

**Tiêu chuẩn  
quốc tế**

**IEC  
865-1**

xuất bản lần thứ hai  
**1993**

---

---

**Dòng điện ngắn mạch  
Tính toán các hiệu ứng**  
Phần 1 :  
Định nghĩa và  
các phương pháp tính toán

## Mục lục

Nội dung

Lời nói đầu

### Phân đoạn 1 - Tổng quát

<b>1.1 Phạm vi và đối tượng .....</b>	<b>5</b>
<b>1.2 Các tài liệu tham khảo chuẩn hóa. ....</b>	<b>5</b>
<b>1.3 Phương trình, ký hiệu và đơn vị.....</b>	<b>5</b>
1.3.1 Các ký hiệu đối với phân đoạn 2. Các hiệu ứng điện từ. ....	6
1.3.2. Các ký hiệu cho phân đoạn 3 - Các hiệu ứng nhiệt. ....	9
<b>1.4 Các định nghĩa.....</b>	<b>10</b>
1.4.1. Các định nghĩa cho phân 2. Các hiệu ứng điện từ. ....	10
1.4.1.1. Dây dẫn chính.....	10
1.4.1.2. Dây dẫn phụ.....	10
1.4.1.3. Giá đỡ cố định.....	10
1.4.1.4. Giá đỡ đơn.....	10
1.4.1.5. Chi tiết nối. ....	10
1.4.1.5.1 Miếng đệm ngăn cách dây .....	10
1.4.1.5.2 Phần tử căng dây. ....	10
1.4.1.6 Lực căng do ngắn mạch, $F_p$ .....	10
1.4.1.7. Lực rơi, $F_f$ .....	10
1.4.1.8 Lực kẹp (lực bóp), $F_{pi}$ .....	11
1.4.1.9 Thời gian của dòng ngắn mạch đầu tiên chạy qua, $T_{K1}$ .....	11
1.4.2. Các định nghĩa đối với phân đoạn 3. Các hiệu ứng nhiệt. ....	11
1.4.2.1. Dòng nhiệt tương đương ngắn hạn, $I_{th}$ .....	11
1.4.2.2 Dòng chịu đựng ngắn hạn định mức, $I_{thr}$ .....	11
1.4.2.3. Mật độ dòng nhiệt tương đương ngắn hạn, $S_{th}$ .....	11
1.4.2.4. Mật độ dòng chịu đựng ngắn hạn định mức, $S_{thr}$ đối với các dây dẫn.....	11
1.4.2.5. Thời gian dòng ngắn mạch, $T_K$ .....	11
1.4.2.6. Thời gian ngắn hạn định mức, $T_{kr}$ .....	11

### Phân 2 : Hiệu ứng điện từ tác dụng lên thanh dẫn cứng và dây dẫn mềm

<b>2.1. Tổng quát .....</b>	<b>12</b>
2.1.1 Các ảnh hưởng lên sự giảm ứng suất .....	12
2.1.2 Xem xét việc đóng lại tự động.....	12
<b>2.2. Các bố trí thanh dẫn .....</b>	<b>13</b>
2.2.1. Tính toán lực điện từ.....	13
2.2.1.1 Tính toán lực đỉnh giữa các dây dẫn chính trong khi có một ngắn mạch 3 pha.....	13
2.2.1.2 Tính toán lực đỉnh giữa các dây dẫn chính trong khi có một ngắn mạch dây với dây. ....	13
2.2.1.3. Tính toán giá trị đỉnh của các lực giữa các dây dẫn phụ cùng trên mặt phẳng. ....	13
2.2.1.4 Khoảng cách hiệu dụng giữa các dây dẫn chính và giữa các dây dẫn phụ. ....	14

2.2.2 Tính toán các ứng suất trong các dây dẫn cứng và các lực trên các giá đỡ. ....	14
2.2.2.1 Tổng quát .....	14
2.2.2.2 Tính toán các ứng suất trong các thanh dẫn cứng .....	15
2.2.2.3 Môđun tiết diện và hệ số $q$ của các dây dẫn chính gồm nhiều dây dẫn phụ .....	16
2.2.2.4 ứng suất dây dẫn cho phép.....	16
2.2.2.4 và giá trị cực đại trong bảng 2.....	17
2.2.2.5 Tính toán các lực trên các giá đỡ các dây dẫn cứng. ....	17
2.2.2.6 Tính toán có tính đến giao động dây dẫn. ....	17
2.2.6.1 Tính toán tần số tự nhiên thích ứng. ....	18
2.2.6.2 Các hệ số $V_F$ , $V_T$ , $V_{T_s}$ , $V_r$ và $V_{rs}$ . ....	18
<b>2.3 Các bố trí dây dẫn mềm.....</b>	<b>19</b>
2.3.1 Tổng quát .....	19
2.3.2 Các hiệu ứng tác dụng lên dây dẫn chính.....	19
2.3.2.2. Lực căng (kéo) $F_t$ trong khi ngắn mạch được gây ra bởi đu đưa ra ngoài (Lực căng ngắn mạch). ....	22
2.3.2.3 Lực căng (kéo) $F_f$ sau khi ngắn mạch gây ra bởi sự rơi (lực rơi).....	22
2.3.2.4 Độ dịch chuyển khoảng cột ngang $b_h$ và khoảng trống không khí $a_{min}$ .....	23
2.3.3.2. Lực căng (kéo) $F_{pi}$ trong trường hợp va đập các dây dẫn phụ (phân pha).....	25
2.3.3.3 Lực căng (kéo) $F_{pi}$ trong trường hợp không có va đập các dây dẫn phân pha.....	26
<b>2.4. Các tải cấu trúc do các hiệu ứng điện từ.....</b>	<b>27</b>
2.4.1 Tải thiết kế đối với các sứ trụ trong trạm, các giá đỡ và các mối nối của chúng (sứ trụ). ....	27
2.4.2 Tải thiết kế đối với các cấu trúc, các sứ và các mối nối, với các lực căng (kéo) được truyền bởi các chuỗi sứ. ....	28
2.4.3. Tải cơ thiết kế đối với các móng .....	28

### Phần 3 : Hiệu ứng nhiệt lên thanh cái và thiết bị điện

<b>3.1 Tổng quát.....</b>	<b>29</b>
<b>3.2 Tính toán độ tăng nhiệt độ.....</b>	<b>29</b>
3.2.1 Tổng quát. ....	29
3.2.2 Tính toán dòng ngắn hạn tương đương về nhiệt.....	29
3.2.3 Tính toán độ tăng nhiệt độ và mật độ dòng chịu ngắn hạn định mức đối với các dây dẫn .....	30
3.2.4 Tính toán độ bền nhiệt ngắn mạch đối với các khoảng thời gian khác nhau của dòng ngắn mạch.....	31
3.2.4.1 Thiết bị điện.....	31
3.2.4.2 Dây dẫn .....	30

ủy ban kỹ thuật điện quốc tế

## Các dòng ngắn mạch - tính toán các hiệu ứng

### Phần 1 - Các định nghĩa và các phương pháp tính toán

#### Lời nói đầu

1) IEC (ủy ban kỹ thuật điện quốc tế) là một tổ chức rộng khắp thế giới về tiêu chuẩn hóa bao gồm tất cả các ủy ban kỹ thuật điện quốc gia (Các ủy ban quốc gia IEC). Mục đích của IEC là để thúc đẩy sự hợp tác quốc tế trên tất cả các vấn đề liên quan đến tiêu chuẩn hóa trong các lĩnh vực điện và điện tử cho mục tiêu này và ngoài ra còn cho các hoạt động khác, IEC xuất bản các tiêu chuẩn quốc tế. Việc soạn thảo các tiêu chuẩn này giao cho các ủy ban kỹ thuật, bất kỳ ủy ban quốc gia IEC nào quan tâm đến vấn đề được bàn luận đều có thể tham gia vào công việc soạn thảo. Các tổ chức phi chính phủ, chính phủ, quốc tế có quan hệ với IEC cũng tham gia vào việc soạn thảo này. IEC công tác chặt chẽ với tổ chức Quốc tế về tiêu chuẩn hóa (ISO) phù hợp với các điều kiện đã được xác định bởi sự thỏa thuận giữa 2 tổ chức.

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

3) Các quyết định hoặc thỏa thuận này là những khuyến nghị để sử dụng quốc tế và đã được các ủy ban Quốc gia chấp nhận theo ý nghĩa đó.

4) Để xúc tiến sự thống nhất quốc tế, các ủy ban quốc gia IEC xúc tiến áp dụng các tiêu chuẩn quốc tế IEC một cách rõ rệt tới qui mô lớn nhất có thể trong các tiêu chuẩn khu vực và quốc gia của họ. Bất kỳ sự khác biệt nào giữa tiêu chuẩn IEC và tiêu chuẩn khu vực hoặc quốc gia tương ứng cần được nêu rõ trong các qui định này.

Tiêu chuẩn quốc tế IEC 865 - 1 đã được ủy ban kỹ thuật IEC 7: Các dòng ngắn mạch soạn thảo.

Lần xuất bản thứ 2 này xóa bỏ và thay thế lần xuất bản thứ nhất đã xuất bản vào năm 1986 lập thành một bản sửa đổi kỹ thuật.

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

Tiêu chuẩn quốc tế dự thảo (DIS)	Biên bản biểu quyết
73 (CO) 16	73 (CO) 18

Tất cả thông tin về biểu quyết đối với việc chấp thuận tiêu chuẩn này có thể tìm trong biên bản biểu quyết đã chỉ ở bảng trên.

Phụ lục A hợp thành một phần bổ xung của tiêu chuẩn này.

Phụ lục B chỉ để thông báo.

IEC 865 bao gồm các phần sau; dưới tiêu đề chung: Các dòng ngắn mạch - Tính toán các hiệu ứng

- Phần 1: 1993: Các định nghĩa và các phương pháp tính toán.
- Phần 2: 1994: Các ví dụ tính toán (đang soạn thảo).

## Các dòng ngắn mạch - Tính toán các hiệu ứng

### Phần 1: Các định nghĩa và các phương pháp tính toán

#### Phân đoạn 1: Tổng quát

##### 1.1 Phạm vi và đối tượng

Tiêu chuẩn quốc tế này được áp dụng cho các hiệu ứng nhiệt và cơ của các dòng ngắn mạch. Nó bao gồm các phương pháp đã được tiêu chuẩn hóa để tính toán các hiệu ứng của các dòng ngắn mạch trong 2 phân đoạn sau:

- Phân đoạn 2 - Hiệu ứng điện từ trên các dây dẫn cứng và mềm.
- Phân đoạn 3 - Hiệu ứng nhiệt trên các thanh dẫn và thiết bị điện.

Đối với các dây dẫn cách điện và các dây cáp, thì dựa vào, chẳng hạn IEC 949 và EC 986.

Chỉ có các hệ thống xoay chiều với các cấp điện áp định mức tới và bằng 420 kV mới được đề cập trong tiêu chuẩn này.

Các điểm sau đây cần đặc biệt lưu ý:

- 1) Việc tính toán các dòng ngắn mạch cần dựa vào IEC 909.
- 2) Thời gian ngắn mạch được dùng trong tiêu chuẩn này phụ thuộc vào quan niệm bảo vệ và cần được cân nhắc theo ý nghĩa đó.
- 3) Các phương pháp đã được tiêu chuẩn hóa này được hiệu chỉnh theo các yêu cầu thực tế và có một số các đơn giản hóa nằm trong giới hạn an toàn. Việc thử nghiệm hoặc các phương pháp tính toán chi tiết hơn hoặc cả hai đều có thể được sử dụng.
- 4) Trong phân đoạn 2 của tiêu chuẩn này, đối với các bố trí các dây dẫn cứng thì chỉ có các ứng lực gây ra bởi các dòng ngắn mạch là được tính toán. Hơn nữa, các ứng lực khác có thể có, tức là được gây ra bởi tải trọng tĩnh (trọng lượng bản thân), gió, băng, các lực thao tác, động đất. Việc tổ hợp các tải trọng này với tải trọng ngắn mạch sẽ là phần của một thỏa thuận và/hoặc được cho bởi các tiêu chuẩn, tức là các qui tắc lắp ráp xây dựng.

Các lực căng trong các bố trí các dây dẫn mềm bao gồm cả các hiệu ứng tải trọng tĩnh. Đối với việc tổ hợp các tải trọng khác thì các nhận xét đã cho ở trên đều có hiệu lực.

