

# 中华人民共和国国家标准

GB/T 13539.5—2013/IEC/TR 60269-5:2010

---

## 低压熔断器 第5部分：低压熔断器应用指南

Low-voltage fuses—Part 5: Guidance for the application of low-voltage fuses

(IEC/TR 60269-5:2010, IDT)

2013-02-07 发布

2013-07-01 实施

中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局  
中国国家标准化管理委员会 发布





## 目 次

前言 .....	Ⅲ
引言 .....	V
1 范围 .....	1
2 规范性引用文件 .....	1
3 术语和定义 .....	2
4 熔断器优点 .....	4
5 熔断器结构和动作 .....	4
6 熔断器组合电器 .....	8
7 熔断器选择和标志 .....	9
8 导线保护 .....	11
9 保护电器的选择性 .....	12
10 短路损害保护 .....	17
11 功率因数补偿电容器的保护 .....	18
12 变压器保护 .....	19
13 电动机电路保护 .....	20
14 断路器保护 .....	22
15 半导体设备保护 .....	23
16 外壳内的熔断器 .....	23
17 直流应用 .....	24
18 建筑物装置电击保护的自动切断 .....	26
附录 A (资料性附录) 熔断器和接触器/电动机起动器之间的配合 .....	29
参考文献 .....	38



## 前 言

GB 13539《低压熔断器》预计分为 6 个部分：

- 第 1 部分：基本要求；
- 第 2 部分：专职人员使用的熔断器的补充要求（主要用于工业的熔断器）标准化熔断器系统示例 A 至 I；
- 第 3 部分：非熟练人员使用的熔断器的补充要求（主要用于家用和类似用途的熔断器）标准化熔断器系统示例 A 至 F；
- 第 4 部分：半导体设备保护用熔断体的补充要求；
- 第 5 部分：低压熔断器应用指南；
- 第 6 部分：太阳能光伏系统保护用熔断体的补充要求。

本部分为 GB 13539 的第 5 部分。

本部分按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本部分使用翻译法等同采用 IEC/TR 60269-5:2010《低压熔断器 第 5 部分：低压熔断器应用指南》。

与本部分中规范性引用的国际文件有一致性对应关系的我国文件如下：

- GB 13539.1—2008 低压熔断器 第 1 部分：基本要求(IEC 60269-1:2006, IDT)；
- GB/T 13539.2—2008 低压熔断器 第 2 部分：专职人员使用的熔断器的补充要求（主要用于工业的熔断器）标准化熔断器系统示例 A 至 I(IEC 60269-2:2006, IDT)；
- GB 13539.3—2008 低压熔断器 第 3 部分：非熟练人员使用的熔断器的补充要求（主要用于家用和类似用途的熔断器）标准化熔断器系统示例 A 至 F(IEC 60269-3:2006, IDT)；
- GB/T 13539.4—2009 低压熔断器 第 4 部分：半导体设备保护用熔断体的补充要求(IEC 60269-4:2006, IDT)；
- GB 14048.3—2008 低压开关设备和控制设备 第 3 部分：开关、隔离器、隔离开关以及熔断器组合电器(IEC 60947-3:2005, IDT)；
- GB 14048.4—2010 低压开关设备和控制设备 第 4-1 部分：接触器和电动机起动器 机电式接触器和电动机起动器(含电动机保护器)(IEC 60947-4-1:2009 Ed. 3.0, MOD)；
- GB/T 15166.6—2008 高压交流熔断器 第 6 部分：用于变压器回路的高压熔断器的熔断体选用导则(IEC 60787:1983, MOD)；
- GB 16895.5—2000 建筑物电气装置 第 4 部分：安全防护 第 43 章：过电流保护(IEC 60364-4-43:1997, IDT)；
- GB 16895.6—2000 建筑物电气装置 第 5 部分：电气设备的选择和安装 第 52 章：布线系统(IEC 60364-5-52:1993, IDT)；
- GB 16895.21—2004 建筑物电气装置 第 4-41 部分：安全防护 电击保护(IEC 60364-4-41:2001, IDT)；
- GB/T 17950—2000 半导体变流器 第 6 部分：使用熔断器保护半导体变流器防止过电流的应用导则(IEC/TR 60146-6:1992, IDT)；
- GB/Z 25842.1—2010 低压开关设备和控制设备 过电流保护电器 第 1 部分：短路定额的应用(IEC/TR 61912-1:2007, IDT)。

本部分做了下列编辑性修改：

- 删除国际标准的前言；
- 将“本报告”改为“本部分”；
- 第2章中“CEI 61912-1”疑有误，改为“IEC 61912-1”；
- 9.4.4中“对高于 $I_D$ 的预期电流”疑有误，改为“对高于 $I_C$ 的预期电流”；
- 10.3中“(见5.2.2)”疑有误，改为“(见5.3.2)”；
- 13.2 b)中“表A.1”疑有误，改为“表A.2”；
- 13.2倒数第2段中“表A.3”疑有误，改为“表A.1”；
- A.4.4注2中“ $I_c$ ”疑有误，改为“ $I_{c0}$ ”；
- A.5最后一段中“A.4.3给出的补充指南适用于 $I_r$ 试验”疑有误，改为“A.4.4给出的补充指南适用于 $I_r$ 试验”；
- A.6注中“ $I_c$ ”疑有误，改为“ $I_{c0}$ ”；
- 图A.5纵坐标中“ $I_2 t(A_2 s)$ ”疑有误，改为“ $I^2 t(A^2 s)$ ”。

本部分由中国电器工业协会提出。

本部分由全国熔断器标准化技术委员会(SAC/TC 340)归口。

本部分负责起草单位：上海电器科学研究所、上海电科电器科技有限公司。

本部分参加起草单位：宁波开关电器制造有限公司、浙江正泰电器股份有限公司、人民电器集团有限公司、好利来(中国)电子科技股份有限公司、西安中熔电气有限公司、苏州电器科学研究所股份有限公司、库柏西安熔断器有限公司、上海西门子线路保护系统有限公司、上海电器设备检测所、乐清市沪熔特种熔断器有限公司、浙江新力熔断器有限公司、温州三实电器有限公司。

