ}} \quad (35)$$

$$= 1,2 \times 23,1 \text{ N} \sqrt{1 + 8 \times 1,176 \times \frac{92,1^\circ}{180^\circ}} = 66,8 \text{ kN}$$

$$F_{t,60} = 1,2 F_{st,60} \sqrt{1 + 8 \zeta_{60} \cdot \frac{d_{m,60}}{180^\circ}} \quad (35)$$

$$= 1,2 \times 18,9 \text{ kN} \sqrt{1 + 8 \times 2,101 \times \frac{87,6^\circ}{180^\circ}} = 68,7 \text{ kN}$$

Lực căng F_f là giá trị cực đại của $F_{f,-20}$ và $F_{f,60}$:

$$F_f = \max \{ F_{f,-20}, F_{f,60} \} = \max \{ 66,8 \text{ kN}, 68,7 \text{ kN} \} = 68,7 \text{ kN}$$

8.2.4 Sự dịch chuyển nằm ngang của khoảng và khoảng cách tối thiểu trong không khí a_{min}

Tất cả những đại lượng sau được tính toán ở một nhiệt độ dây dẫn 60°C mà nhiệt độ này dẫn tới sự dịch chuyển của khoảng lớn hơn sự dịch chuyển ở nhiệt độ dây dẫn -20°C

Độ dẫn đàn hồi là:

$$\begin{aligned}\varepsilon_{ela} &= (F_{t,60} - F_{st,60})N_{60} \\ &= (39,4 - 18,9) \cdot 10^3 \text{ N} \times 5,73 \cdot 10^{-8} \frac{1}{\text{N}} = 1,18 \cdot 10^{-3}\end{aligned}\quad (36)$$

Độ giãn nở nhiệt là :

$$\begin{aligned}e_{th} &= c_{th} \left(\frac{I_{k3}''}{nA_s} \right)^2 \frac{T_{res,60}}{4} \\ &= 0,27 \cdot 10^{-18} \frac{\text{m}^4}{\text{A}^2 \text{s}} \times \left(\frac{63 \cdot 10^3 \text{ A}}{2 \times 1090 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2} \right)^2 \times \frac{1,85 \text{ s}}{4} = 1,04 \cdot 10^{-4}\end{aligned}\quad (37)$$

bởi vì

$$T_{kl} = 0,5 \text{ s lớn hơn } \frac{T_{res,60}}{4} = \frac{1,85 \text{ s}}{4} = 0,46 \text{ s}$$

và ở đó c_{th} đối với $\frac{A_{Al}}{A_{st}} = \frac{1045 \text{ mm}}{45 \text{ mm}} = 23,2$ lớn hơn 6 là:

$$c_{th} = 0,27 \times 10^{-18} \frac{\text{m}^4}{\text{A}^2 \text{s}}$$

Hệ số C_D là:

$$\begin{aligned}C_D &= \sqrt{1 + \frac{3}{8} \left(\frac{1}{b_{c,60}} \right)^2 (e_{ela} + e_{th})} \\ &= \sqrt{1 + \frac{3}{8} \times \left(\frac{48}{1,40} \right)^2 \times (1,18 \cdot 10^{-3} + 1,04 \cdot 10^{-4})} = 1,25\end{aligned}\quad (38)$$

Hệ số C_F đối với 0,8 nhỏ hơn $r = 1,009$ nhỏ hơn 1,8 là:

$$C_F = 0,97 + 0,1 \cdot r = 0,97 + 0,1 \times 1,009 = 1,07\quad (39)$$

Sự dịch chuyển nằm ngang cực đại của khoảng b_h đối với những chiều dài của khoảng lớn hơn 20m và với $\delta_{m,60} = 87,6^{\circ}$ lớn hơn $\delta_1 = 45,3^{\circ}$ đối với các dây dẫn căng với $l_c = l - 2l_i$:

$$b_h = C_F C_D b_{c,60} \sin \delta_1 = 1,07 \times 1,25 \times 1,40 \text{ m} \times \sin 45,3^{\circ} = 1,33 \text{ m}\quad (41)$$

Khoảng cách tối thiểu trong không khí là:

$$a_{\min} = a - 2 b_h = 5\text{m} - 2 \times 1,33\text{m} = 2,34\text{m} \quad (42)$$

8.2.5 Các kết luận

Giá trị cực đại của F_t và F_f phải được áp dụng như là một tải tĩnh, lên cấu trúc, lên các cái cách điện và đầu nối:

$$\max \{F_t, F_f\} = \max \{44,6\text{kN}, 68,7\text{kN}\} = 68,7\text{kN}$$

Dịch chuyển nằm ngang của khoảng là 1,33m và khoảng cách tối thiểu trong không khí là 2,34m