##### 1.2 Các tài liệu tham khảo chuẩn hóa.

Các tài liệu chuẩn hóa sau đây có chứa các điều khoản mà qua tham khảo trong văn bản này, đã tạo nên các điều khoản của tiêu chuẩn quốc tế này. Vào lúc xuất bản thì các lần xuất bản được chỉ định đều có hiệu lực. Tất cả tài liệu chuẩn hóa đều cần được duyệt lại và các bên tham gia thỏa thuận dựa vào tiêu chuẩn quốc tế này đều được khuyến khích nghiên cứu khả năng áp dụng các lần xuất bản mới nhất của các tài liệu chuẩn hóa được chỉ ra dưới đây. Các thành viên của IEC và ISO bảo giữ các bộ ghi của các tiêu chuẩn quốc tế có hiệu lực thường xuyên.

IEC - 909: 1988; Tính toán dòng ngắn mạch trong các hệ thống xoay chiều 3 pha.

IEC - 949: 1988; Tính toán khả năng cho phép về nhiệt của các dòng ngắn mạch cho phép về nhiệt, có tính đến các hiệu ứng đốt nóng không đoạn nhiệt.

IEC 986: 1989. Hướng dẫn về các giới hạn nhiệt độ ngắn mạch của các cáp điện với cấp điện áp định mức từ 1,8/3 (3,6) kV tới 18/30 (36) kV.

### 1.3. Các phương trình, các ký hiệu và các đơn vị.

Tất cả các phương trình được sử dụng trong tiêu chuẩn này đều là các phương trình đại lượng trong đó các ký hiệu đại lượng biểu thị các đại lượng vật lý có cả các giá trị bằng số lẫn các thứ nguyên

Các ký hiệu được sử dụng trong tiêu chuẩn này và các đơn vị SI liên quan đều được cho trong các bảng liệt kê sau đây.

#### 1.3.1 Các ký hiệu đối với phân đoạn 2. Các hiệu ứng điện từ.

$A_s$	Tiết diện ngang của một dây dẫn phụ	$m^2$ .
$a$	Khoảng cách đường trung tâm giữa các dây dẫn	m.
$a_m$	Khoảng cách hiệu dụng giữa các dây dẫn chính bên cạnh	m.
$a_{min}$	Khoảng không tối thiểu	m.
$a_s$	Khoảng cách hiệu dụng giữa các dây dẫn phụ	m.
$a_{1n}$	Khoảng cách đường trung tâm giữa dây dẫn phụ 1 và dây dẫn phụ n	m.
$a_{1s}$	Khoảng cách đường trung tâm giữa các dây dẫn phụ	m.
$a_{sw}$	Khoảng cách đường trung tâm hiệu dụng giữa các dây dẫn phụ trong bó dây phân pha	m
$b$	Kích thước của dây dẫn phụ thẳng góc với hướng của lực	m.
$b_c$	Độ võng dây dẫn tĩnh tương đương ở giữa khoảng cột	m.
$b_h$	Độ dịch chuyển ngang cực đại	m.
$b_m$	Kích thước của một dây dẫn chính thẳng góc với hướng lực	m.
$c$	Hệ số về ảnh hưởng của các chi tiết nối	1.
$c_{th}$	Hằng số vật liệu	$m^4/(A^2S)$ .
$c_D$	Hệ số dẫn nở	1.
$c_F$	Hệ số hình dạng	1.
$D$	Đường kính ngoài cùng của một dây dẫn hình ống	m.
$d$	Kích thước của một dây dẫn phụ theo hướng của lực	m.
$d_m$	Kích thước của một dây dẫn chính theo hướng của lực	m.
$d_s$	Đường kính của một dây dẫn mềm	m.
$E$	Môđun Young	$N/m^2$ .
$E_s$	Môđun Young hiện tại (thực)	$N/m^2$ .

$F$	Lực tác động giữa hai dây dẫn dài song song trong khi có 1 ngắn mạch	N.
$F_d$	Lực trên giá đỡ của các dây dẫn cứng (giá trị đỉnh)	N.
$F_f$	Lực rơi	N.
$F_m$	Lực giữa các dây dẫn chính trong khi có một ngắn mạch	N.
$F_{m2}$	Lực giữa các dây dẫn chính trong khi có một ngắn mạch dây với dây	N.
$F_{m3}$	Lực trên dây dẫn chính trung tâm trong khi có 1 ngắn mạch 3 pha cân bằng	N.
$F_S$	Lực giữa các dây dẫn phụ trong khi có một ngắn mạch	N.
$F_{St}$	Lực căng tĩnh trong dây dẫn mềm chính	N.
$F_t$	Lực căng ngắn mạch.	
$F_{pi}$	Lực kẹp (lực bóp)	N.
$F'$	Lực điện từ đặc trưng theo đơn vị chiều dài trên các dây dẫn chính mềm	N/m.
$F_v$	Lực dòng ngắn mạch giữa các dây dẫn phụ trong một bó dây phân pha	N.
$f$	Tần số hệ thống	HZ.
$f_c$	Tần số tự nhiên thích hợp của một dây dẫn chính	HZ.
$f_{cs}$	Tần số tự nhiên thích hợp của một dây dẫn phụ	HZ.
$f_y$	Hệ số đặc trưng cho sự co của bó dây phân pha	1.
$g_n$	Giá trị quy ước của gia tốc trọng trường	m/s <sup>2</sup> .
$I''_{K3}$	Dòng ngắn mạch đối xứng ban đầu 3 pha (r.m.s)	A.
$I''_{K2}$	Dòng ngắn mạch đối xứng ban đầu dây với dây	A.
$I''_{K1}$	Dòng ngắn mạch ban đầu dây với đất	A.
$i_p$	Dòng ngắn mạch đỉnh	A.
$i_{p2}$	Dòng ngắn mạch đỉnh trong trường hợp có 1 ngắn mạch dây - dây	A.
$i_{p3}$	Dòng ngắn mạch đỉnh trong trường hợp có 1 ngắn mạch 3 pha cân bằng	A.
$i_1, i_2$	Các giá trị tức thời của các dòng trong các dây dẫn	A.
$J$	Moment cấp hai (moment quán tính) của tiết diện dây dẫn chính	m <sup>4</sup> .
$J_s$	Moment cấp hai của tiết diện dây dẫn phụ	m <sup>4</sup> .
$j$	Thông số xác định hình dạng bó dây phân pha trong khi có dòng ngắn mạch chạy qu	1.
$k$	Số các bộ ngắn cách hoặc các phần tử gia cố	1.
$k_{1n}$	Hệ số đối với khoảng cách hiệu dụng giữa dây dẫn phụ 1 và dây dẫn phụ n	1.
$k_{1s}$	Hệ số khoảng cách dây dẫn hiệu dụng	1.
$l$	Khoảng cách đường tâm giữa các giá đỡ	m.
$l_c$	Chiều dài dây của một dây dẫn mềm chính trong 1 khoảng cột	m.
$l_i$	Chiều dài của một chuỗi sứ	m.

$l_s$	Khoảng cách đường tâm giữa các chi tiết nối hoặc một chi tiết nối với giá đỡ liền kề	m.
$m'$	Khối lượng theo chiều dài đơn vị của dây dẫn chính	kg/m.
$m's$	Khối lượng theo chiều dài đơn vị của một dây dẫn phụ	kg/m.
$m_z$	Tổng khối của một bộ các chi tiết nối	kg.
$N$	Mức cứng của một trang bị với các dây dẫn mềm	1/N.
$n$	Số các dây dẫn phụ của một dây dẫn chính	1.
$q$	Hệ số dẻo	1.
$R_{p0,2}$	ứng lực tương ứng với giới hạn chảy (dẻo)	N/m <sup>2</sup> .
$r$	Tỷ số của lực điện từ trên một dây dẫn dưới các điều kiện ngắn mạch với trọng trường	1.
$S$	Hằng số đàn hồi hợp lực của hai giá đỡ của một khoảng cột	N/m.
$s$	Độ dày thành các ống	m.
$T$	Chu kỳ giao động dây dẫn	s.
$T_k$	Thời gian dòng ngắn mạch	s.
$T_{k1}$	Thời gian dòng ngắn mạch thứ nhất	s.
$T_{pi}$	Thời gian từ bắt đầu ngắn mạch cho đến khi đạt được $F_{pi}$	s.
$T_{res}$	Chu kỳ tổng hợp của giao động dây dẫn trong khi có dòng ngắn mạch	s.
$V_F$	Tỉ số lực tĩnh và động trên các giá đỡ	1.
$V_r$	Hệ số ứng suất đối với một dây dẫn chính có hoặc không có đóng lại tự động ba pha	1.
$V_{rs}$	Hệ số ứng suất đối với một dây dẫn phụ có hoặc không có đóng lại tự động 3 pha	1.
$V_\sigma$	Tỉ số ứng suất dây dẫn chính tĩnh và động	1.
$V_{\sigma s}$	Tỉ số ứng suất dây dẫn phụ tĩnh và động	1.
$y_a$	Khoảng cách đường tâm giữa các dây dẫn phụ không có va đập trong khi có dòng ngắn mạch	m.
$Z$	Môđun chống uốn của mặt cắt dây dẫn chính	m <sup>3</sup> .
$Z_s$	Môđun chống uốn của mặt cắt dây dẫn phụ	m <sup>3</sup> .
$\alpha$	Hệ số lực trên giá đỡ	1.
$\beta$	Hệ số ứng lực dây dẫn chính	1.
$\gamma$	Hệ số dự kiến tần số tự nhiên thích hợp	1.
$\delta_1$	Hướng góc của lực.	độ
$\delta_k$	Góc đu đưa vào cuối dòng ngắn mạch độ chạy qua.	độ
$\delta_m$	Góc đu đưa cực đại.	độ
$\epsilon_{ela}$	Độ dẫn đàn hồi	1.
$\epsilon_{th}$	Độ dẫn nhiệt	1.



$\varepsilon_{st}, \varepsilon_{pi}$	Hệ số biến dạng của sự co bó dây	phân pha	1.
$\zeta$	Hệ số ứng suất của dây dẫn mềm chính		1.
$\eta$	Hệ số để tính toán $F_{pi}$ trong trường hợp của các dây dẫn phụ không va đập		1.
K	Hệ số để tính toán dòng ngắn mạch đỉnh		1.
$\mu_0$	Hệ số từ, độ từ thẩm chân không		H/m.
$V_1, V_2, V_3, V_4, V_e$	Các hệ số để tính toán		$F_{pi}$ 1.
$\xi$	Hệ số để tính toán $F_{pi}$ trong trường hợp của các dây dẫn phụ va đập		1.
$\sigma_m$	ứng suất uốn gây ra bởi các lực giữa các dây dẫn chính		N/m <sup>2</sup> .
$\sigma_s$	ứng suất uốn gây ra bởi các lực giữa các dây dẫn phụ		N/m <sup>2</sup> .
$\sigma_{tot}$	ứng suất dây dẫn tổng hợp		N/m <sup>2</sup> .
$\sigma_{fin}$	Giá trị thấp nhất của $\sigma$ khi môđun Young trở thành hằng số		N/m <sup>2</sup> .
$\chi$	Đại lượng đối với góc đu đưa cực đại		1.
$\varphi, 4$	Các hệ số đối với lực căng trong một dây dẫn mềm		1.

### 1.3.2. Các ký hiệu cho phân đoạn 3 - Các hiệu ứng nhiệt.

A	Tiết diện ngang dây dẫn chính		m <sup>2</sup> .
$I_K$	Dòng ngắn mạch trạng thái ổn định (r.m.s) (trị số hiệu dụng)		A.
$I''_K$	Dòng ngắn mạch đối xứng ban đầu (r.m.s- trị số hiệu dụng)	A.	
$I_{th}$	Dòng nhiệt tương đương ngắn hạn (r.m.s)		A.
$I_{thi}$	Giá trị riêng của dòng nhiệt tương đương ngắn hạn khi có các ngắn mạch lặp lại (r.m.s - trị số hiệu dụng)		A.
$I_{thr}$	Dòng chịu đựng ngắn hạn định mức (r.m.s - trị số hiệu dụng)		A
K	Hệ số để tính toán $S_{thr}$		$A_s^{0,5}/m^2$ .
m	Hệ số hiệu ứng nhiệt của thành phần d.c		1.
n	Hệ số hiệu ứng nhiệt của thành phần a.c		1.
$S_{th}$	Mật độ dòng nhiệt tương đương ngắn hạn (r.m.s)		A/m <sup>2</sup> .
$S_{thr}$	Mật độ dòng chịu đựng ngắn hạn định mức		A/m <sup>2</sup> .
$T_K$	Thời gian dòng ngắn mạch		s.
$T_{Ki}$	Thời gian có dòng ngắn mạch riêng ở các ngắn mạch lặp lại		s.
$T_{Kr}$	Ngắn hạn định mức		s.
$\theta_b$	Nhiệt độ dây dẫn ở lúc đầu một ngắn mạch		°C.
$\theta_e$	Nhiệt độ dây dẫn ở lúc cuối một ngắn mạch		°C.