本部分主要起草人：吴庆云、季慧玉、梁利娟。

本部分参加起草人：张寅、申奇、李全安、赖文辉、石晓光、胡德霖、张懿、沈花、邢琳、郑爱国、郑献昆、黄旭雄。

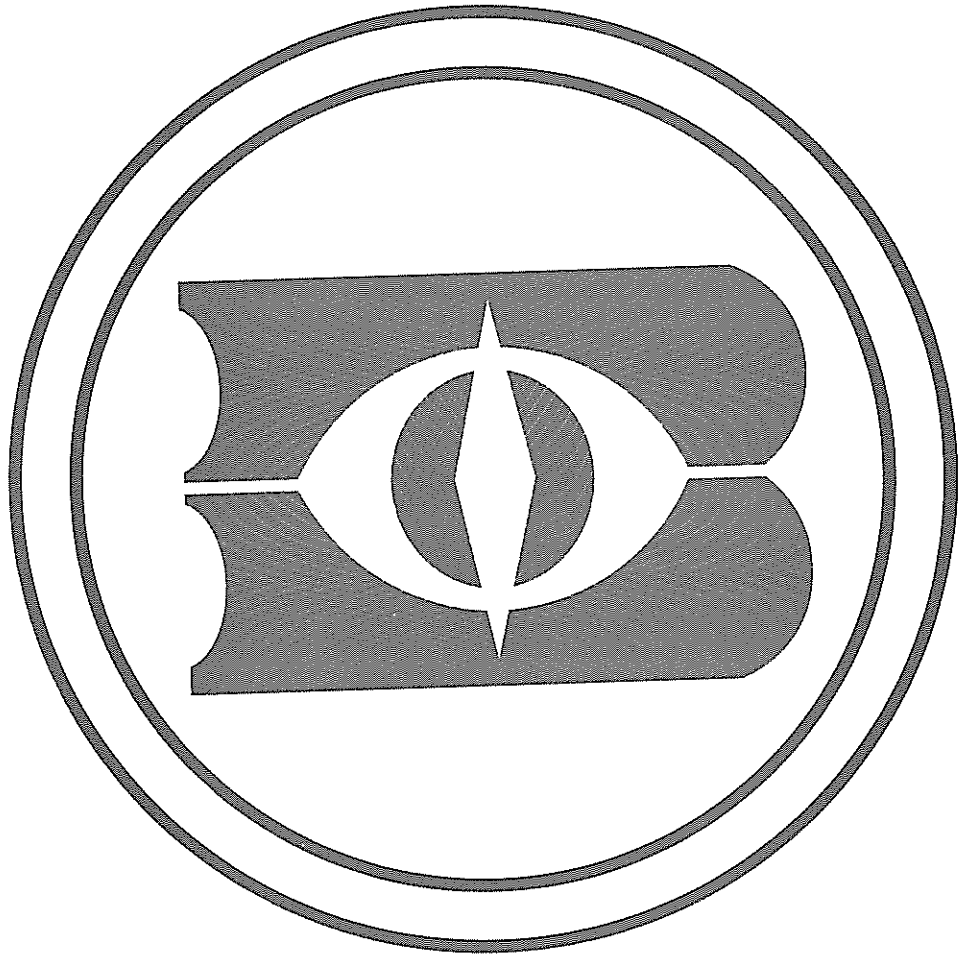
## 引 言

熔断器保护各类设备和开关设备免受过电流的影响。过电流可能引起下述危害：

- 导线或母线的热损害；
- 金属汽化；
- 气体离子化；
- 燃弧,起火,爆炸；
- 绝缘损害。

除了人身伤害外,由于停机时间和对受损设备进行修理,过电流可能造成巨大的经济损失。

现在,熔断器是通用的过电流保护电器。在消除或抑制过电流影响方面,熔断器提供了非常经济有效的解决方案。





# 低压熔断器

## 第 5 部分: 低压熔断器应用指南

### 1 范围

GB 13539 的本部分用于指导低压熔断器的应用,标准中表述了限流熔断器现在是如何容易地保护复杂敏感的电气和电子设备。本部分特别适合于按照 IEC 60269 系列设计和制造的交流至 1 000 V、直流至 1 500 V 的低压熔断器。本部分在熔断器应用方面提供了重要的技术论据和资料。

### 2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件,仅注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件,其最新版本(包括所有的修改单)适用于本文件。

IEC 60050-441 国际电工词汇(IEV)第 441 章 开关设备,控制设备和熔断器(International Electrotechnical Vocabulary(IEV)—Chapter 441: Switchgear, controlgear and fuses)

IEC/TR 60146-6 半导体变流器 第 6 部分:使用熔断器保护半导体变流器防止过电流的应用导则(Semiconductor convertors—Part 6: Application guide for the protection of semiconductor convertors against overcurrent by fuses)

IEC 60269(所有部分) 低压熔断器(Low-voltage fuses)

IEC 60269-1 低压熔断器 第 1 部分:基本要求(Low-voltage fuses—Part 1: General requirements)

IEC 60269-2 低压熔断器 第 2 部分:专业人员使用的熔断器的补充要求(主要用于工业的熔断器)标准化熔断器系统示例 A 至 J(Low-voltage fuses—Part 2: Supplementary requirements for fuses for use by authorized persons(fuses mainly for industrial application)—Examples of standardized fuses system A to J)

IEC 60269-3 低压熔断器 第 3 部分:非熟练人员使用的熔断器的补充要求(主要用于家用和类似用途的熔断器)标准化熔断器系统示例 A 至 F(Low-voltage fuses—Part 3: Supplementary requirements for fuses for use by unskilled persons (fuses mainly for household and similar applications)—Examples of standardized fuses system A to F)

IEC 60269-4 低压熔断器 第 4 部分:半导体设备保护用熔断体的补充要求(Low-voltage fuses—Part 4: Supplementary requirements for fuse-links for the protection of semiconductor devices)

IEC 60364-4-41 低压电器装置 第 4-41 部分:安全防护 电击保护(Low-voltage electrical installations—Part 4-41: Protection for safety—Protection against electric shock)

IEC 60364-4-43 低压电器装置 第 4-43 部分:安全防护 过电流保护(Low-voltage electrical installations—Part 4-43: Protection for safety—Protection against overcurrent)

IEC 60364-5-52 低压电器装置 第 5-52 部分:电气设备的选择和安装 布线系统(Low-voltage electrical installations—Part 5-52: Selection and erection of electrical equipment —Wiring systems)

IEC/TR 60787 变压器电路用高压限流熔断体选择的应用指南(Application guide for the selection of high-voltage current-limiting fuse-links for transformer circuits)

IEC 60947(所有部分) 低压开关设备和控制设备(Low-voltage switchgear and controlgear)

IEC 60947-3 低压开关设备和控制设备 第3部分:开关、隔离器、隔离开关以及熔断器组合电器 (Low-voltage switchgear and controlgear—Part 3: Switches, disconnectors, switch-disconnectors and fuse-combination units)

IEC 60947-4-1 低压开关设备和控制设备 第4-1部分:接触器和电动机起动器 机电式接触器和电动机起动器 (Low-voltage switchgear and controlgear—Part 4-1: Contactors and motor-starters—Electromechanical contactors and motor-starters)

IEC 61912-1 低压开关设备和控制设备 过电流保护电器 第1部分:短路定额的应用 (Low-voltage switchgear and controlgear—Overcurrent protective devices—Part 1: Application of short-circuit ratings)

### 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

#### 3.1

**(机械式)开关 switch(mechanical)**

在正常的电路条件下(包括规定的过载工作条件)能接通、承载和分断电流,也能在规定的非正常条件下(例如短路条件下)承载电流一定时间的一种机械开关电器。

注:开关可以接通短路电流,但不能分断短路电流。

[IEC 60050-441:1984,441-14-10]

#### 3.2

**隔离器 disconnector**

在断开位置上能符合规定隔离功能要求的一种机械开关电器。

注:一些隔离器不能开关负载。

[IEC 60050-441:1984,441-14-05,经修改]

#### 3.3

**熔断器组合电器 fuse-combination unit**

由制造厂或根据其说明书将一个机械开关电器与一个或多个熔断器组装在同一单元内的一种电器组合。

[IEC 60050-441:1984,441-14-04,经修改]

#### 3.4

**开关熔断器组 switch-fuse**

开关的一极或多极与熔断器串联构成的组合电器。

[IEC 60050-441:1984,441-14-14]

#### 3.5

**熔断器式开关 fuse-switch**

用熔断体或带有熔断体的载熔件作为动触头的一种开关。

[IEC 60050-441:1984,441-14-17]

### 3.6

**开关电器** **switching device**

**SD**

用于接通或分断一个或几个电路中电流的电器。

注：一个开关电器可以完成一个或两个操作。

[IEC 60050-441:1984,441-14-01]

### 3.7

**短路保护电器** **short-circuit protective device**

**SCPD**

用分断短路电流来保护电路或电路部件免受短路电流损坏的电器。

### 3.8

**过载保护** **overload protection**

预定在被保护区域内出现过载情况时进行动作的保护。

[IEC 60050-448:1995,448-14-31]