8.3 Khoảng cách tâm trục giữa các dây dẫn con $a_s = 0,4\text{m}$

8.3.1 Các lưu ý đầu tiên

Trong trường hợp này

$$\frac{a_s}{d_s} = \frac{0,400\text{m}}{0,043\text{m}} = 9,3$$

và không phải phương trình (43) cũng không phải phương trình (44) của IEC 865 – 1 được thoả mãn. Như vậy lực kẹp F_{pi} phải được tính toán. Những kết quả khác là cùng kết quả như trong 8.2.3, 8.2.4 và 8.2.5:

Lực căng trong khi ngắn mạch là	$F_t = 44,6\text{kN}$
Lực căng sau khi ngắn mạch là	$F_f = 68,7\text{kN}$
Dịch chuyển ngang cực đại của khoảng là	$b_h = 1,33\text{m}$
Khoảng cách tối thiểu trong không khí là	$a_{\min} = 2,34\text{m}$

8.3.2 Lực kẹp F_{pi}

Hệ số v_1 là:

$$n_1 = f \frac{1}{\sin \frac{180^\circ}{n}} \sqrt{\frac{(a_s - d_s) m_s'}{\frac{m_0}{2p} \left(\frac{I_{k3}}{n} \right)^2 \cdot \frac{n-1}{a_s}}} \quad (46)$$

$$= 50 \frac{1}{s} \times \frac{1}{\sin \frac{180^\circ}{2}} \times \sqrt{\frac{(0,400\text{m} - 0,043\text{m}) \times 3,25\text{kg/m}}{\frac{4p \cdot 10^{-7}}{2p} \frac{Vs}{Am} \times \left(\frac{63 \cdot 10^3 \text{A}}{2} \right)^2 \times \frac{(2-1)}{0,400\text{m}}}} = 2,42$$

Theo hình 8 của IEC 865 – 1, hệ số v_2 đối với $v_1 = 2,42$ và $\kappa = 1,81$ là :

$$v_2 = 2,2$$

Theo hình 9 của IEC 865 – 1, hệ số v_1 đối với $a_s/d_s = 9,3$ là:

$$v_3 = 0,25$$

Lực do dòng điện ngắn mạch là:

$$F_v = (n-1) \frac{m_0}{2p} \left(\frac{I_{k3}''}{n} \right)^2 \frac{l_{s2}}{a_s n_3} \quad (45)$$

$$= 1 \times \frac{4p \cdot 10^{-7}}{2p} \frac{Vs}{Am} \times \left(\frac{63 \cdot 10^3 A}{2} \right)^2 \times \frac{9,4m \times 2,2}{0,4m \times 0,25} = 41,010^3 N = 41,0kN$$

Các hệ số căng là

$$e_{st,-20} = 1,5 \cdot \frac{F_{st,-20} l_s^2}{(a_s - d_s)^2} N_{-20} \left(\sin \frac{180^\circ}{n} \right)^2 \quad (47)$$

$$= 1,5 \times \frac{23,110^3 N \times (9,4m)^2}{(0,400m - 0,043m)^2} \times 5,6110^{-8} \frac{1}{N} \times \left(\sin \frac{180^\circ}{2} \right)^2$$

$$= 1,35$$

$$e_{st,60} = 1,5 \cdot \frac{F_{st,60} l_s^2}{(a_s - d_s)^2} N_{60} \left(\sin \frac{180^\circ}{n} \right)^2 \quad (47)$$

$$= 1,5 \times \frac{18,910^3 N \times (9,4m)^2}{(0,400m - 0,043m)^2} \times 5,7310^{-8} \frac{1}{N} \times \left(\sin \frac{180^\circ}{2} \right)^2$$

$$= 1,13$$

$$e_{pi,-20} = 0,375 \cdot n \frac{F_n l_s^3}{(a_s - d_s)^3} N_{-20} \left(\sin \frac{180^\circ}{n} \right)^3 \quad (48)$$

$$= 0,375 \times 2 \times \frac{41,010^3 N \times (9,4m)^3}{(0,400m - 0,043m)^3} \times 5,6110^{-8} \frac{1}{N} \times \left(\sin \frac{180^\circ}{2} \right)^3$$

$$= 31,5$$

$$e_{pi,60} = 0,375 \cdot n \frac{F_n l_s^3}{(a_s - d_s)^3} N_{60} \left(\sin \frac{180^\circ}{n} \right)^3 \quad (48)$$

$$= 0,375 \times 2 \times \frac{41,010^3 N \times (9,4m)^3}{(0,400m - 0,043m)^3} \times 5,7310^{-8} \frac{1}{N} \times \left(\sin \frac{180^\circ}{2} \right)^3$$

$$= 32,2$$

Các tham số J_{-20} và J_{60} là:

$$j_{-20} = \sqrt{\frac{e_{pi,-20}}{1 + e_{st,-20}}} = \sqrt{\frac{31,5}{1 + 1,35}} = 3,66 \quad (49)$$

$$j_{60} = \sqrt{\frac{e_{pi,60}}{1 + e_{st,60}}} = \sqrt{\frac{32,2}{1 + 1,13}} = 3,89 \quad (49)$$