## 1.4 Các định nghĩa

Cho mục đích của tiêu chuẩn này thì các định nghĩa sau đây được áp dụng. Việc tham khảo được dựa vào IEC (IEC - 50) khi có thể áp dụng được.

### 1.4.1. Các định nghĩa cho phần 2. Các hiệu ứng điện từ.

#### 1.4.1.1. Dây dẫn chính

Một dây dẫn đơn hoặc tập hợp một số dây dẫn mang dòng điện tổng trong một pha.

#### 1.4.1.2. Dây dẫn phụ

Một dây dẫn đơn mang một phần dòng điện tổng trong một pha và là một phần của dây dẫn chính.

#### 1.4.1.3. Giá đỡ cố định.

Một giá đỡ dây dẫn cứng và không cho phép dây dẫn này di chuyển vị trí của giá đỡ này.

#### 1.4.1.4. Giá đỡ đơn

Một giá đỡ dây dẫn cứng, cho phép di chuyển xoay quanh với vị trí của giá đỡ này.

#### 1.4.1.5. Chi tiết nối.

Bất kỳ khối phụ thêm nào trong một khoảng cột và không làm bằng vật liệu dây dẫn. Khối phụ thêm này bao gồm: các miếng đệm ngăn cách dây, các phân tử căng dây, các phân phụ các thanh, các nhánh, v.v...

#### 1.4.1.5.1 Miếng đệm ngăn cách dây

Một cấu tử cơ khí giữa các dây dẫn phụ, cứng hoặc mềm, và nó được đặt vào lúc lắp đặt để giữ một khoảng cách giữa các dây dẫn phụ.

#### 1.4.1.5.2 Phân tử căng dây.

Một miếng đệm đặc biệt chuyên dùng để giảm ứng suất cơ của các dây dẫn cứng.

#### 1.4.1.6 Lực căng do ngăn mạch, $F_r$ .

Lực căng cực đại đạt được trong một dây dẫn mềm chính do dây đu đưa trong khi ngăn mạch.

**Ghi chú:** Các lực đỉnh có thể xảy ra trong các néo dây và các bu lông bộ nối dây, chúng có thể lớn hơn các lực căng, do ngăn mạch. Xem điều 2.4.

#### 1.4.1.7. Lực rơi, $F_f$

Lực căng cực đại trong một dây dẫn mềm chính xảy ra khi khoảng cột rơi xuống sau khi đu đưa.

#### 1.4.1.8 Lực kẹp (lực bóp), $F_{pi}$

Lực căng cực đại trong một bó dây phân pha mềm bị bóp lại do sức hút của các dây dẫn phụ trong bó dây đó.

#### 1.4.1.9 Thời gian của dòng ngắn mạch đầu tiên chạy qua, $T_{K1}$

Khoảng thời gian giữa bắt đầu ngắn mạch đến khi ngắt dòng đầu tiên.

#### 1.4.2. Các định nghĩa đối với phân đoạn 3. Các hiệu ứng nhiệt.

##### 1.4.2.1. Dòng nhiệt tương đương ngắn hạn, $I_{th}$ .

Giá trị hiệu dụng (r.m.s) của dòng có cùng hiệu ứng nhiệt và cùng thời gian mà dòng ngắn mạch thực có thể chứa thành phần một chiều và có thể giảm theo thời gian.

**Ghi chú:** Trong trường hợp các ngắn mạch lặp lại (do các đóng lặp lại) thì giá trị tổng hợp của dòng điện nhiệt tương đương ngắn hạn được xác định (xem 3.2.2).

##### 1.4.2.2 Dòng chịu đựng ngắn hạn định mức, $I_{thr}$ .

Giá trị hiệu dụng (r.m.s) của dòng mà thiết bị điện có thể mang trong một ngắn hạn định mức dưới các điều kiện được qui định của việc sử dụng và xử trí.

**Ghi chú:**

1) Có thể chỉ ra nhiều cặp giá trị của dòng chịu đựng ngắn hạn định mức và thời gian ngắn hạn định mức; đối với hiệu ứng nhiệt 1s được sử dụng trong hầu hết các thông số kỹ thuật (các đặc điểm kỹ thuật) IEC.

2) Dòng chịu đựng ngắn hạn định mức cũng như thời gian ngắn hạn định mức tương ứng được chỉ rõ bởi nhà chế tạo thiết bị.

##### 1.4.2.3. Mật độ dòng nhiệt tương đương ngắn hạn, $S_{th}$ .

Tỉ số dòng nhiệt tương đương ngắn hạn với tiết diện ngang của dây dẫn đó.

##### 1.4.2.4. Mật độ dòng chịu đựng ngắn hạn định mức, $S_{thr}$ đối với các dây dẫn.

Giá trị hiệu dụng (r.m.s) của mật độ dòng mà một dây dẫn có thể chịu được trong thời hạn ngắn.

**Ghi chú:** mật độ dòng chịu đựng ngắn hạn định mức được xác định theo 3.2.

##### 1.4.2.5. Thời gian dòng ngắn mạch, $T_K$ .

Tổng số các khoảng thời gian dòng điện ngắn mạch chạy qua từ lúc đầu của ngắn mạch thứ nhất đến ngắt cuối cùng dòng ngắn mạch đó trong tất cả các pha.

##### 1.4.2.6. Thời gian ngắn hạn định mức, $T_{kr}$ .

Khoảng thời gian mà đối với khoảng thời gian này :

- Một thiết bị điện có thể chịu đựng được một dòng bằng dòng chịu đựng ngắn hạn định mức.

- Một dây dẫn có thể chịu được một mật độ dòng bằng mật độ dòng chịu đựng ngắn hạn định mức.

## Phân 2: Hiệu ứng điện từ tác dụng lên các dây dẫn cứng và mềm.

### 2.1. Tổng quát

Với các phương pháp tính toán được trình trong phần đoạn này; ta có thể đánh giá được các ứng suất trong các dây dẫn cứng, các lực căng trong các dây dẫn mềm, các lực trên các sứ cách điện và các cấu trúc phụ, mà chúng ở vào tình trạng uốn cong, căng và/hoặc nén, và các xô dịch khoảng cột của các dây dẫn mềm.

Các lực điện từ được cảm ứng trong các dây dẫn bởi các dòng điện đang chạy qua các dây dẫn song song, gây ra các ứng suất mà cần phải quan tâm đến ở trong các trạm biến áp. Với lý do này:

- Các lực giữa các dây dẫn song song được nêu ra trong các điều khoản dưới đây;
- Các thành phần lực điện từ thiết lập lên trong các dây dẫn với các góc và/hoặc các giao chéo thường có thể bỏ qua.

Trong trường hợp các trang thiết bị được che chắn thì sự thay đổi của các lực điện từ giữa các dây dẫn do tấm chắn từ có thể được tính đến. Tuy vậy, ngoài ra các lực tác động giữa từng dây dẫn và vỏ bọc của nó, ra các lực tác động giữa các bao bọc với nhau cũng cần được xem xét.

Khi các dây dẫn song song là dài so với khoảng cách giữa chúng thì các lực sẽ được phân bố một cách đồng đều dọc theo các dây dẫn và được cho bởi phương trình sau:

$$F = \frac{\tilde{i}_1 \tilde{i}_2 l}{2f a} \quad (1)$$

ở đây

- $i_1, i_2$  là các giá trị tức thời của các dòng trong các dây dẫn.
- $l$  - là khoảng cách đường tâm giữa các giá đỡ.
- $a$  - là khoảng cách đường tâm giữa các dây dẫn.

Khi các dòng trong 2 dây dẫn có cùng một chiều thì các lực là hút. Khi các chiều của các dòng ngược nhau thì các lực này là đẩy.

*Ghi chú - Thông tin phụ thêm, xin xem: CIGRE: các hiệu ứng cơ của các dòng ngắn mạch trong các trạm biến áp ngoài trời. Paris: CIGRESC 23, WG O2 .1987.*

#### 2.1.1 Các ảnh hưởng lên sự giảm ứng suất

Khi tính toán dòng ngắn mạch có thể cực đại, các chi tiết phụ thêm của các tiêu chuẩn IEC khác có thể được xem xét nếu điều này dẫn đến việc giảm ứng suất.

#### 2.1.2 Xem xét việc đóng lại tự động

Việc đóng lại tự động sẽ được tính đến đối với các dây dẫn cứng nếu chỉ có việc đóng lại tự động 3 pha được sử dụng.

## 2.2. Các bố trí thanh dẫn

### 2.2.1. Tính toán lực điện từ

#### 2.2.1.1 Tính toán lực đỉnh giữa các dây dẫn chính trong khi có một ngắn mạch 3 pha.

Trong một hệ thống 3 pha với các dây dẫn chính được bố trí với cùng các khoảng cách đường tâm trên cùng một mặt phẳng, thì lực cực đại tác động trên dây dẫn chính trung tâm trong khi có một ngắn mạch 3 pha và được cho bởi:

$$F_{m3} = \frac{\tilde{i}_{p3}}{2f} \frac{\sqrt{3}}{2} i_{p3}^2 \frac{l}{a_m} \quad (2)$$

ở đây:

$i_{p3}$  là giá trị đỉnh của dòng ngắn mạch trong trường hợp của một ngắn mạch 3 pha cân bằng. Về tính toán, xem IEC 909.

$l$  - là khoảng cách đường tâm cực đại giữa các giá đỡ;

$a_m$  là khoảng cách hiệu dụng giữa các dây dẫn chính trong 2.2.1.4.

*Ghi chú - Phương trình (2) cũng có thể được dùng để tính toán lực đỉnh tổng hợp khi các dây dẫn đều có các thiết diện tròn nằm trên các góc đỉnh của một tam giác đều và ở đó  $a_m$  là chiều dài của một cạnh của tam giác đó.*

#### 2.2.1.2 Tính toán lực đỉnh giữa các dây dẫn chính trong khi có một ngắn mạch dây với dây.

Lực cực đại tác động giữa các dây dẫn đang mang dòng ngắn mạch trong khi có một ngắn mạch dây với dây trong một hệ thống 3 pha hoặc trong một hệ thống 1 pha 2 dây được cho bởi:

$$F_{m2} = \frac{\tilde{i}_{p2}}{2f} i_{p2}^2 \frac{l}{a_m} \quad (3)$$

ở đây:

$i_{p2}$  là dòng ngắn mạch đỉnh trong trường hợp của một ngắn mạch dây với dây.

$l$  - là khoảng cách đường tâm cực đại giữa các giá đỡ.

$a_m$  - là khoảng cách hiệu dụng giữa các dây dẫn chính trong 2.2.1.4.

#### 2.2.1.3. Tính toán giá trị đỉnh của các lực giữa các dây dẫn phụ cùng trên mặt phẳng.

Lực cực đại tác động trên các dây dẫn ngoài cùng và là giữa 2 chi tiết nối liền kề được cho bởi:

$$F_s = \frac{\tilde{i}_p}{2f} \left( \frac{i_p}{n} \right)^2 \frac{l_s}{a_s} \quad (4)$$

ở đây:

$n$  là số dây dẫn phụ.

$l_s$  là khoảng cách đường tâm hiện có cực đại giữa 2 chi tiết nối liền kề.

$a_s$  là khoảng cách hiệu dụng giữa các dây dẫn phụ.

$i_p$  là bằng  $i_{p3}$  đối với một hệ 3 pha hoặc bằng  $i_{p2}$  đối với một hệ một pha 2 dây.

#### 2.2.1.4 Khoảng cách hiệu dụng giữa các dây dẫn chính và giữa các dây dẫn phụ.

Các lực giữa các dây dẫn mang các dòng ngắn mạch phụ thuộc vào hình dạng hình học và mặt cắt của các dây dẫn. Về lý do này, khoảng cách hiệu dụng  $a_m$  giữa các dây dẫn chính đã được dẫn trong 2.2.1.1 và 2.2.1.2 và khoảng cách hiệu dụng  $a_s$  giữa các dây dẫn phụ trong 2.2.1.3. Chúng được lấy như sau:

Khoảng cách  $a_m$  hiệu dụng giữa các dây dẫn chính với khoảng cách đường tâm  $a$ :

- Các dây dẫn chính có các tiết diện ngang hình tròn đơn:

$$a_m = a \quad (5)$$

- Các dây dẫn chính có các tiết diện ngang chữ nhật đơn và các dây dẫn chính gồm các dây dẫn phụ có các tiết diện ngang chữ nhật.

$$a_m = a/k_{12} \quad (6)$$

$K_{12}$  sẽ được lấy từ hình 1, với  $a_{1s} = a$ ,  $b = b_m$  và  $d = d_m$ .

Khoảng cách hiệu dụng  $a_s$  giữa  $n$  dây dẫn phụ đồng diện của một dây dẫn chính.