### 3.9

**过载** **overload**

在正常电路中产生过电流的运行条件。

[IEC 60050-441:1984,441-11-08]

### 3.10

**过电流** **overcurrent**

超过额定电流的电流。

[IEC 60050-442:1998,442-01-20]

### 3.11

(开关电器的)额定限制短路电流 **rated conditional short-circuit current(of a switching device)**

**$I_q$**

在有关产品标准规定的试验条件下,被短路保护电器进行保护的开关电器在短路保护电器动作时间内能够良好地承受的预期电流值。

### 3.12

**保护选择性** **selectivity of protection**

能识别电力系统的故障区域和/或相的保护能力。

[IEC 60050-448:1995,448-11-06]

注：根据 IEC 定义,“选择性”(selectivity)和“识别性”(discrimination)有相似的含义,但本部分优先使用“选择性”,以表达在给定的过电流范围内,串联的一个过电流电器优先于另一个过电流电器动作的能力。此外还考虑到过载区域内稳态负载电流对选择性的影响。

#### 4 熔断器优点

通过保护电路及其元件,限流熔断器提供过电流效应的完整保护。熔断器具有下列各项综合优点:

- a) 高分断能力(高电流分断等级);
- b) 不需要复杂的短路计算;
- c) 容易和廉价的系统扩张(在故障电流增加的情况下);
- d) 高限流特性(低  $I^2t$  值);
- e) 在重新接通电路之前强制消除故障:  
熔断器不能复位,从而使用户在重新接通电路之前需识别和消除故障;
- f) 可靠性:  
无移动部件被磨损或由于尘埃、油或腐蚀气氛等被污染。更换熔断器时,新熔断器保证了其所提供的保护恢复到最初水平;
- g) 经济有效的保护:  
紧凑的结构提供了低成本的高短路水平时的过电流保护;
- h) 不损害起动器和接触器(根据 IEC 60947-4-1 为 2 型保护):  
通过限制短路能量和峰值电流至极低水平,熔断器实际上适用于 2 型保护,不损害电动机电路的元件;
- i) 安全无声动作:  
当分断最高短路电流时,不释放气体、火焰、电弧或其他材料。此外,分断高短路电流时的速度有效地限制了故障处的电弧闪烁的损害;
- j) 容易配合:  
标准的熔断器特性和高的限流等级保证了熔断器与其他电器之间的有效配合;
- k) 标准性能:  
根据 IEC 60269 系列设计和制造的熔断体保证了全球范围内具有标准特性的产品更换;
- l) 改进电网质量:  
限流熔断器在数毫秒内切断了高的故障电流,将系统供电电压的暂降或下跌降至最低值;
- m) 防止干预:  
一旦安装完毕,熔断器不能变动或调整,此确保了熔断器的性能保持不变,防止误操作;
- n) 不需维护:  
尺码合适的熔断器不需维护、调整或重新校核。在使用中它们能几十年维持最初设计的过电流保护水平。

#### 5 熔断器结构和动作

##### 5.1 元件

熔断器是一个包括下列部件的保护电器:

- 熔断体；
- 熔断器底座；
- 载熔件或更换手柄。

这些部件可组装在一个熔断器组合单元内。

## 5.2 熔断器结构

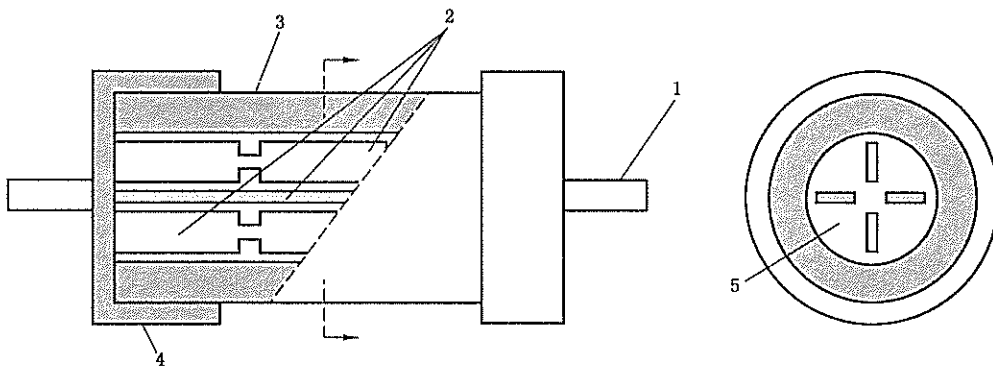
### 5.2.1 熔断体

图 1 和图 2 为工业用低压熔断体的典型设计。这类熔断体通常被称为限流型或高分断能力熔断体。根据 IEC 60269-2(工业用熔断器)设计的熔断体其额定电流至 6 000A。

根据 IEC 60269-3(家用熔断器)设计的熔断体其额定电流至 100A。

熔体一般由银片或铜片制成,其截面内具有多个狭颈或缺口。狭颈或缺口的形状是熔断器设计的重点。一般通过精密冲切得以制成。

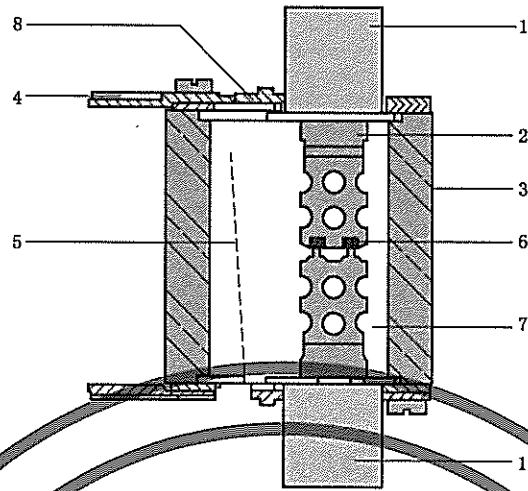
为了达到过载范围内熔断器受控的动作,在熔体上添加 M 效应(见 5.3.3)材料。熔体材料的纯度和尺寸精确度对熔断器可靠运行至关重要。



说明:

- 1——刀型触头；
- 2——熔体；
- 3——熔管；
- 4——端盖；
- 5——填料。

图 1 根据 IEC 60269-2 的典型熔断体



说明：

- 1——刀型触头；
- 2——熔体；
- 3——熔管；
- 4——端板(含搭扣)；
- 5——指示器线；
- 6——M 效应材料；
- 7——填料；
- 8——指示器。

图 2 根据 IEC 60269-2 的典型熔断体

### 5.2.2 熔断体触头

熔断体触头在熔断体和熔断器底座或载熔件之间提供电连接。触头由铜或铜合金制成。为了防止非导电层的形成，触头一般进行电镀。

### 5.2.3 指示装置和撞击器

为了快速识别熔断体是否动作，一些熔断器配有指示器或撞击器。配有撞击器的熔断器除可提供可视指示外，也可提供机械驱动装置(如用于远程信号开关)。

### 5.2.4 熔断器底座

熔断器底座配有接受熔断体的相应触头、适用于电缆或母线的连接装置以及底座绝缘件。

### 5.2.5 更换手柄和熔断器支持件

更换手柄或载熔件(如适用)在规定的的安全准则下能在带电时更换熔断体。它们由绝缘材料制成，并作为安全工具承受必须的试验。某些系统的载熔件是熔断器支持件的组成部件，不需外部的更换手柄。