Bởi vì J_{-20} và J_{60} là lớn hơn 1, những dây dẫn con va chạm nhau và $F_{pi,60}$ là:

$$F_{pi,-20} = F_{st,-20} \left(1 + \frac{n_{e,-20}}{e_{st,-20}} x_{-20} \right) \quad (50)$$

$$F_{pi,60} = F_{st,60} \left(1 + \frac{n_{e,60}}{e_{st,60}} x_{60} \right) \quad (51)$$

Theo hình 10 của IEC 865 – 1 và

– với $J_{-20} = 3,66$ và $\epsilon_{st,-20} = 1,35$, hệ số là

$$\xi_{-20} = 2,77$$

– với $J_{60} = 3,89$ và $\epsilon_{st,60} = 1,13$, hệ số là

$$\xi_{60} = 2,85$$

Hệ số v_4 là:

$$n_4 = \frac{a_s - d_s}{d_s} = \frac{0,400m - 0,043m}{0,043m} = 8,3$$

Những hệ số $v_{e,-20}$ và $v_{e,60}$ là:

$$\begin{aligned} n_{e,-20} &= \frac{1}{2} + \left[\frac{9}{8} n(n-1) \frac{m_0}{2p} N_{-20} \left(\frac{I_{k3}''}{n} \right)^2 n_2 \left(\frac{l_s}{a_s - d_s} \right)^4 \frac{\left(\sin \frac{180^\circ}{n} \right)^4}{x_{-20}^3} \cdot \left(1 - \frac{\arctan \sqrt{n_4}}{\sqrt{n_4}} \right) - \frac{1}{4} \right]^{\frac{1}{2}} \quad 52 \\ &= \frac{1}{2} + \left[\frac{9}{8} \times 2 \times (2-1) \times \frac{4p \cdot 10^{-7}}{2p} \frac{Vs}{Am} \times 5,61 \cdot 10^{-8} \frac{1}{N} \right. \\ &\quad \times \left(\frac{63 \cdot 10^3 A}{2} \right)^2 \times 2,2 \times \left(\frac{9,4m}{0,400m - 0,043m} \right)^4 \times \frac{\left(\sin \frac{180^\circ}{2} \right)^4}{2,77^3} \\ &\quad \left. \times \left(1 - \frac{\arctan \sqrt{8,3}}{\sqrt{8,3}} \right) - \frac{1}{4} \right]^{\frac{1}{2}} \\ &= 1,18 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 n_{e,60} &= \frac{1}{2} + \left[\frac{9}{8} n(n-1) \frac{m_0}{2p} N_{60} \left(\frac{I_{k3}}{n} \right)^2 n_2 \left(\frac{l_s}{a_s - d_s} \right)^4 \frac{\left(\sin \frac{180^\circ}{n} \right)^4}{x_{-20}^3} \cdot \left(1 - \frac{\arctan \sqrt{n_4}}{\sqrt{n_4}} \right) - \frac{1}{4} \right]^{\frac{1}{2}} \quad 52 \\
 (52) \\
 &= \frac{1}{2} + \left[\frac{9}{8} \times 2 \times (2-1) \times \frac{4p \cdot 10^{-7}}{2p} \frac{Vs}{Am} \times 5,73 \cdot 10^{-8} \frac{1}{N} \right. \\
 &\quad \times \left(\frac{63 \cdot 10^3 A}{2} \right)^2 \times 2,2 \times \left(\frac{9,4m}{0,400m - 0,043m} \right)^4 \times \frac{\left(\sin \frac{180^\circ}{2} \right)^4}{2,85^3} \\
 &\quad \left. \times \left(1 - \frac{\arctan \sqrt{8,3}}{\sqrt{8,3}} \right) - \frac{1}{4} \right]^{\frac{1}{2}} \\
 &= 1,15
 \end{aligned}$$

$$F_{pi,-20} = F_{st,-20} \left(1 + \frac{n_{e,-20}}{e_{st,-20}} x_{-20} \right) = 23,1kN \times \left(1 + \frac{1,18}{1,35} \times 2,77 \right) = 79,0kN \quad (50)$$

$$F_{pi,60} = F_{st,60} \left(1 + \frac{n_{e,60}}{e_{st,60}} x_{600} \right) = 18,9kN \times \left(1 + \frac{1,15}{1,13} \times 2,85 \right) = 73,7kN \quad (51)$$