- Các dây dẫn phụ có các tiết diện ngang tròn:

$$\frac{1}{a_s} = \frac{1}{a_{12}} + \frac{1}{a_{13}} + \frac{1}{a_{14}} + \dots + \frac{1}{a_{15}} + \dots + \frac{1}{a_{1n}} \quad (7)$$

Các dây dẫn phụ có các tiết diện ngang chữ nhật:

Một số giá trị của  $a_s$  đã được cho ở bảng 1. Đối với các khoảng cách khác và các kích cỡ khác của dây dẫn phụ, thì có thể dùng phương trình:

$$\frac{1}{a_s} = \frac{k_{12}}{a_{12}} + \frac{k_{13}}{a_{13}} + \frac{k_{14}}{a_{14}} + \dots + \frac{k_{1s}}{a_{1s}} + \dots + \frac{k_{1n}}{a_{1n}} \quad (8)$$

Các giá trị đối với  $k_{12}, \dots, k_{1n}$  được lấy từ hình 1.

### 2.2.2 Tính toán các ứng suất trong các dây dẫn cứng và các lực trên các giá đỡ.

#### 2.2.2.1 Tổng quát

Các dây dẫn có thể được đỡ theo các kiểu khác nhau, hoặc cố định hoặc đơn giản hoặc tổ hợp cả hai. Tùy thuộc vào loại giá đỡ và số các giá đỡ, Các ứng suất trong các dây dẫn và các lực trên các giá đỡ sẽ khác nhau đối với cùng một dòng ngắn mạch. Các phương trình đã cho cũng bao gồm độ đàn hồi của các giá đỡ.

Các ứng suất trong các dây dẫn và các lực trên các giá đỡ cũng phụ thuộc vào tỉ số giữa tần số tự nhiên thích ứng của hệ thống cơ và tần số hệ thống điện. Chẳng hạn trong trường hợp cộng hưởng hoặc gần cộng hưởng, thì các ứng suất và các lực trong hệ thống này có thể

được khuếch đại. Nếu  $f_c/f < 0,5$  thì sự đáp ứng của hệ thống đó sẽ giảm và các ứng suất cực đại là nằm trong các pha ngoài cùng.

QUANPHAM.VN

### 2.2.2.2 Tính toán các ứng suất trong các thanh dẫn cứng

Giả thiết rằng, thanh dẫn là cứng có nghĩa là các lực dọc trục được coi nhẹ. Với giả thiết này, các lực tác động là các lực uốn và phương trình tổng quát cho ứng suất uốn được gây ra bởi các lực giữa các dây dẫn chính được cho bởi:

$$\sigma_m = V_\sigma \cdot V_r \cdot \beta \cdot F_m l / 8Z \quad (9)$$

ở đây  $F_m$  sẽ hoặc là giá trị  $F_{m3}$  của các hệ thống 3 pha theo phương trình (2) hoặc là  $F_{m2}$  của các hệ thống một pha 2 dây theo phương trình (3).

$Z$  là môđun tiết diện của thanh dẫn chính và sẽ được tính với chiều của các lực giữa các dây dẫn chính.

ứng suất uốn được gây ra bởi các lực giữa các dây dẫn phụ cho bởi:

$$\tau_s = V_{\tau s} \cdot V_{rs} \frac{F_s l_s}{16Z_s} \quad (10)$$

ở đây  $F_s$  sẽ sử dụng theo phương trình (4)

$Z_s$  là môđun tiết diện của dây dẫn phụ và sẽ được tính toán theo chiều của các lực giữa các dây dẫn phụ.

$V_\sigma$  và  $V_{\sigma s}$ ,  $V_{rs}$  sẽ được lấy từ bảng 2 và hệ số  $\beta$  sẽ được lấy từ bảng 3.

*Ghi chú - Đối với các xà trong bảng 3 (trừ xà khoảng cột đơn với các giá đỡ đơn) thì các tải dùng thực tế được tính toán với các hệ số  $S$  cho trong bảng 3 và  $q$  cho trong bảng 4.*

Các khoảng cách không đều trong các xà liên tục có thể được xử lý với mức độ đủ chính xác bằng giả thiết áp dụng một khoảng cách cực đại. Điều này có nghĩa là :

- Các cột đỡ ở đầu đều không chịu ứng suất lớn hơn các cột ở giữa.

- Các chiều dài khoảng cách ngắn hơn 20% các cột liên kề thì sẽ được bỏ. Nếu cái đó không được xác nhận là có thể thì các dây dẫn phải được tách ra bằng cách sử dụng các mối nối mềm ở các giá đỡ. Nếu có một mối nối mềm trong một khoảng cột, thì chiều dài của khoảng cột này sẽ ngắn hơn 70% các chiều của các khoảng cột liên kề.

Nếu không khẳng định được là xà đó được đỡ hay được cố định, thì trường hợp xấu nhất phải được tính đến.

Các thông tin thêm, xin xem ở 2.2.2.6



### 2.2.2.3 Môđun tiết diện và hệ số q của các dây dẫn chính gồm nhiều dây dẫn phụ

ứng suất uốn và do đó sự chịu đựng cơ của dây dẫn phụ thuộc vào môđun tiết diện.

Nếu ứng suất xảy ra phù hợp với hình 2a), môđun tiết diện Z sẽ độc lập với số các chi tiết nối và bằng tổng môđun tiết diện  $Z_s$  của các dây dẫn phụ ( $Z_s$  liên quan tới trục x - x). Hệ số q lúc này có giá trị 1,5 đối với các tiết diện ngang hình chữ nhật và 1,19 đối với các tiết diện hình I và U.

Nếu ứng suất xảy ra phù hợp với hình 2b) và trong trường hợp này chỉ có một hoặc không có yếu tố tăng cứng trong một khoảng cách được đỡ, thì môđun tiết diện Z là bằng tổng các môđun tiết diện  $Z_s$  của các dây dẫn phụ ( $Z_s$  liên quan tới trục y - y). Hệ số q lúc này có giá trị 1,5 đối với các tiết diện ngang hình chữ nhật và 1,83 đối với các tiết diện hình I và U.

Khi trong một khoảng đỡ, có hai hoặc nhiều các yếu tố tăng cứng thì có thể sử dụng các giá trị modun tiết diện cao hơn.

- Đối với các dây dẫn gồm các dây dẫn phụ có các tiết diện ngang hình chữ nhật với một khoảng không giữa các thanh bằng bề dày thanh thì môđun tiết diện được cho trong bảng 5.

- Đối với các nhóm dây dẫn có các tiết diện ngang hình chữ U và I, thì 50% môđun tiết diện liên quan tới trục o - o cần được sử dụng.

Hệ số q lúc này có một giá trị là 0,5 đối với tiết diện ngang hình chữ nhật và 1,83 đối với các tiết diện hình chữ U và I.

### 2.2.2.4 ứng suất dây dẫn cho phép

Một dây dẫn đơn được coi là chịu đựng được các lực ngắn mạch khi:

$$\sigma_m \leq qR_{p0,2} \quad (11)$$

ở đây  $R_{p0,2}$  là ứng suất tương ứng với điểm cho.

Hệ số q cần được chọn từ bảng 4, xem 2.2.2.3.

Khi một dây dẫn chính gồm hai hoặc nhiều các dây dẫn phụ thì ứng suất tổng trong dây dẫn đó cho bởi:

$$\sigma_{tot} = \sigma_m + \sigma_s \quad (12)$$

**Ghi chú** - Đối với tiết diện ngang hình chữ nhật thì  $\tau_{tot}$  là tổng đại số của  $\tau_m$  và  $\tau_s$  độc lập với các hướng tải (xem hình 2).

Dây dẫn được coi là chịu được các lực ngắn mạch khi:

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

Cần thiết phải kiểm tra xem sự ngắn mạch không ảnh hưởng đến khoảng cách giữa các dây dẫn phụ nhiều quá, vì thế một giá trị được khuyến nghị là:

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

Trong bảng 4, đã cho các giá trị có thể chấp nhận được cao nhất cho  $q$  đối với các tiết diện ngang khác nhau. Đối với  $\sigma_m = qR_{p0,2}$  và  $\sigma_{\text{tot}} = qR_{p0,2}$  với các biến dạng thường xuyên nhỏ lần lượt có thể xảy ra thì khoảng gần 1% của khoảng cách giữa các giá đỡ đó đối với các giá trị  $q$  phù hợp theo bảng 4 và các giá trị này không gây nguy hiểm cho an toàn vận hành miễn là với các khoảng hở tối thiểu giữa các dây dẫn chính hoặc giữa một dây dẫn chính nào đó với cấu trúc được tiếp đất không bị vi phạm.

*Ghi chú - Đối với điểm cho của các vật liệu dây dẫn,  $R_{p0,2}$ , thì các tiêu chuẩn thường biểu diễn các dây với các giá trị cực đại và cực tiểu. Nếu chỉ các giá trị giới hạn như thế có sẵn để dùng hơn là các giá trị được hiện tại thì giá trị cực tiểu cần được sử dụng trong*

2.2.2.4 và giá trị cực đại trong bảng 2.

2.2.2.5 Tính toán các lực trên các giá đỡ các dây dẫn cứng.

Lực động  $F_d$  cần được tính từ:

$$F_d = V_F V_r \alpha F_m \quad (15)$$

ở đây  $F_m$  sẽ hoặc là giá trị  $F_{m3}$  của các hệ thống 3 pha theo phương trình (2) hoặc là  $F_{m2}$  của các hệ thống một pha 2 dây theo phương trình (3) cần được dùng.

Các giá trị có thể cực đại của  $V_F V_r$  cần được lấy từ bảng 2.

Hệ số  $\alpha$  tùy thuộc vào loại và số các giá đỡ và cần được lấy từ bảng 3. Về tải thiết kế trên các sứ trụ trong trạm và mối nối, xem điều 2.4.

Đối với một ví dụ sâu hơn, xem 2.2.2.6

2.2.2.6 Tính toán có tính đến giao động dây dẫn.

Các phương trình trong 2.2.2.2 và 2.2.2.5 có các hệ số  $V_\sigma$ ,  $V_{\sigma s}$ ,  $V_F$ ,  $V_r$  và  $V_{rs}$  đều có tính đến tính chất dao động của các ứng suất và các lực.

Các giới hạn trên của các hệ số này được cho trong bảng 2. Các giá trị thấp hơn các giới hạn này được thừa nhận nếu chúng được dự kiến bởi điều khoản phụ. Cần tính toán tần số tự nhiên thích ứng  $f_c$  có tính đến độ chính xác của dữ liệu.

### 2.2.6.1 Tính toán tần số tự nhiên thích ứng.

Tần số tự nhiên thích ứng của một dây dẫn có thể được tính toán từ:

$$f_c = \frac{\kappa}{l^2} \sqrt{\frac{EJ}{m'}} \quad (16)$$

Phương trình (16) có thể áp dụng trực tiếp cho các dây dẫn chính gồm các tiết diện ngang đơn.

Hệ số  $\gamma$  phụ thuộc vào loại và số các giá đỡ và cho trong bảng 3.

Nếu dây dẫn chính gồm nhiều dây dẫn phụ có tiết diện ngang hình chữ nhật thì tần số tự nhiên thích ứng của dây dẫn chính cần được tính từ:

$$f_c = c \frac{\kappa}{l^2} \sqrt{\frac{EJ_s}{m'_s}} \quad (17)$$

Hệ số  $c$  cần lấy từ biểu đồ b) hoặc c) của hình 3. Trong trường hợp không có các chi tiết nối thì  $c = 1$ .

Đối với một dây dẫn chính gồm nhiều dây dẫn phụ có tiết diện hình chữ U hoặc I thì  $f_c$  được tính toán từ phương trình (16):  $J$  và  $m'$  sẽ áp dụng cho thiết kế dây dẫn chính.

Đối với việc tính toán ứng suất dây dẫn phụ thì tần số tự nhiên thích ứng được tính đến, và phương trình cần được sử dụng:

$$f_{cs} = \frac{3,56}{l_s^2} \sqrt{\frac{EJ_s}{m'_s}} \quad (18)$$

*Ghi chú - Các momen bậc 2 (mômen quán tính) của diện tích phẳng  $J$  và  $J_s$  được tính toán theo các hình 2a) hoặc 2b).*

### 2.2.6.2 Các hệ số $V_F, V_T, V_{Ts}, V_r$ và $V_{rs}$ .

Các hệ số  $V_F, V_\sigma, V_{\sigma_s}, V_r$  và  $V_{rs}$  là các hàm của tỉ số  $f_c/f$  và  $f_{cs}/f$ , ở đây  $f$  là tần số hệ thống, các hệ số này hơi khác một ít trong trường hợp ngắn mạch 3 pha hoặc trường hợp ngắn mạch 2 pha và các hệ số này cũng phụ thuộc vào giao động cơ tắt dần của hệ thống dây dẫn. Đối với các tính toán thực tế, các hệ số này cần được lấy từ hình 4.