## 5.3 熔断器动作

### 5.3.1 概述

熔断器设计成在短路和过载两个条件下动作。典型的短路电流水平为 10 倍或以上的熔断器额定

电流,过载电流水平为低于 10 倍的熔断器额定电流。

### 5.3.2 短路情况下熔断器动作

短路期间,狭颈(缺口)全部同时熔化,形成了与熔体狭颈数量相同的系列电弧。此电弧电压保证了电流快速减小,并强制电流降至为零。此现象称作“限流”。

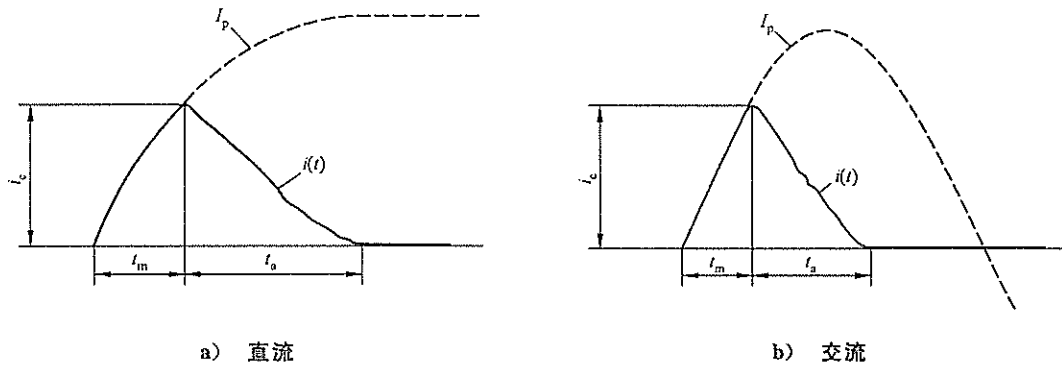
熔断器动作分为两个阶段[见图 3 a)和图 3 b)]:

- 弧前(熔化)阶段( $t_m$ ):狭颈(缺口)发热至熔点,且伴随材料汽化;
- 燃弧阶段( $t_a$ ):每个缺口开始起弧,然后电弧被填料熄灭。

熔断时间为弧前时间和燃弧时间之和。

弧前  $I^2t$  和熔断  $I^2t$  值分别表示在弧前时间和熔断时间内被保护电路中电流释放的能量。图 3 显示了在短路条件下熔断体的限流能力。

应注意熔断体的截断电流  $i_c$  大大低于预期电流峰值  $I_p$ 。



说明:

- $t_m$  —— 弧前时间;
- $t_a$  —— 燃弧时间;
- $I_p$  —— 预期电流;
- $i_c$  —— 被熔断器限制的电流。

图 3 限流熔断器动作

### 5.3.3 过载情况下熔断器动作

过载期间,“M 效应”的材料熔化,在熔体的缺口处形成电弧。围绕熔体的填料(典型的干净石英砂)快速熄灭电弧,并强制电流降至为零。冷却时,熔化的填料转变成如玻璃状的材料,将熔体的各断开部分进行互相隔离,防止电弧重燃和电流再流通。熔断器动作仍分为两个阶段[见图 4 a)和图 4 b)]:

- 弧前(熔化)阶段( $t_m$ ):熔体发热至含有 M 效应材料截面的熔点。典型的弧前时间大于数毫秒,并且与过载电流的大小成反比。低水平的过载形成长的弧前时间,从数秒至数小时;
- 燃弧阶段( $t_a$ ):在 M 效应截面处的电弧随后被填料熄灭。燃弧时间取决于外施电压;
- 两个阶段形成了熔断器熔断时间( $t_m + t_a$ )。即使弧前  $I^2t$  和熔断  $I^2t$  值分别表示在弧前(熔化)时间和熔断时间内被保护电路中过载电流释放的能量,然而在过载条件下,弧前  $I^2t$  值是如此之高,它几乎不提供有用数据。对于时间大于数周或数个时间常数,弧前时间是优先测量值。在这情况下,与弧前时间相比,燃弧时间可忽略。

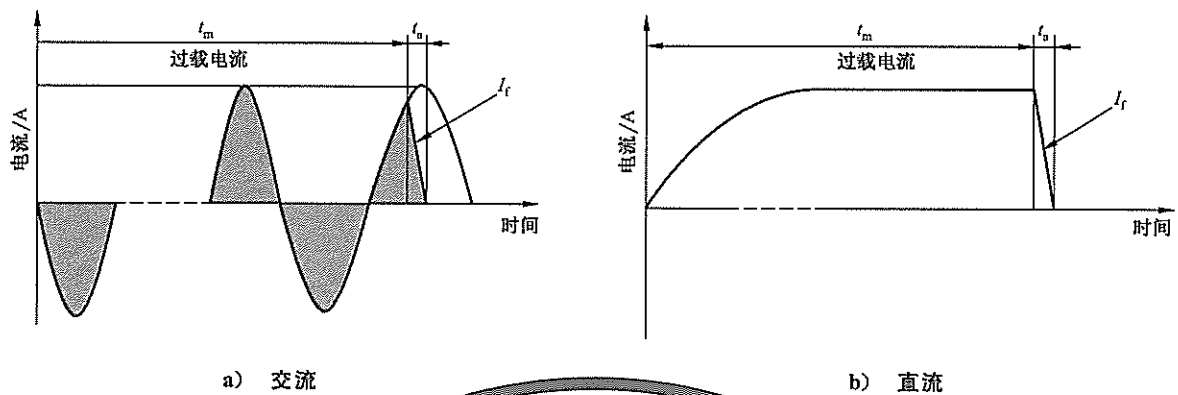


图4 过载时熔断器动作

## 6 熔断器组合电器

熔断器组合电器将由熔断体提供的电路保护和由开关提供的电路开关组合在一个单元。熔断器组合电器的标准是 IEC 60947-3 (见表 1)。

有两种不同类型的熔断器组合电器：

- 开关熔断器组和隔离开关熔断器组是与熔断体串联的开关，通常用手操作（运动）是操作机构独立的电器；
- 熔断器式隔离器和熔断器式隔离开关其熔断体本身成为电器的移动部件，通常用手操作，是操作机构非独立的电器。

定义见 IEC 60947-3 或 IEC 60050-441。为了便于理解，下面列了几个主要定义（详细解释见第 3 章）：

- （机械式）开关（见 3.1）；
- 隔离器（见 3.2）；
- 熔断器组合电器（见 3.3）；
- 开关熔断器组（见 3.4）；
- 熔断器式开关（见 3.5）。

从这些基本定义可组成表 1 所示的多种电器。

表 1 开关和熔断器组合电器的定义和符号





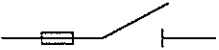

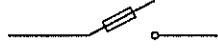

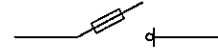
功 能		
接通和分断	隔离	接通、分断和隔离
开 关 IEC 60947-3 中 2.1	隔离器 IEC 60947-3 中 2.2	隔离开关 IEC 60947-3 中 2.3
		



表 1 (续)

功 能		
接通和分断	隔离	接通、分断和隔离
熔断器组合电器, IEC 60947-3 中 2.4		
开关熔断器组 IEC 60947-3 中 2.5 	隔离器熔断器组 IEC 60947-3 中 2.7 	隔离开关熔断器组 IEC 60947-3 中 2.9 
熔断器式开关 IEC 60947-3 中 2.6 	熔断器式隔离器 IEC 60947-3 中 2.8 	熔断器式隔离开关 IEC 60947-3 中 2.10 
注: 本表中条款号参见 IEC 60947-3。		

开关定义的注(即开关能接通但不能分断短路电流)明确表示了 IEC 60947-3 中的开关不提供短路分断能力。在熔断器组合电器的情况下熔断器起分断作用。

由于大多数将熔断器作为组合部件的熔断器组合电器被设计成熔断器式隔离开关或隔离开关熔断器组,它们主要用于:

- 负载下的开关;
- 隔离;
- 短路保护。

装于熔断器组合开关中的熔断器也对开关本身进行过电流效应的保护。

## 7 熔断器选择和标志

选择合适的熔断器应考虑被保护设备和应被切断的电源的实际情况。关于电源,应确定下列参数:

- 系统电压(运行电压);
- 频率(直流应用见第 17 章);
- 预期短路电流;
- 满负载电流(运行电流)。

限流熔断体的额定分断能力设计得非常高,它们通常大大高于 IEC 60269-2 和 IEC 60269-3 规定的最低值。熔断体的额定分断能力应达到实际使用中所遇到的最高预期电流水平(如至 200 kA)。

注: 熔断体可在小于额定分断能力的低值下安全使用。

选择特殊用途的熔断器应考虑时间-电流特性和分断范围。时间-电流特性确定了应用领域,分断范围表明熔断器是否与附加的过电流保护电器一起使用。

“全范围”指熔断器能分断使熔体熔化至额定分断能力的任何电流。全范围熔断器可作为独立的保护电器使用。

“部分范围”或后备熔断器仅分断短路电流。

当预期电流超过单个过电流保护电器的分断能力时,它们通常用作该电器(如电动机起动器或断路器)的后备保护。

IEC 60269 系列和它的各种熔断器系统规定了下述熔断器的时间-电流特性的门限和分断范围：

表 2 熔断器应用

类型	应用(特性)	分断范围
gG	一般用途	全范围
gM	电动机电路保护	全范围
aM	电动机电路短路保护	部分范围(后备)
gN	北美一般用于导线保护	全范围
gD	北美一般用途延时	全范围
aR	半导体保护	部分范围(后备)
gR, gS	半导体和导线保护	全范围
gU	一般用于导线保护	全范围
gL, gF, gI, gII	以前一般用途熔断器的类型(被 gG 类型代替)	全范围

专职人员使用的熔断器(工业用熔断器)通常可互换。每个熔断体、熔断器底座或熔断器支持件以易识别和永久的方式标志下述信息：

- 制造厂名称或商标；
- 制造厂识别标记,借此能获得任何其他信息；
- 额定电压(见表 3)；
- 额定电流；
- 电流种类(交流,直流)；
- 额定频率(如果小于 45 Hz 或大于 62 Hz)；
- 尺码或说明。

此外,每个熔断体应标志：

- 表明分断范围和使用类别的字母编码(应用见表 2)；
- 额定分断能力。

标志交流额定值的熔断器底座和熔断器支持件也可用于直流。

熔断体如适用于交流和直流,他们应分别标志。

交流熔断器可在表 3 规定的最大电压下运行。

表 3 熔断体最大工作电压

类型	额定电压(交流) V	最大工作电压(交流) V
gG, gM, aR <sup>a,b</sup> , aM, gR <sup>a,b</sup> , gS <sup>a,b</sup> , gU	230	253
	400	440
	500	550
	690	725
gN, gD	600	600
<sup>a</sup> 对于北美熔断体系统,最大工作电压等于额定电压。 <sup>b</sup> 根据应用情况,也可使用其他额定电压。		

## 8 导线保护

### 8.1 概述

熔断体根据 IEC 60364-4-43 的规定广泛用于导线保护。

熔断体既可用于过载电流保护,也可用于短路电流保护。简单有效的熔断体选择指南规定于下述条款:

- gG 类型 见 8.2;
- gN 和 gD 类型(北美) 见 8.3;
- gR 和 gS 类型(半导体保护) 见 8.4。

应该强调,IEC 60364-4-43 要求每条电路应设计成长时间的小过载电流不可能发生。对于在过载保护电器额定电流的 1 倍至 1.45 倍之间的小过载电流,在约定时间内电器可能不动作。当运行温度超过额定值时,连接的老化和劣变很快增加。

注意:决不可将过载保护电器作为负载限制电器使用。熔断体在超出它的额定电流之上的电路中连续运行可能产生过热,损害运行。

在一些应用场合中,熔断体仅提供短路保护。遇到这种情况,应有其他设施提供过载保护。

仅提供短路保护的应用指南见 8.5 和第 13 章。

### 8.2 gG 类型

gG 类型的熔断体能及时分断导线中的过电流,避免该电流引起可能破坏绝缘的温升。

按下述步骤可容易地选择熔断体:

- a) 选择熔断体的最大工作电压(见表 3),此值应大于或等于系统电压最大值;
- b) 计算电路的工作电流  $I_B$ ;
- c) 根据 IEC 60364-5-52 选择导线的连续载流能力  $I_z$ ;
- d) 所选的熔断体额定电流  $I_n$  应等于或大于电路的工作电流,并且等于或小于导线的连续载流能力:

$$I_B \leq I_n \leq I_z$$

式中:

$I_B$  ——电路的工作电流;

$I_z$  ——导线的连续载流能力(见 IEC 60364-5-52);

$I_n$  ——熔断体的额定电流。

当根据上述规定选择熔断体时,时间-电流特性的波形保证了导线在高过电流情况下得到适当的保护。

### 8.3 gN 和 gD 类型

北美布线章程规定了保护导线的熔断器选择要求:

- a) 选择等于或大于系统电压最大值的熔断器电压额定值;
- b) 计算负载电流,对于连续负载(2 h 及以上的负载)应乘以 1.25;
- c) 从布线章程中的载流量(载流能力)表选择导线尺寸;
- d) 选择熔断器的一般规则是选择一个与导线的载流量一致的标准的熔断器电流等级。对小于

800 A 的导线载流量,如果导线载流量处在 2 个标准熔断体电流等级之间,则使用较大的熔断体电流等级;对 800 A 及以上的导线载流量,如果载流量处在 2 个标准熔断体电流等级之间,则使用较小的熔断体电流等级;

- e) 所选熔断器用于保护短路和过载条件下的导线。实际上,为了实现短路保护,北美导线标准与熔断器标准之间已进行了协调。对其他类型的导线,应将导线的短路耐受额定值与熔断器的特性相比较,以此保证导线损害不会发生。

#### 8.4 gR 和 gS 类型

保护半导体设备的熔断体根据 IEC 60269-4 选择(见第 15 章)。大多数熔断体用于短路保护(aR 类型)。在某些应用领域需对半导体变流器的馈线进行过载保护,此时可使用 gR 和 gS 类型熔断体,gR 有较低的  $I^2t$  值,gS 有较低的耗散功率值。

导线保护的选择程序与 8.2 所述相同。

#### 8.5 仅用于短路电流的保护

为了保证协调,向导线提供后备或短路保护的熔断体,其允通  $I^2t$  值必须低于导线可能承受的  $I^2t$  值。对于故障持续时间不超过 5 s,导线的  $I^2t$  耐受值可由下式确定:

$$I^2t = k^2 S^2$$

式中: $S$  是导线的截面积,单位为平方毫米; $k$  是系数,取决于导线材料和绝缘能承受的极限温度。 $k$  值根据导线和绝缘不同的组合情况决定,见 IEC 60364-4-43。