Lực căng F_{pi} là giá trị cực đại của $F_{pi,-20}$ và $F_{pi,60}$

$$F_{pi} = \max \{ F_{pi,-20}, F_{pi,60} \} = \max \{ 79,0kN, 73,7kN \} = 79,0kN$$

8.3.3 Các kết luận

Giá trị cực đại của F_t , F_f và F_{pi} phải được áp dụng như một tải tĩnh lên cấu trúc, lên các cái cách điện và đầu nối:

$$\max \{ F_t, F_f, F_{pi} \} = \max \{ 44,6kN, 68,7kN, 79,0kN \} = 79,0kN$$

Sự dịch chuyển nằm ngang của khoảng là 1,33m và khoảng cách tối thiểu trong không khí là 2,34m

9 Ví dụ 6 - Hiệu ứng nhiệt tác dụng lên các dây dẫn trần

Cơ sở để tính toán là một thanh cái ba pha 10kV với một dây dẫn pha

9.1 Các dữ liệu:

Dòng ngắn mạch đối xứng ba pha ban đầu (giá trị hiệu dụng)	$I''_{k3} = 24,4 \text{ kA}$
Dòng ngắn mạch ba pha lâu dài (giá trị hiệu dụng)	$I_{k3} = 19,2 \text{ kA}$
Hệ số để tính toán giá trị đỉnh của dòng ngắn mạch	$\kappa = 1,8$
Khoảng thời gian của dòng ngắn mạch	$T_k = 0,8$
Tần số hệ thống	$f = 50 \text{ Hz}$
Dây dẫn chữ nhật hợp kim Al - Mg - Si với tiết diện	$A = 600 \text{ mm}^2$
Nhiệt độ của dây dẫn lúc bắt đầu ngắn mạch	$\theta_b = 65^\circ\text{C}$
Nhiệt độ của dây dẫn lúc cuối ngắn mạch	$\theta_c = 170^\circ\text{C}$

9.2 Các tính toán

Đối với $\theta_b = 65^\circ\text{C}$ và $\theta_c = 170^\circ\text{C}$, S_{thr} được thấy từ hình 13b của IEC 865 – 1

$$S_{thr} = 80 \text{ A/mm}^2$$

Dòng điện phát nóng tương đương trong thời gian ngắn mạch là:

$$I_{th} = I''_{k3} \sqrt{m+n} = 24,0 \text{ kA} \times \sqrt{0,05 + 0,85} = 22,8 \text{ kA} \quad (63)$$

m và n được thấy từ các hình 12a) và 12b) của IEC 865 – 1, và đối với $fT_k = 50 \text{ 1/s} \times 0,8 \text{ s} = 40$,

$$\kappa = 1,8 \text{ và } I''_{k3}/I_{k3} = 24,0 \text{ kA}/19,2 \text{ kA} = 1,25$$

Đối với tiết diện dây dẫn $A = 600 \text{ mm}^2$:

$$S_{th} = \frac{I_{th}}{A} = \frac{22,8 \cdot 10^3 \text{ A}}{600 \text{ mm}^2} = 38,0 \text{ A/mm}^2$$

Thanh cái có độ bền nhiệt đủ nếu:

$$S_{th} = 38,0 \text{ A/mm}^2 \text{ nhỏ hơn } S_{thr} \sqrt{\frac{T_{kr}}{T_k}} = 80 \frac{\text{A}}{\text{mm}^2} \times \sqrt{\frac{1 \text{ s}}{0,8 \text{ s}}} = 89,4 \text{ A/mm}^2 \quad (67)$$

9.3 Kết luận

Thanh cái có độ bền nhiệt đủ với ngắn mạch

**Các ấn phẩm của IEC được soạn thảo
bởi uỷ ban Kỹ thuật số 73**

781 (1989) Hướng dẫn áp dụng để tính toán dòng ngắn mạch trong lưới hạ áp hình tia

865: – Các dòng điện ngắn mạch – Tính toán các hiệu ứng

865 – 1 (1993) Phần 1: Các định nghĩa và phương pháp tính toán

865 – 2 (1994) Phần 2: Các ví dụ tính toán

909 (1988) Tính toán dòng ngắn mạch trong lưới điện ba pha dòng xoay chiều

909 – 1 (1991) Phần 1: Các hệ số để tính toán dòng ngắn mạch trong lưới điện ba pha dòng xoay chiều theo IEC 909

909 – 2 (1992) Các trang bị điện – Các dữ liệu để tính toán dòng ngắn mạch phù hợp với IEC 909 (1988)

QUANPHAM.VN