*Ghi chú.*

1. Thời gian ngắn mạch  $T_K \leq 0,1s$  có thể gây ra một sự giảm ứng suất đáng kể trong các cấu trúc với  $f_c/f \leq 1$ .

2. Trong trường hợp các giá đỡ đàn hồi thì tần số tự nhiên thích ứng là thấp hơn tần số được tính toán với phương trình (16). Điều này được xem xét khi sử dụng hình 4, nếu giá trị  $f_c/f$  lớn hơn 2,4.

Đối với tự động đóng lại 3 pha thì các hệ số  $V_r$  và  $V_{rs}$  cần được lấy từ hình 5, trong các trường hợp khác  $V_r = 1, V_{rs} = 1$ .

## 2.3 Các bố trí dây dẫn mềm

### 2.3.1 Tổng quát

Các lực căng (kéo) cực đại do hiệu ứng của một ngắn mạch tác dụng lên các dây dẫn chính, được xác định sau khi tính toán các thông số đặc trưng về hình thể và loại ngắn mạch như trang 2.3.2.1. Trong một khoảng cột, có một sự khác nhau giữa lực căng (kéo)  $F_t$  trong khi ngắn mạch, như trang 2.3.2.2 và lực căng (kéo)  $F_f$  sau khi ngắn mạch như trong 2.3.2.3, khi dây dẫn rơi trở lại. Trong 2.3.3, lực căng (kéo)  $F_{pi}$  được gây ra bởi hiệu ứng bóp (thắt) trong các bó dây dẫn phân pha đã được tính toán. Độ dịch chuyển ngang cực đại của khoảng cột và khoảng trống cực tiểu giữa các dây dẫn được xác định trong 2.3.2.4.

Trong các lắp đặt với các dây dẫn mềm, các ứng suất xảy ra trong các ngắn mạch pha - pha và các ngắn mạch 3 pha cân bằng thì xấp xỉ bằng nhau. Tuy nhiên, đối với các ngắn mạch pha - pha, việc đu đưa dây, dẫn đến làm giảm các khoảng trống tối thiểu (tức là khi các dây dẫn liền kề mang dòng ngắn mạch chuyển theo hướng vào nhau sau khi có ngắn mạch đó) Trong trường hợp ngắn mạch 3 pha cân bằng thì dây dẫn ở giữa chỉ di chuyển một cách nhẹ nhàng do các lực quán tính và của nó các lực hai chiều đảo chiều của nó tác động vào dây dẫn đó. Do đó  $F_t$ ,  $F_f$  và  $b_h$  vì thế được tính toán đối với một ngắn mạch pha pha.

Các lực căng (kéo)  $F_t$ ,  $F_f$  và  $F_{pi}$  gồm cả các lực căng (kéo) gây ra bởi tải trọng không đổi.

Các tính toán sau đây cần được tiến hành dựa trên cơ sở lực căng (kéo) tĩnh  $F_{st}$  tồn tại ở nhiệt độ mùa đông cực tiểu tại chỗ đó, ví dụ như  $-20^{\circ}\text{C}$ , và cũng cần dựa trên cơ sở lực căng tĩnh  $F_{st}$  tồn tại ở nhiệt độ vận hành cực đại, ví dụ như  $60^{\circ}\text{C}$ . Đối với mỗi lực căng thì trường hợp xấu nhất cần được tính đến cho các mục đích thiết kế.

#### Ghi chú

1. Các phương trình sau đây áp dụng cho các chiều dài khoảng cột tới gần 60m và các tỉ số độ võng theo chiều dài khoảng cột xấp xỉ 8%. Đối với các khoảng cột dài hơn, thì sự chuyển động của dây dẫn có thể dẫn tới các ứng suất thấp hơn là các ứng suất được tính toán bằng các phương trình này. Nếu điều đó có thể được chứng minh bằng sự tính toán bằng máy tính hoặc đo lường thì các tải thấp hơn đó có thể được tính đến.

2. Các điều khoản phụ sau đây áp dụng đối với các khoảng cột nằm ngang dưới cấu hình sắt cạnh bên nhau (cạnh liền cạnh). Các cấu hình khác có thể dẫn tới các lực căng thấp hơn. Tuy nhiên, do tính toán phức tạp, nên khuyến nghị sử dụng các phương trình đã cho để tính toán cả các trường hợp này.

3. Việc đóng góp của các khối tập trung phụ thêm có trọng lực nằm trong khoảng cột đó cần được xem xét.

4. Đối với các dây dẫn mềm, hiệu ứng khuếch đại (phóng đại) do đóng lại tự động không cần được xem xét.

### 2.3.2 Các hiệu ứng tác dụng lên dây dẫn chính.

Các điều khoản phụ sau đây áp dụng cho các dây dẫn đơn và cho các dây có cấu hình bó dây phân pha hình chữ nhật ở đó các điểm giữa được đặt trên một vòng tròn với các khoảng cách bằng nhau giữa các dây dẫn phụ liền kề.

### 2.3.2.1 Các kích thước đặc trưng và các thông số

Lực điện từ đặc trưng theo đơn vị chiều dài trên các dây dẫn chính mềm trong các hệ thống ba pha được cho bởi:

$$f' = \frac{\sim_0}{2f} 0,75 \frac{(I''_{k3})^2 l_c}{a l} \quad (19)$$

ở đây

$I''_{k3}$  là dòng ngắn mạch đối xứng ban đầu 3 pha (hiệu dụng)

$a$  là khoảng cách đường trung tâm giữa các điểm giữa dây dẫn chính (Khoảng cách trục giữa các điểm trung tâm của các dây dẫn chính)

$l_c$  là chiều dài dây của dây dẫn chính trong khoảng cột đó.

Đối với các dây dẫn chùng tác động các lực uốn trên các sứ cách điện đó thì  $l_c = 1$ . Đối với các khoảng với các dây dẫn căng ra thì  $l_c = 1 - 2l_i$ , ở đây  $l_i$  là chiều dài của một chuỗi sứ.

#### **Ghi chú**

1. Trong trường hợp của các hệ thống 1 pha 2 dây thì thay  $0,75 (I''_{k3})^2$  trong phương trình (19) bằng  $(I''_{k2})^2$ .
2. Phương pháp tính toán này không xem xét đến sự đóng góp của thành phần dòng ngắn mạch không chu kỳ. Tuy nhiên, điều này sẽ chỉ ảnh hưởng đáng kể đến kết quả nếu thời gian dòng ngắn mạch là nhỏ hơn 0,1s. Trong trường hợp này tham khảo tài liệu CIGRE : Các hiệu ứng cơ của các dòng ngắn mạch trong các trạm biến áp ngoài trời. Paris CIGRE SC23, WGOZ, 1982.

Tỉ số lực điện từ dưới trong điều kiện ngắn mạch với trọng lực trên một dây dẫn là một thông số quan trọng cho bởi:

$$r = \frac{F'}{nm'_s g_n} \quad (20)$$

Và thông số này cho hướng của lực tổng hợp tác động lên dây dẫn

$$\delta_1 = \arctan r \quad (21)$$

Độ võng dây dẫn tĩnh tương đương ở giữa khoảng cột được cho bởi:

$$b_c = \frac{nm'_s g_n l^2}{8F_{st}} \quad (22)$$

Chu kỳ T của các giao động dây dẫn được cho bởi:

$$T = 2f \sqrt{0,8 \frac{b_c}{g_n}} \quad (23)$$

và chu kỳ này áp dụng cho các góc du đưa ra nhỏ không có dòng chạy trong dây dẫn đó.

Chu kỳ tổng hợp  $T_{res}$  của dao động dây dẫn trong khi có dòng ngắn mạch chạy được cho bởi:

$$T_{res} = \frac{T}{\sqrt[4]{1 + r^2 \left[ 1 - \frac{f^2}{64} \left( \frac{u_1}{90^0} \right)^2 \right]}} \quad (24)$$

ở đây  $\delta_1$  cần được lấy theo cho bằng độ

Mức (chuẩn) rắn cứng được cho bởi:

$$N = \frac{1}{SL} + \frac{1}{nE_s A_s} \quad (25)$$

Nếu giá trị chính xác của S không được biết trong phương trình (25), thì giá trị  $S = 10^5$  N/m cần được sử dụng cho các dây dẫn chùng tác động các lực uốn lên các sứ đỡ. Đối với các khoảng cột với các dây dẫn căng thì các thông số kỹ thuật đối với S đều được cứu xét.

$E_s$  là môđun Young hiện nay

$$E_s = E(0,3 + 0,7 \sin \left( \frac{F_{st}}{nA_s} \uparrow_{fin} 90^0 \right)) \text{ đối với } \frac{F_{st}}{nA_s} \leq \uparrow_{fin} \quad (26)$$

$E_s =$

$$E \text{ đối với } \frac{F_{st}}{nA_s} > \uparrow_{fin} \quad (27)$$

ở đây  $\sigma_{pin} = 5.10^7$  N/m<sup>2</sup>

$\sigma_{pin}$  là giá trị thấp nhất của  $\sigma$  khi môđun Young trở thành hằng số (không đổi). Môđun Young E cuối cùng đối với các dây dẫn bện cần được sử dụng:

Hệ số ứng suất của dây dẫn chính được cho bởi:

$$\epsilon = \frac{(ng_n m'_s l)^2}{24 F_{st}^3 N} \quad (28)$$

Trong khi hoặc vào lúc đầu dòng ngắn mạch chạy thì khoảng cách sẽ có giao động ra ngoài vị trí trạng thái ổn định tới một góc cho bởi:

$$\delta_1 [1 - \cos [360^\circ \frac{T_{K1}}{T_{res}}]] \text{ đối với } 0 \leq \frac{T_{K1}}{T_{res}} \leq 0,5$$

$$\delta_1 = \begin{cases} \delta_1 & \text{đối với } \frac{T_{K1}}{T_{res}} \leq 0,5 \\ 2\delta_1 & \text{đối với } \frac{T_{K1}}{T_{res}} > 0,5 \end{cases} \quad (29)$$

Bởi vì thời gian của dòng ngắn mạch đầu tiên  $T_K$  như được xác định trong 1.4.1.9 là được biết, cho nên góc đu đưa ra ngoài cực đại  $\delta_m$  có thể được xác định theo hình 6 hoặc được tính toán như dưới đây. Cách khác, hoặc nếu  $T_{K1}$  là lớn hơn giá trị 0,47, thì giá trị 0,47 cần được sử dụng cho  $T_{K1}$  trong các phương trình (29), (30 và (37).

Trong khi hoặc sau khi có dòng ngắn mạch chạy thì khoảng đó đã giao động tới góc đu đưa vượt ra ngoài  $\delta_m$ , đạt được như sau:

$$x = \begin{cases} 1 - r \sin \delta_K & \text{đối với } 0 \leq \delta_x \leq 90^\circ \\ 1 - r & \text{đối với } \delta_K > 90^\circ \end{cases} \quad (30)$$

và  $1,25 \arccos x \text{ đ/v } 0,766 \leq x \leq 1$

$$\delta_m = 10^\circ + \arccos x \text{ đ/v } -0,985 \leq x \leq 1 \quad (31)$$

$$180^\circ \text{ đ/v } x \leq -0,985$$

**Ghi chú:** góc đu đưa ra ngoài  $u_m$  được tính toán là giá trị cực đại có thể xảy ra đối với "trường hợp xấu nhất" có 1 thời gian ngắn mạch nhỏ hơn hoặc bằng thời gian ngắn mạch đã được phát biểu  $T_{K1}$

2.3.2.2. Lực căng (kéo)  $F_t$  trong khi ngắn mạch được gây ra bởi đu đưa ra ngoài (Lực căng ngắn mạch).

Thông số tải  $\varphi$  đạt được như sau:

$$\varphi = 3(\sqrt{1+r^2} - 1) \text{ đối với } T_{K1} \geq T_{res}/4 \quad (32)$$

$$3(r \sin \delta_K + \cos \delta_K - 1) \text{ đ/v } T_{K1} < T_{res}/4$$

Hệ số  $\Psi$  là một hàm số của  $\zeta$  và  $\varphi$  và được xác định trong hình 7. Nó có thể được tính toán như một nghiệm thực của phương trình này:

$$\varphi^2 \Psi^3 + \varphi(2 + \zeta) \Psi^2 + (1 + 2\zeta) \Psi - \zeta(2 + \varphi) = 0 \quad (33)$$

với  $0 \leq \Psi \leq 1$

Lực căng (kéo)  $F_t$  được cho bởi

$$F_t = F_{st} (1 + \varphi \Psi) \text{ đối với } n = 1, \text{ dây dẫn đơn} \quad (34)$$

$$1,1 F_{st} (1 + \varphi \Psi) \text{ đối với } n \geq 2, \text{ các dây dẫn bó.}$$

2.3.2.3 Lực căng (kéo)  $F_f$  sau khi ngắn mạch gây ra bởi sự rơi (lực rơi).

Vào cuối ngắn mạch thì khoảng cột sẽ giao động hoặc rơi trở lại. Giá trị cực đại  $F_f$  đối với một khoảng cột vào lúc cuối của sự rơi chỉ có nghĩa đối với  $r > 0,6$  nếu  $\delta_m \geq 70^\circ$ . Trong trường hợp này lực rơi cho bởi:

$$F_f = 1,2 F_{st} \sqrt{1 + 8' \frac{u_m}{180^0}} \quad (35)$$

**Ghi chú:** Trong các khoảng cột ngắn thì độ cứng uốn của khoảng cột sẽ giảm độ rơi khoảng cột, có ý nghĩa là độ rơi khoảng cột được tính toán là quá lớn nếu chiều dài khoảng cột nhỏ hơn xấp xỉ 100 lần đường kính dây dẫn đơn, tức là  $l < 100 d_s$ .