### 9 保护电器的选择性

#### 9.1 概述

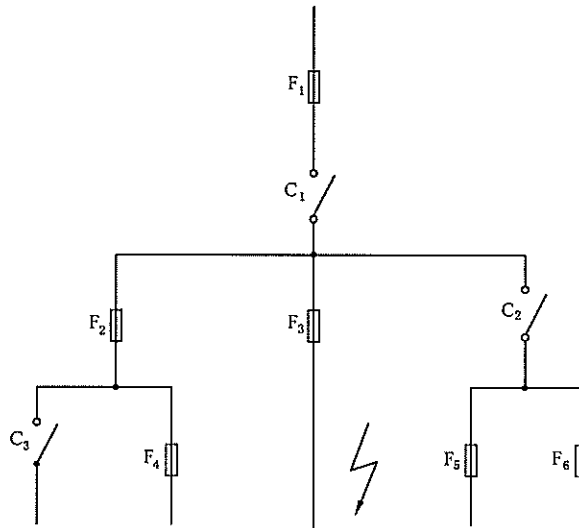
设计低压装置时,应重点考虑保护电器的选择性。选择性的目的是将故障影响降低至最低程度。仅故障电路被断开,而其他电路保持运行。如果故障被位于离故障最接近的上级保护电器断开而其他保护电器未发生动作,则达到了选择性目的。

下面的解释适用于最普遍的应用(即辐射电网)场合。

图 5 电网图可用于解释选择性。使用该图,可考虑下述几种情况的选择性:

- |                       |           |
|-----------------------|-----------|
| $F_2$ 和 $F_4$ 之间      | => 见 9.2  |
| $F_1$ 和 $F_3$ 之间      | => 见 9.2  |
| $C_1$ 和 $F_3$ 之间      | => 见 9.3  |
| $C_2$ 和 $F_5, F_6$ 之间 | => 见 9.3  |
| $F_2$ 和 $C_3$ 之间      | => 见 9.4  |
| $F_1$ 和 $C_1$ 之间      | => 见 14 章 |

研究保护电器之间的选择性的主要工具是时间-电流特性和  $I^2t$  值。IEC 60269-2 显示的时间-电流特性仅用于大于或等于 0.1 s 的时间范围。时间范围小于 0.1 s 的  $I^2t$  值应由制造厂提供。



说明：

C——断路器；

F——熔断器。

图 5 选择性——一般电网图

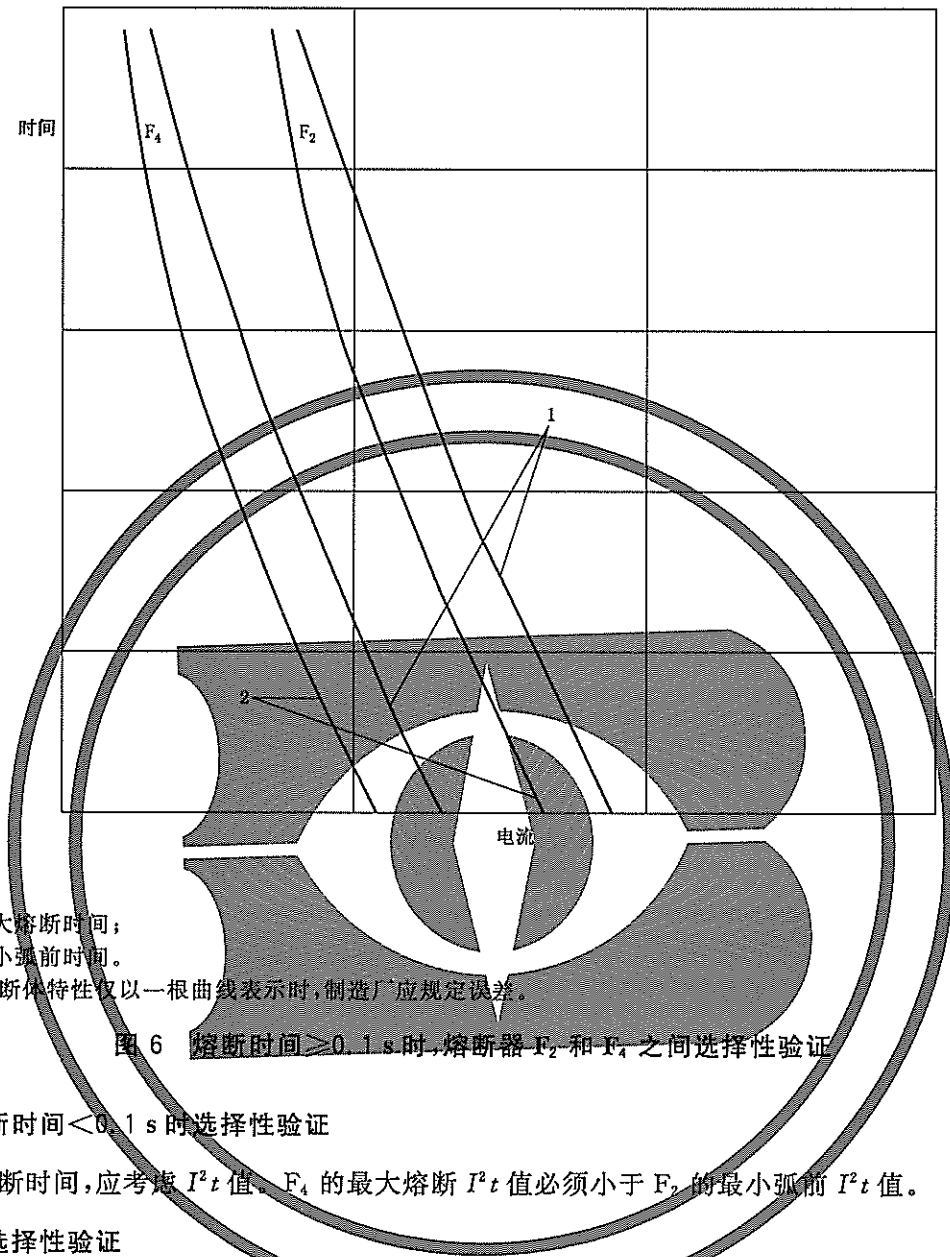
## 9.2 熔断器之间的选择性

当熔断时间 $\geq 0.1$  s时,熔断体之间的选择性通过时间-电流特性(见图 6)进行验证。当熔断时间 $< 0.1$  s时,熔断体之间的选择性通过弧前 $I^2t$ 和熔断 $I^2t$ 值进行验证。

注：熔断器制造厂将提供在额定电压下假定非常低的阻抗短路故障时的熔断 $I^2t$ 值。实际使用中,在熔断期间,由于故障时的阻抗及出现在熔断器两端的实际电压,允通 $I^2t$ 值通常较低。

### 9.2.1 熔断时间 $\geq 0.1$ s时选择性验证

对每个预期电流值, $F_4$ 的最大熔断时间应小于 $F_2$ 的最小弧前时间(见图 6)。



### 9.2.2 熔断时间 $< 0.1$ s 时选择性验证

对此熔断时间，应考虑  $I^2t$  值。 $F_4$  的最大熔断  $I^2t$  值必须小于  $F_2$  的最小弧前  $I^2t$  值。

### 9.2.3 全选择性验证

为达到  $F_2$  和  $F_4$  之间的全选择性要求，应符合上述 9.2.1 和 9.2.2 全部规定。这些验证应通过审核制造厂提供的时间-电流特性和  $I^2t$  值进行。

符合 IEC 60269-2 的相同类型的熔断器（如 gG），当额定电流  $\geq 16$  A，通过确定其额定电流比为 1.6 : 1 或更高，则熔断器满足全选择性要求，用户不需进行另外验证。对于额定电流 15 A 以上的 gN 或 gD 熔断器，其额定电流比为 2 : 1。