#### 2.3.2.4 Độ dịch chuyển khoảng cột ngang $b_h$ và khoảng trống không khí $a_{min}$

Độ dẫn nở đàn hồi được cho bởi:

$$\varepsilon_{ela} = N (F_f - F_{st}) \quad (36)$$

Độ dẫn nở nhiệt được cho bởi

$$\varepsilon_{th} = \begin{cases} C_{th} \left[ \frac{I''_{k3}}{nA_s} \right] T_{res}/\Psi & \text{đối với } T_{k1} \geq T_{res}/\Psi \\ C_{th} \left[ \frac{I''_{k3}}{nA_s} \right] T_{k1} & \text{đối với } T_{k1} < T_{res}/\Psi \end{cases} \quad (37)$$

Đối  $C_{th}$  sử dụng:

$0,27 \cdot 10^{-18} \text{ m}^4/(\text{A}^2\text{S})$  đối với các dây dẫn thép/nhôm và hợp kim nhôm, nhôm với một tỉ số tiết diện ngang của  $A_1/st > 6$ .

$0,27 \cdot 10^{-18} \text{ m}^4/(\text{A}^2\text{S})$  đối với các dây dẫn thép/nhôm với một tỉ số tiết diện ngang của  $A_1/S_t \leq 6$ .

$0,088 \cdot 10^{-18} \text{ m}^4/(\text{A}^2\text{S})$  đối với dây đồng.

**Ghi chú:** Trong trường hợp các hệ thống 1 pha 2 dây thì thay  $I''_{k3}$  trong phương trình (37) bằng  $I''_{k2}$ .

Hệ số  $C_D$  cho phép đối với các độ tăng độ võng được gây ra bởi độ dẫn dài nhiệt và đàn hồi của dây dẫn đó và được cho bởi:

$$C_D = \sqrt{1 + \frac{3}{8} \left[ \frac{l}{b_c} \right]^2 (v_{ela} + v_{th})} \quad (38)$$

Hệ số  $C_F$  cho phép đối với một độ tăng có thể trong độ võng động của dây dẫn đó được gây ra bởi một sự thay đổi hình dạng của đường cong dây dẫn và được cho bởi:

$$C_F = \begin{cases} 1,05 & \text{đối với } r \leq 0,8 \\ 0,97 + 0,1r & \text{đối với } 0,8 < r < 1,8 \\ 1,15 & \text{đối với } r \geq 1,8 \end{cases} \quad (39)$$



Độ dịch chuyển ngang cực đại trong một khoảng,  $b_h$ , do một ngắn mạch được cho bởi phương trình sau. Đối với các khoảng với các dây dẫn chùng  $l_c = l$  được nối vào các sứ đỡ và vào thiết bị.

$$b_h \begin{cases} C_F C_D b_c \text{ đối với } \delta_m \geq 90^\circ \\ C_F C_D b_c \sin \delta_m \text{ đối với } \delta_m < 90^\circ \end{cases} \text{ đối với } l_c = l \quad (40)$$

Độ dịch chuyển ngang cực đại trong một khoảng cột  $b_h$ , do một ngắn mạch được cho bởi phương trình sau, đối với các khoảng có các dây dẫn căng  $l_c = l - 2l_i$  được nối vào các cột cổng với các chuỗi sứ chịu lực kéo (căng).

$$b_h \begin{cases} C_F C_D b_c \sin \delta_1 \text{ đối với } \delta_m \geq \delta_1 \\ C_F C_D b_c \sin \delta_m \text{ đối với } \delta_m < \delta_1 \end{cases} \text{ đối với } l_c = l - 2l_i \quad (41)$$

Do một ngắn mạch nên các dây dẫn trong một cấu hình phẳng đơn bị di chuyển ở điểm giữa khoảng, trong trường hợp xấu nhất, trên một vòng tròn có bán kính  $b_h$  quanh một đường dây nối thẳng giữa 2 điểm neo liền kề. Khoảng cách giữa các điểm giữa của hai dây dẫn chính trong khi có một ngắn mạch 2 pha được cho trong trường hợp xấu nhất bởi

$$a_{\min} = a - 2b_h \quad (42)$$

### 2.3.3 Lực căng (kéo) được gây ra bởi hiệu ứng co thắt

#### 2.3.3.1 Các kích thước đặc trưng và các thông số

Các áp dụng sau đây cho các cấu hình bó dây phân pha đối xứng ở đó các điểm giữa của các dây dẫn phụ (dây dẫn phân pha) được đặt trên một vòng tròn với các khoảng cách bằng nhau  $a_s$  giữa các dây dẫn phụ (dây dẫn phân pha) liền kề.

Nếu khoảng trống giữa các dây dẫn phân pha và cấu hình của các tấm ngăn cách dây để cho các dây dẫn phân pha của bó dây va đập nhau trong khi có một ngắn mạch, thì lực căng (kéo)  $F_{pi}$  có thể bỏ qua, ngược lại thì lực căng  $F_t$  được tính toán trong 2.3.2.2 đối với các cấu hình bó dây phân pha đối xứng có tới 4 dây dẫn phân pha.

Các dây dẫn phụ (dây dẫn phân pha) được coi như va đập có hiệu ứng nếu khoảng trống  $a_s$  giữa các điểm của các dây dẫn phân pha liền kề, cũng như khoảng cách  $l_s$  giữa hai tấm ngăn cách liền kề thực hiện hoặc theo phương trình (43) hoặc (44)

$$a_s/d_s \leq 2,0 \text{ và } l_s \geq 50 a_s \quad (43)$$

$$a_s/d_s \leq 2,5 \text{ và } l_s \geq 70 a_s \quad (44)$$

Nếu cấu hình bó dây phân pha đối xứng không thực hiện được các điều kiện đã nói ở trên, thì các phương trình sau đây được áp dụng để tính toán  $F_{pi}$

Lực do dòng ngắn mạch được cho bởi:

$$F_v = (n - 1) \frac{\tilde{I}_0''}{2f} \left( \frac{I''_{k3}}{n} \right)^2 \frac{l_s}{a_s} \frac{V_2}{V_3} \quad (45)$$

Ghi chú: Trong trường hợp các hệ thống 1 pha 2 dây, thì thay thế  $I''_{k3}$  trong phương trình (45), (46), (52) và (55) bằng  $I''_{k2}$ .

Hệ số  $V_2$  được cho bởi hình 8, như là một hàm số của:

$$V_1 = f \frac{1}{\sin \frac{180^\circ}{n}} \sqrt{\frac{(a_s - d_s) m' s}{\frac{\tilde{I}_0''}{2f} \left( \frac{I''_{k3}}{n} \right)^2 \frac{n-1}{a_s}}} \quad (46)$$

ở đây  $f$  là tần số hệ thống, và hệ số  $V_3$  được cho bởi hình 9.

Nếu dòng ngắn mạch ban đầu pha với đất  $I''_{k1}$  lớn hơn dòng ngắn mạch đối xứng ban đầu 3 pha  $I''_{k3}$  thì  $I''_{k3}$  sẽ được thay thế bằng  $I''_{k2}$  trong phương trình (45), (46), (52) và (55).

Các hệ số biến dạng đặc trưng sự co của bó dây sẽ được tính toán từ:

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

$$v_{st} = 0,375 n \frac{F_v l_s^3 N}{(a_s - d_s)^3} \left( \sin \frac{180^\circ}{n} \right)^3 \quad (48)$$

Thông số:

$$j = \sqrt{\frac{V_{pi}}{1 + v_{st}}} \quad (49)$$

Xác định cấu hình bó dây trong khi dòng ngắn mạch chạy như sau:

$j \geq 1$ . Các dây dẫn phụ và đập (dây dẫn phân pha). Lực căng (kéo)  $F_{pi}$  được tính toán theo 2.3.3.2.

$j < 1$ . Các dây dẫn phụ (phân pha) giảm khoảng cách của chúng nhưng không va đập. Lực căng (kéo)  $F_{pi}$  được tính toán trong 2.3.3.3.

2.3.3.2. Lực căng (kéo)  $F_{pi}$  trong trường hợp va đập các dây dẫn phụ (phân pha).

Nếu  $j \geq 1$ , thì lực căng (kéo)  $F_{pi}$  đạt được  $T_h$ :

$$F_{pi} = F_{st} \left( 1 + \frac{V_{pi}}{v_{st}} \right) \quad (50)$$

$\xi$  được cho bởi nghiệm thực của

$$\xi^3 + \varepsilon_{st}\xi^2 - \varepsilon_{pi} = 0 \quad (51)$$

với  $j^{2/3} \leq \xi \leq j$  được xác định bằng phép phân tích hoặc được lấy từ hình 10  $V_c$  được cho bởi:

$$V_c = \frac{1}{2} \left[ \frac{9}{8} n(n-1) \frac{\tilde{\omega}}{2f} \left( \frac{I''}{n} \right)^2 N \cdot V_2 \left( \frac{l_s}{a_s - d_s} \right)^4 \cdot \frac{(\sin \frac{180^\circ}{n})^4}{<^3} \left\{ 1 - \frac{\arctan \sqrt{V_4}}{\sqrt{V_4}} \right\} - \frac{1}{4} \right]^{1/2} \quad (52)$$

$$\text{với } V_4 = \frac{a_s - d_s}{d_s} \quad (53)$$

2.3.3.3 Lực căng (kéo)  $F_{pi}$  trong trường hợp không có va đập các dây dẫn phân pha.

Nếu  $j < 1$ , Lực căng  $F_{pi}$  đạt được từ:

$$F_{pi} = F_{st} \left( 1 + \frac{V_c}{V_{st}} \eta^2 \right) \quad (54)$$

$\eta$  lúc này được cho bởi một trong các biểu đồ trong hình 11, phụ thuộc vào thông số  $a_s/d_s$ .

$V_c$  được cho bởi:

$$V_c = \frac{1}{2} \left[ \frac{9}{8} n(n-1) \frac{\tilde{\omega}}{2f} \left( \frac{I''}{n} \right)^2 N \cdot V_2 \left( \frac{l_s}{a_s - d_s} \right)^4 \cdot \frac{(\sin \frac{180^\circ}{n})^4}{y^4} \left\{ 1 - \frac{\arctan \sqrt{V_4}}{\sqrt{V_4}} \right\} - \frac{1}{4} \right]^{1/2} \quad (55)$$

$$\text{với } V_4 = y \frac{a_s - d_s}{a_s - y(a_s - d_s)} \quad (56)$$

**Ghi chú:** 1 -Hàm số ngược  $j(n)$  của hình 11 có thể được tính toán bằng giải tích với dãy các phương trình sau:

$$y_a = \frac{1}{2}[a_s - y(a_s - d_s)] \quad (57)$$

$$a_{sw} = a_s \frac{2y_a / a_s}{\sin \frac{180^\circ}{n}} \cdot \frac{\sqrt{1 - 2y_a / a_s}}{\arctan \sqrt{\frac{1 - 2y_a / a_s}{2y_a / a_s}}} \quad (58)$$

$$f_y = \frac{a_s v_3}{a_{sw}} \quad (59)$$

$$a_s v_3 = \frac{d_s}{\sin \frac{180^\circ}{2}} \cdot \frac{\sqrt{a_s / d_s - 1}}{\arctan \sqrt{a_s / d_s - 1}} \quad (60)$$

$$j = \sqrt{\frac{y^3 + v_o + y}{(1 + v_{st})fn}} \quad (61)$$

2. Hàm số  $y(j)$  của hình 11 có thể đạt được bằng cách giải bằng số phương trình bậc 3 sau đây với các hệ số không đương thẳng, với  $0 < y < 1$ .

$$\eta^3 + \varepsilon_{st}\eta - \varepsilon_{pi}f_\eta = 0 \quad (62)$$

## 2.4. Các tải cấu trúc do các hiệu ứng điện từ.

2.4.1 Tải thiết kế đối với các sứ trụ trong trạm, các giá đỡ và các mối nối của chúng (sứ trụ).

Lực  $F_d$  đối với các bố trí dây dẫn cứng và giá trị cực đại của  $F_t$ ,  $F_f$  hoặc  $F_{pi}$  đối với các bố trí dây dẫn mềm phải không được lớn hơn giá trị chịu đựng đã cho bởi nhà chế tạo các giá đỡ và các sứ đỡ. Đối với một sứ chịu ứng suất bởi một lực uốn thì giá trị chịu đựng định mức được cho như một lực tác động ở đầu sứ. Đối với một lực tác động ở một điểm cao hơn đầu sứ thì một giá trị chịu đựng thấp hơn giá trị chịu đựng định mức sẽ được sử dụng, dựa vào momen uốn chịu đựng ở tiết diện ngang tới hạn của sứ.