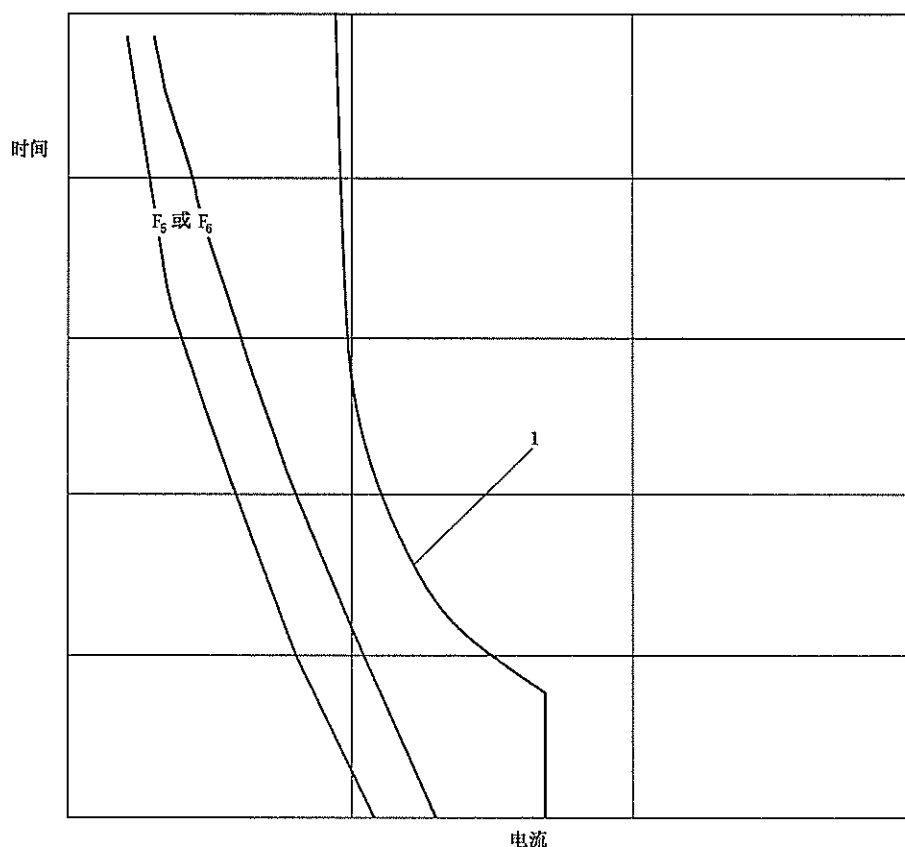
## 9.3 熔断器与上级断路器之间的选择性

### 9.3.1 概述

选择性通过使用时间-电流特性、 $I^2t$  值或通过试验进行验证。

### 9.3.2 熔断时间 $\geq 0.1$ s 时选择性验证

$F_5$  或  $F_6$  最大熔断时间应小于  $C_2$  的最小脱扣时间（见图 7）。



说明：

1—— $C_2$  的最小脱扣特性。

图 7 断路器  $C_2$  和熔断器  $F_5$  及  $F_6$  之间的选择性验证

### 9.3.3 熔断时间 $< 0.1$ s 时选择性验证

熔断器的熔断  $I^2t$  值必须小于断路器的最小脱扣  $I^2t$  值。

熔断器的  $I^2t$  值可取自标准值。

断路器数据可从其时间-电流特性和瞬时脱扣带中获得，数据必须由制造厂提供。

### 9.3.4 全选择性验证

为达到  $C_2$  和  $F_5$  或  $F_6$  之间全选择性要求，应符合上述 9.3.2 和 9.3.3 全部规定。

事实上，断路器制造厂给出了断路器和所选熔断器之间的选择性表。此类选择也适用于相当的或较低的额定电流熔断器。

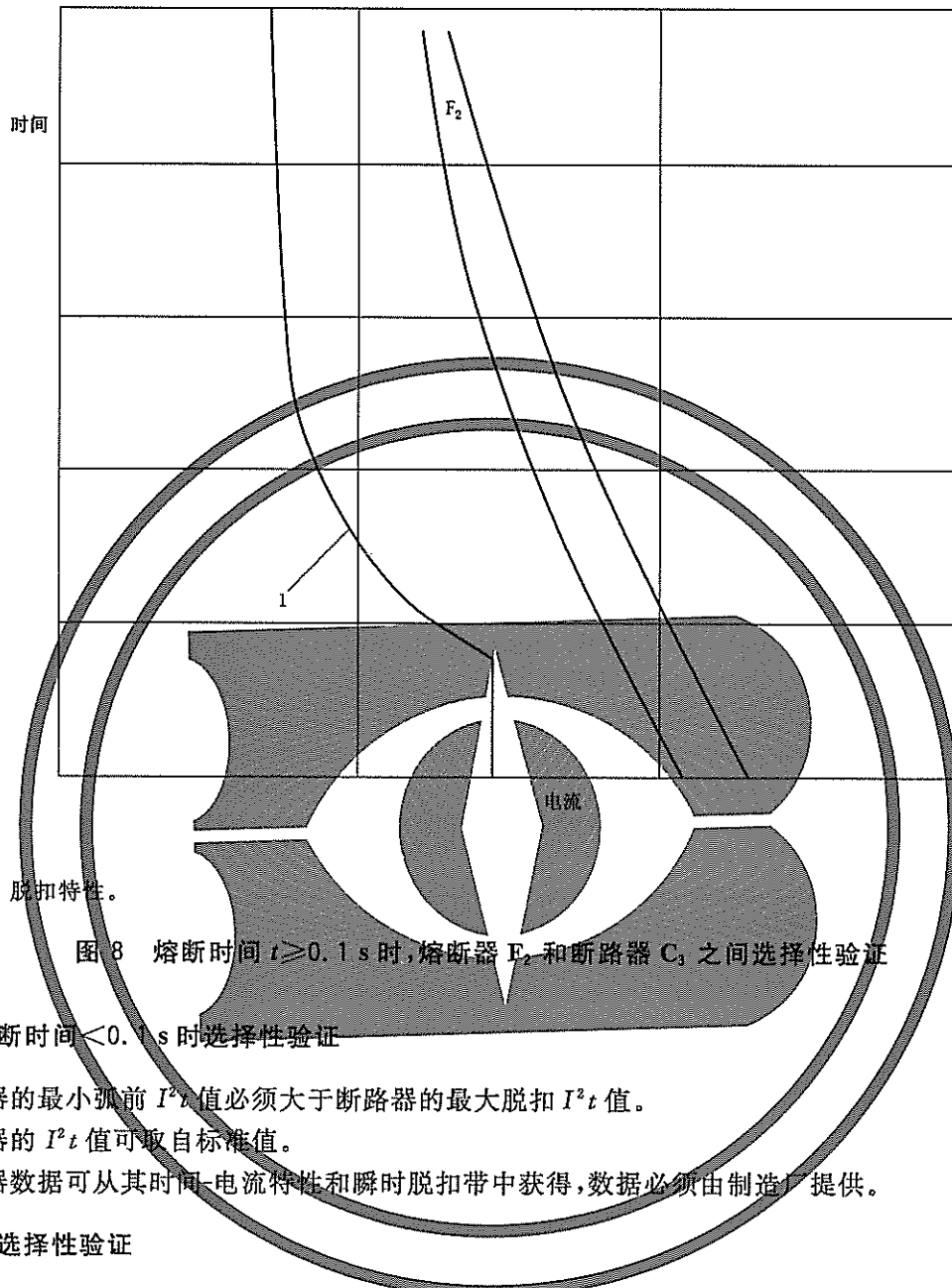
## 9.4 熔断器与下级断路器之间的选择性

### 9.4.1 概述

选择性通过使用时间-电流特性和  $I^2t$  值或通过试验进行验证。

### 9.4.2 熔断时间 $\geq 0.1$ s 时选择性验证

断路器  $C_3$  的最大动作时间应小于熔断器  $F_2$  的最小弧前时间(见图 8)。



说明：  
1——C<sub>3</sub> 脱扣特性。

图 8 熔断时间  $t \geq 0.1$  s 时,熔断器 F<sub>2</sub> 和断路器 C<sub>3</sub> 之间选择性验证

#### 9.4.3 熔断时间 $< 0.1$ s 时选择性验证

熔断器的最小弧前  $I^2t$  值必须大于断路器的最大脱扣  $I^2t$  值。

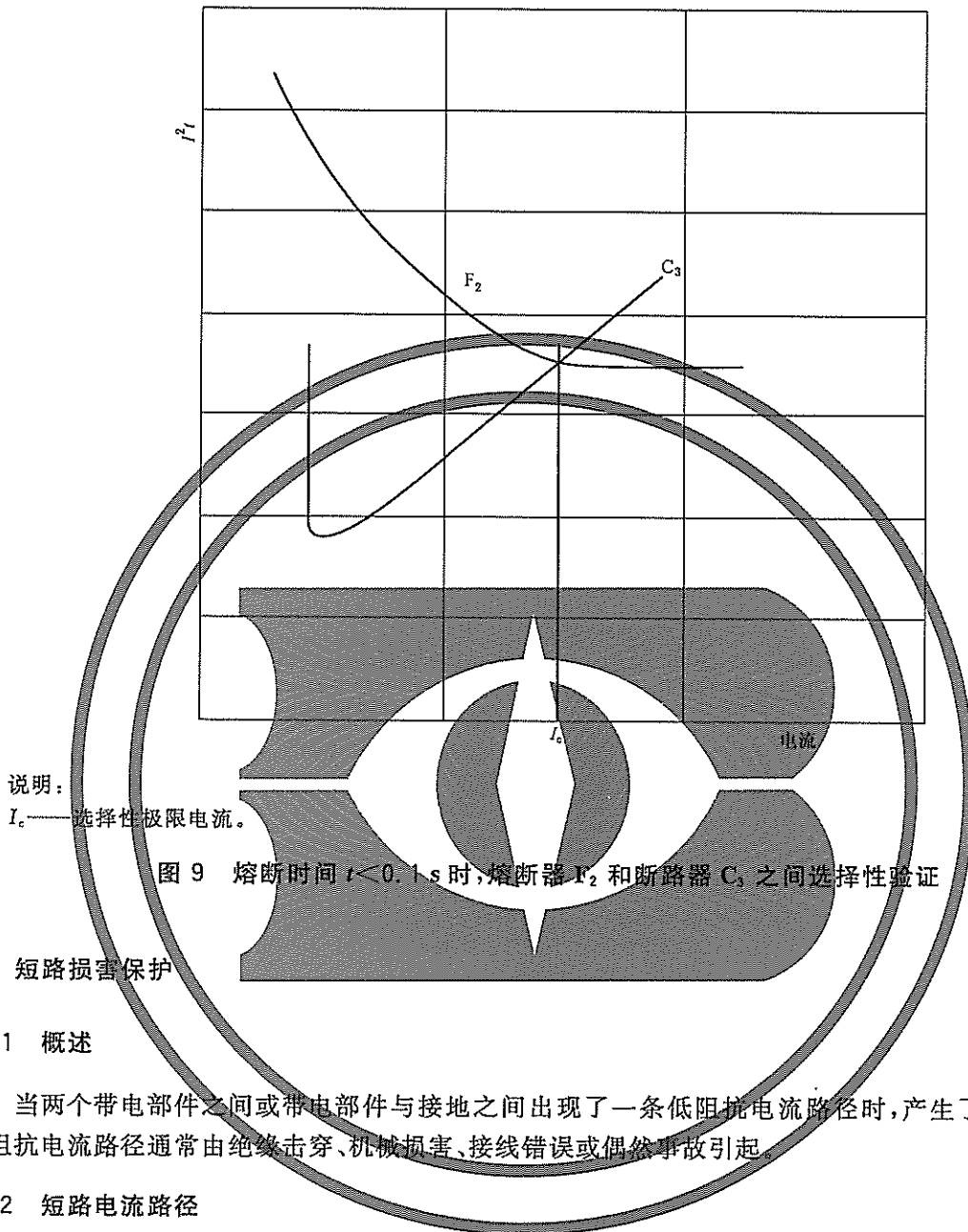
熔断器的  $I^2t$  值可取自标准值。

断路器数据可从其时间-电流特性和瞬时脱扣带中获得,数据必须由制造厂提供。