Các mối nối đối với các dây dẫn sẽ được định mức dựa trên cơ sở của  $F_d$ . Các mối nối đối với các dây dẫn mềm sẽ được định mức dựa vào cơ sở của giá trị cực đại của  $1,5 F_t$ ,  $1,0 F_f$  hoặc  $1,0 F_{pi}$ .

**Ghi chú:** - Hệ số 1,5 được tính cả đến năng lượng của các giao động được hấp thụ bởi khối lượng các sứ.

2.4.2 Tải thiết kế đối với các cấu trúc, các sứ và các mối nối, với các lực căng (kéo) được truyền bởi các chuỗi sứ.

Giá trị cực đại của  $F_t$ ,  $F_f$  hoặc  $F_{pi}$  của các khoảng cột dây dẫn mềm cần được áp dụng cho cấu trúc, các sứ và các mối nối như là một tải tĩnh.

**Ghi chú:**

1. Tải cơ thiết kế này có thể được xử lý như một trường hợp tải ngoại lệ (ví dụ như các động đất) theo các tiêu chuẩn thiết kế.
2. Trong thiết kế các cấu trúc 3 pha, đối với các ngăn mạch 3 pha thì cần phải nhớ rằng giá trị cực đại của  $F_t$  hoặc  $F_f$  sẽ xuất hiện trong 2 pha và pha thứ 3 sẽ chỉ tùy thuộc vào sức căng (kéo) tĩnh.
3. Trong thiết kế các cấu trúc 3 pha đối với ngăn mạch 3 pha, các giá trị cực đại của  $F_{pi}$  có thể xảy ra ở các lúc khác nhau trong 3 pha đó. Hiệu ứng này sẽ được gần đúng bằng cách áp dụng  $F_{pi}$  được tính toán cho 2 pha của cấu trúc.

2.4.3. Tải cơ thiết kế đối với các móng

Đang nghiên cứu

### Phần 3: Hiệu ứng nhiệt tác dụng lên các dây dẫn trần và thiết bị điện

#### 3.1 Tổng quát

Chương này đưa ra các phương pháp tính toán về hiệu ứng nhiệt tác dụng lên các dây dẫn trần và thiết bị điện.

Sự phát nóng của các dây dẫn do các dòng ngắn mạch bao gồm một số hiện tượng có đặc tính không đường thẳng phi tuyến tính) và các hệ số khác đã được hoặc bỏ qua hoặc lấy gần đúng để xây dựng một phép xấp xỉ toán học có thể.

Đối với mục đích của chương này thì các giả thiết sau đây đã được xây dựng:

- Hiệu ứng mặt ngoài (hiệu ứng ngoài da) (ảnh hưởng từ của bản thân dây dẫn) và hiệu ứng lân cận (ảnh hưởng từ của các dây dẫn song song gần bên cạnh) đều được bỏ qua.
- Đường đặc tính nhiệt độ - điện trở được giả thiết là đường thẳng.
- Nhiệt dung riêng của dây dẫn được coi không đổi.
- Sự nung nóng được coi là đoạn nhiệt.

#### 3.2 Tính toán độ tăng nhiệt độ

##### 3.2.1 Tổng quát.

Tổn thất nhiệt của một dây dẫn trong khi ngắn mạch là rất nhỏ, và sự nung nóng được coi là đoạn nhiệt.

Khi các ngắn mạch được tái lập xảy ra với các khoảng cách thời gian ngắn giữa chúng (ví dụ đóng lại tự động nhanh) thì sự làm mát trong thời gian chết ngắn này là tương đối ít quan trọng và sự nung nóng có thể còn được coi là đoạn nhiệt. Trong các trường hợp ở đó khoảng thời gian chết là dài hơn (ví dụ đóng lại tự động chậm), thì tổn thất nhiệt có thể được tính đến.

Việc tính toán không tính đến hiệu ứng mặt ngoài hoặc hiệu ứng lân cận, tức là dòng được coi như phân phối đồng đều qua diện tích tiết diện ngang của dây dẫn. Đối với các tiết diện ngang lớn trên 600 mm<sup>2</sup> thì hiệu ứng mặt ngoài cần được tính đến. Đối với các tính toán như thế nên tham khảo tài liệu kỹ thuật.

*Ghi chú: Nếu dây dẫn chính bao gồm các dây dẫn phụ thì sự phân phối không đồng đều dòng giữa các dây dẫn phụ sẽ ảnh hưởng đến độ tăng nhiệt độ của các dây dẫn phụ.*

##### 3.2.2 Tính toán dòng ngắn hạn tương đương về nhiệt

Dòng ngắn hạn tương đương về nhiệt cần được tính bằng cách sử dụng giá trị hiệu dụng dòng ngắn mạch và các hệ số m và n đối với các hiệu ứng nhiệt phụ thuộc thời gian của các thành phần xoay chiều và một chiều của dòng ngắn mạch.

Dòng ngắn hạn tương đương về nhiệt có thể được biểu thị bởi

$$I_{th} = I'_k \sqrt{m+n} \quad (63)$$

ở đây: m và n được chỉ trong hình 12 như là các hàm số thời gian của dòng ngắn mạch. Đối với một lưới điện phân phối thường n = 1.

Khi có một số ngắn mạch xảy ra với một khoảng cách thời gian ngắn giữa chúng thì dòng ngắn hạn tương đương về nhiệt tổng hợp đạt được từ:

$$I_{th} = \sqrt{\frac{1}{T_k} \sum_{i=1}^n I_{thi}^2 T_{ki}} \quad (64)$$

ở đây

$$T_k = \sum_{i=1}^n T_{ki} \quad (65)$$

Đối với tính toán dòng ngắn hạn tương đương về nhiệt trong một hệ thống 3 pha thì ngắn mạch cân bằng 3 pha thường quyết định.

Đối với các trang bị giới hạn dòng thì dòng ngắn hạn tương đương về nhiệt  $I_{th}$  và thời gian được liên kết của dòng ngắn mạch  $T_k$  được cho bởi nhà chế tạo.

### 3.2.3 Tính toán độ tăng nhiệt độ và mật độ dòng chịu ngắn hạn định mức đối với các dây dẫn

Độ tăng nhiệt độ của một dây dẫn được gây ra bởi một ngắn mạch là một hàm số thời gian của dòng ngắn mạch, của dòng ngắn hạn tương đương về nhiệt và của vật liệu dây dẫn.

Bằng cách sử dụng các biểu đồ trong hình 13, có thể tính toán độ tăng nhiệt độ của một dây dẫn khi mật độ dòng chịu ngắn hạn định mức được biết hoặc ngược lại.

Các nhiệt độ ngắn hạn cao nhất được khuyến nghị đối với các dây dẫn khác nhau được cho trong bảng 6. Nếu chúng đạt được thì sự giảm không đáng kể trong độ bền cơ có thể xảy ra mà sự giảm này theo kinh nghiệm không gây nguy hại gì cho an toàn vận hành. Nhiệt độ cho phép tối đa của giá đỡ cần được tính đến.

3.2.4 *Tính toán độ bền nhiệt ngắn mạch đối với các khoảng thời gian khác nhau của dòng ngắn mạch.*

#### 3.2.4.1 *Thiết bị điện*

Thiết bị điện có độ bền ngắn mạch nhiệt đầy đủ chừng nào các đẳng thức sau đây giữ được đối với dòng ngắn hạn tương đương nhiệt  $I_{th}$ :

$$I_{th} \leq I_{thr} \text{ đối với } T_k \leq T_{kr} \quad (66a)$$

hoặc

$$I_{th} \leq I_{thr} \sqrt{\frac{T_{kr}}{T_k}} \text{ đối với } T_k \geq T_{kr} \quad (66b)$$

ở đây,  $I_{thr}$  là dòng chịu ngắn hạn định mức;

$T_{kr}$  là ngắn hạn định mức.

#### 3.2.4.2 *Các dây dẫn*

Các thanh dẫn có đủ độ bền ngắn hạn nhiệt chừng nào đẳng thức sau đây giữ được đối với mật độ dòng ngắn hạn tương đương nhiệt  $S_{th}$  đối với tất cả các giá trị  $T_k$

$$S_{th} \leq S_{thr} \sqrt{\frac{T_{kr}}{T_k}} \quad (67)$$

Mật độ dòng chịu ngắn hạn định mức  $S_{thr}$  được chỉ trong hình 13, đối với  $T_k = 1s$ .

Lõi thép của dây dẫn nhôm có lõi thép tăng cường (ACSR) sẽ không tính đến khi tính toán diện tích tiết diện ngang đối với dự đoán mật độ dòng

Trong một số mức, thay phương trình (67) bằng phương trình sau (tích phân fonle):

$$\int i^2 dt = I_{th}^2 \cdot T_k \leq K^2 A^2 \quad (68)$$

ở đây:

$I_{th}$  được lấy từ phương trình (63) hoặc (64)

$T_k$  được lấy từ phương trình (65)

$$K = S_{thr} \sqrt{T_{kr}} \quad (69)$$



**Bảng 1 - Khoảng cách hiệu dụng giữa  $a_3$  giữa các dây dẫn phụ tính bằng mét đối với các kích thước tiết diện ngang hình chữ nhật.**

Các tiết diện ngang hình chữ nhật
--------------------------------------

QUANPHAM.VN

**Bảng 2 - Các giá trị cực đại có thể của**

Loại ngắn mạch	Hệ thống		
	Không có tự động đóng lại 3 pha	Có tự động đóng lại 3 pha	Có và không có tự động đóng lại 3 pha
			đối với
pha - pha			đ/v
3 pha			đ/v
			đối với đ/v

QUANPHAM.VN

**Bảng 3 - Các hệ số  $r, s$  và  $x$  đối với các bố trí giá đỡ thanh cái khác nhau**

Loại xà và giá đỡ		Hệ số $r$	Hệ số $s$	Hệ số $x$
Xà khoảng cột đơn	A và B Các giá đỡ đơn	A: 0,5 B: 0,5	1,0	1,57
	A: giá đỡ cố định B: giá đỡ đơn	A: 0,625 B: 0,375	0,73	2,45
	A và B: Các giá đỡ cố định	A: 0,5 B: 0,5	0,5	3,56
Xà liên tục với các giá đỡ đơn cách đều	2 khoảng cột	A: 0,375 B: 1,25	0,73	2,45
	3 hoặc nhiều khoảng cột	A: 0,4 B: 1,1	0,73	3,56
• Các hiệu ứng đàn hồi được bao gồm				

**Bảng 4 - Hệ số  $q$** 

Tiết diện ngang	Tiết diện ngang
q - tương ứng với trục uốn chấm chấm. Các lực đều thẳng góc trục này	

QUANPHAM.VN

**Bảng 5 - Các môđun tiết diện của các dây dẫn chính với hai hay nhiều phần tử tăng cứng (thanh ốp) giữa hai giá đỡ liền kề.**

Các phần tử tăng cứng (thanh ốp) là màu đen

Các tiết diện chữ nhật	Z	Các tiết diện chữ nhật	Z
	0,867 d <sup>2</sup> b		3,48 d <sup>2</sup> b
	1,98 d <sup>2</sup> b		1,73 d <sup>2</sup> b

**Bảng 6 - Các nhiệt độ cao nhất được khuyến nghị đối với các dây dẫn chịu ứng suất cơ trong khi có một ngắn mạch**

Loại dây dẫn	Nhiệt độ dây dẫn được khuyến nghị cực đại trong khi có một ngắn mạch
Các dây dẫn trần, đặc hoặc được bọc bên đồng, nhôm hoặc hợp kim nhôm	200°C
Các dây dẫn trần, đặc hoặc được bọc bên thép	300°C

**Hình 1** - Hệ số  $k_1$  để tính toán các khoảng cách dây dẫn hiệu dụng.  
Để lập trình, phương trình được cho trong phụ lục A

QUANPHAM.VN

Hướng tải

Hướng tải

**Hình 2** - Hướng tải và trực uồn đối với các bố trí dây dẫn nhiều sợi

QUANPHAM.VN

- a) Bố trí các chi tiết nối trong khoảng cột.
- b) Các chi tiết nối là các phần tử thanh ốp (tăng cứng)
- c) Các chi tiết nối là các tấm ngăn cách hoặc hoạt động như các tấm ngăn cách

**Hình 3** - Hệ số C đối với ảnh hưởng của các chi tiết nối trong phương trình (17)

	Trong một khoảng cột có	
	Các phần tử thanh ốp K	Các tấm ngăn cách K
Hướng giao động thẳng góc với bề mặt	Hệ số C từ hình 3 b)	Hệ số C từ hình 3 c)
Hướng giao động đọc theo bề mặt	Hệ số C từ hình 3 c)	Hệ số C từ hình 3 c)

Để lập trình, phương trình được cho trong phụ lục A



**Hình 4** - Các hệ số  $V_F$ ,  $V_T$ ,  $V_{T_s}$  được sử dụng với các ngắn mạch pha pha - hoặc 3 pha  
Để lập trình, các phương trình được cho trong phụ lục A

QUANPHAM.VN

**Hình 5** - Các hệ số  $V_r$  và  $V_{r_s}$  được sử dụng với đóng lại tự động 3 pha.  
Để lập trình, phương trình cho trong phụ lục A

QUANPHAM.VN

**Hình 6** - Góc đu đưa ra ngoài cực đại  $\alpha_m$  đối với một khoảng thời gian ngắn mạch cực đại đã cho  $T_{kl}$

Để lập trình, tham khảo các phương trình (31) và (19) tới (30)

**Hình 7** - Hệ số  $j$  cho lực căng (kéo) trong các dây dẫn mềm.  
Quan hệ giữa các hệ số  $\Psi, \zeta$  và  $\varphi$  được cho bởi phương trình (33)

**Hình 8** -  $V_2$  như 1 hàm số của  $V_1$   
Để lập trình, các phương trình được cho trong phụ lục A

**Hình 9** -  $V_3 \sin 180^\circ/n$  như 1 hàm số của  $a_s/d_s$   
Để lập trình, các phương trình được cho trong phụ lục A

**Hình 10** - *< như I hàm số của j và  $v_{st}$*   
Đề lập trình, tham khảo phương trình (51)

QUANPHAM.VN

Đối với  $2,5 < a_s d_s < 5,0$

Hình 11 a) -  $\eta$  như 1 hàm số của  $j$  và  $\varepsilon_{st}$   
Để lập trình, tham khảo các ghi chú 1 hoặc 2 của 2.3.3.3

QUANPHAM.VN

Đối với  $5,0 < a_s/d_s < 10,0$

**Hình 11 b)** - y như 1 hàm của  $j$  và  $v_{st}$

Để lập trình, tham khảo các ghi chú 1 hoặc 2 của 2.3.3.3



QUANPHAM.VN

Đối với  $10,0 < a_s/d_s < 15,0$

**Hình 11 c)** - *y* như 1 hàm của *j* và  $v_{st}$

Để lập trình, tham khảo các ghi chú 1 hoặc 2 của 2.3.3.3

**Hình 12 a)** - Hệ số  $m$ , sự tỏa nhiệt (tiêu tan) do thành phần d.c (một chiều) trong các hệ thống 3 pha và trong các hệ thống 1 pha  
Để lập trình phương trình được cho trong phụ lục A

QUANPHAM.VN

**Hình 12 b)** - Hệ số  $m$ , sự tỏa nhiệt (tiêu tan) do thành phần  $a.c$  (xoay chiều) trong các hệ thống 3 pha và gần đúng đối với các hệ thống một pha  
Để lập trình, phương trình được cho trong phụ lục A

QUANPHAM.VN

- a) Các đường liên đồng  
Các đường chấm chấm: thép hợp kim thấp (thép ít hợp kim)
- b) Nhôm, hợp kim nhôm, dây dẫn nhôm, thép tăng cường (ACSR)

**Hình 13** - Quan hệ giữa mật độ dòng chịu thời hạn ngắn định mức ( $T_{kr} = 1 s$ )  
với nhiệt độ dây dẫn

Để lập trình, các phương trình được cho trong phụ lục A

**Hình 1** - Hệ số  $k_1$  để tính toán các khoảng cách dây dẫn hiệu dụng.  
Để lập trình, phương trình được cho trong phụ lục A

QUANPHAM.VN

Hướng tải

Hướng tải

**Hình 2** - Hướng tải và trục uốn đối với các bố trí dây dẫn nhiều sợi

QUANPHAM.VN

- a) Bố trí các chi tiết nối trong khoảng cột.  
 b) Các chi tiết nối là các phần tử thanh ốp (tăng cứng)  
 c) Các chi tiết nối là các tấm ngăn cách hoặc hoạt động như các tấm ngăn cách

**Hình 3** - Hệ số C đối với ảnh hưởng của các chi tiết nối trong phương trình (17)

	Trong một khoảng cột có	
	Các phân tử thanh ốp K	Các tấm ngăn cách K
Hướng giao động thẳng góc với bề mặt	Hệ số C từ hình 3 b)	Hệ số C từ hình c) 3
Hướng giao động dọc theo bề mặt	Hệ số C từ hình 3 c)	Hệ số C từ hình c) 3

Để lập trình, phương trình được cho trong phụ lục A

**Hình 4** - Các hệ số  $V_F$ ,  $V_T$ ,  $V_{T_s}$  được sử dụng với các ngắn mạch pha pha - hoặc 3 pha  
Để lập trình, các phương trình được cho trong phụ lục A



**Hình 5** - Các hệ số  $V_r$  và  $V_{rs}$  được sử dụng với đóng lại tự động 3 pha.  
Để lập trình, phương trình cho trong phụ lục A

QUANPHAM.VN

**Hình 6** - Góc đu đưa ra ngoài cực đại  $\alpha_m$  đối với một khoảng thời gian ngắn mạch cực đại đã cho  $T_{kl}$

C:\Users\Administrator\AppData\Local\Temp\Iec8651\_83FCB8.Doc

Để lập trình, tham khảo các phương trình (31) và (19) tới (30)

QUANPHAM.VN

**Hình 7** - Hệ số  $j$  cho lực căng (kéo) trong các dây dẫn mềm.  
Quan hệ giữa các hệ số  $\Psi, \zeta$  và  $\varphi$  được cho bởi phương trình (33)

QUANPHAM.VN

**Hình 8** -  $V_2$  như 1 hàm số của  $V_1$

Để lập trình, các phương trình được cho trong phụ lục A

**Hình 9** -  $V_3 \sin 180^\circ/n$  như 1 hàm số của  $a_s/d_s$   
Để lập trình, các phương trình được cho trong phụ lục A

**Hình 10** - *< như I hàm số của j và  $v_{st}$*   
Đề lập trình, tham khảo phương trình (51)

QUANPHAM.VN

Đối với  $2,5 < a_s d_s < 5,0$

Hình 11 a) -  $\eta$  như 1 hàm số của  $j$  và  $\varepsilon_{st}$   
Để lập trình, tham khảo các ghi chú 1 hoặc 2 của 2.3.3.3

QUANPHAM.VN

Đối với  $5,0 < a_s/d_s < 10,0$

**Hình 11 b)** - y như 1 hàm của  $j$  và  $v_{st}$

Để lập trình, tham khảo các ghi chú 1 hoặc 2 của 2.3.3.3



QUANPHAM.VN

Đối với  $10,0 < a_s/d_s < 15,0$

**Hình 11 c)** - *y* như 1 hàm của *j* và  $v_{st}$

Để lập trình, tham khảo các ghi chú 1 hoặc 2 của 2.3.3.3

**Hình 12 a)** - Hệ số  $m$ , sự tỏa nhiệt (tiêu tan) do thành phần d.c (một chiều) trong các hệ thống 3 pha và trong các hệ thống 1 pha  
Để lập trình phương trình được cho trong phụ lục A

QUANPHAM.VN

**Hình 12 b)** - Hệ số  $m$ , sự tỏa nhiệt (tiêu tan) do thành phần  $a.c$  (xoay chiều) trong các hệ thống 3 pha và gần đúng đối với các hệ thống một pha  
Để lập trình, phương trình được cho trong phụ lục A

QUANPHAM.VN

- a) Các đường liên đồng  
Các đường chấm chấm: thép hợp kim thấp (thép ít hợp kim)
- b) Nhôm, hợp kim nhôm, dây dẫn nhôm, thép tăng cường (ACSR)

**Hình 13** - Quan hệ giữa mật độ dòng chịu thời hạn ngắn định mức ( $T_{kr} = 1 s$ )  
với nhiệt độ dây dẫn

Để lập trình, các phương trình được cho trong phụ lục A

## Phụ lục A (chuẩn tắc)

C:\Users\Administrator\AppData\Local\Temp\Iec8651\_83FCB8.Doc

## Các phương trình để tính toán các biểu đồ

### A.1 Các ký hiệu

Ngoài 1.3.1, các ký hiệu sau đây được sử dụng:

$\xi_m$  Hệ số về ảnh hưởng khối lượng của các chi tiết nối trên tần số tự nhiên thích ứng  
..... 1

$C_c$  Hệ số đối với sự tăng cứng của các chi tiết nối  
..... 1

Ngoài 1.3.2, các ký hiệu sau đây được dùng:

$c$  Nhiệt dung riêng

..... J (kg °C)

$f$  Tần số hệ thống

..... Hz

$I''_k$  Dòng ngắn mạch quá độ (hiệu dụng)

..... A

$T_d$  Hằng số thời gian quá độ của trục d

..... s

$\alpha_{20}$  Hệ số nhiệt độ

..... 1/°C

$k_{20}$  Độ dẫn riêng ở 20°C

..... 1 (Ω/m)

$\rho$  Khối lượng riêng

..... kg/m<sup>3</sup>

$I_k$  Dòng ngắn mạch đối xứng 3 pha

..... A

### A.2 Hình 1

Hệ số  $k_{1s}$  được cho bởi phương trình sau đây, ở đó  $a$  thay thế  $a_{1s}$

**A.3 Hình 3**

Hệ số  $c$  được cho bởi phương trình:

**A.4 Hình 4**

Hệ số  $V_F$  được cho bởi:

QUANPHAM.VN

Hệ số  $V_{\sigma}$  được cho bởi:

Trong trường hợp của  $V_{\sigma_s}$ , thì cùng các phương trình cần được dùng như đối với  $V_{\sigma}$  nhưng  $f/f$  cần được thay thế bởi  $f_{cs}/f$ .

#### A.5 Hình 5

Hệ số  $V_r$  được cho bởi:

$$V_r = \begin{cases} 1,8 & \text{đối với } f/f \leq 0,05 \\ 1,0 - 0,615 \lg(f/f) & \text{đ/v } 0,05 < f/f < 1,0 \\ 1,0 & \text{đ/v } f/f \geq 1,0 \end{cases}$$

$$V_{rs} = \begin{cases} 1,8 & \text{đối với } f_{cs}/f \leq 0,05 \\ 1,0 - 0,615 \lg(f/f) & \text{đ/v } 0,05 < f_{cs}/f < 1,0 \\ 1,0 & \text{đ/v } f_{cs}/f \geq 1,0 \end{cases}$$

#### A6. Hình 8

Hệ số  $V_2$  được cho bởi

ở đây  $\tau$  là hằng số thời gian của lưới điện đó và có thể được tính toán theo IEC 909

If  $\alpha < 1,1$ , thì cần sử dụng  $k = 1,1$   
 $f T_{pi}$  là nghiệm của phương trình

#### A7. Hình 9

Hệ số  $V_3$  được cho bởi

C:\Users\Administrator\AppData\Local\Temp\Iec8651\_83FCB8.Doc

**A8. Hình 12 a) và 12 b)**

Hệ số m được cho bởi

Hệ số n được cho bởi

với

QUANPHAM.VN



## A9. Hình 13

Mật độ dòng chịu ngắn hạn định mức  $S_{thr}$  được cho bởi:

ở đây

Với số hiệu sau đây của vật liệu

Nếu các nhiệt độ gốc được sử dụng khác 20°C thì phương trình đối với k phải được thay đổi

QUANPHAM.VN

## Phụ lục B (Thông tin)

**Phương pháp lặp lại để tính toán hệ số y đối với lực căng  $F_{pi}$  trong trường hợp các dây dẫn được phân pha không va đập**