#### 9.4.4 全选择性验证

为达到 C<sub>3</sub> 和 F<sub>2</sub> 之间的全选择性要求,应符合上述 9.4.2 和 9.4.3 全部规定。对低于  $I_c$  (见图 9) 的预期电流,可达到选择性要求。对高于  $I_c$  的预期电流,选择性要求达不到。





## 10 短路损害保护

### 10.1 概述

当两个带电部件之间或带电部件与接地之间出现了一条低阻抗电流路径时,产生了短路或故障。低阻抗电流路径通常由绝缘击穿、机械损害、接线错误或偶然事故引起。

### 10.2 短路电流路径

如果电流路径是固定连接,电流上升值取决于电压和所接导线的阻抗。通常当连接的阻抗很低,电流便会很高,由此对导线和绝缘系统会造成机械和热损害。对导线的机械损害由电磁力引起,通过吸引或排拆电路导线,使其弯曲,破坏绝缘系统。对导线的热损害由过热引起,过热损害了绝缘系统,接着导线产生熔化和起弧。

如果电流路径为非固定连接,连接不良处会产生电弧,称作“电弧故障”。电流上升值取决于导线阻抗加上电弧阻抗。通常导线的机械损害和热损害伴随着起弧处导线熔化和金属汽化。当存在电弧时,空气中金属汽化是一个危险情况,将引起爆炸(喷弧)。爆炸的严重性取决于某些电路参数,但主要取决于电气能量的大小以及汽化的熔化材料的数量。

### 10.3 限流

在防止设备、人员以及元件免遭短路、故障和电弧故障损伤的方法之中,使用熔断器是最经济

有效的一种方法。理由是熔断体的限流能力。如上所述,熔断体处在高电流水平时,熔化和分断电流很快(见 5.3.2)。这样,在熔断体熔化后出现的峰值电流  $I_c$  远低于预期电流;由于熔管内的填料将产生在熔断体部件之间的电弧熄灭(通常熔断器分断时间小于半周),熔断  $I^2t$  保持低值。低的  $I_c$  值、小于半周分断时间和低的熔断  $I^2t$  值在短路或电弧故障情况下提供了下列优点:

- 对导线或绝缘系统不产生机械或热损害;
- 故障地点处少量或无熔化或起弧现象;
- 极大地降低电弧能量水平,有效地缓和喷弧。

#### 10.4 额定限制短路电流,额定分断能力

制造厂对电气系统中的成套电器和元件规定了一个短路额定值,该值是电器在其接线端子处将承受的和电流大小和时间有关的最大允许预期短路电流。

此额定值通过试验确定。如果该电器含有或包括作为该电器组成部分的一个熔断体,此额定值表示为  $I_{cc}$ (即额定限制短路电流,见 IEC 61912-1 第 5 章)。

通常限流熔断器用于具有高预期电流的电路,当用于成套电器或开关中,熔断器为成套电器或开关提供高的  $I_{cc}$  额定值。此使这些电器或成套电器用途更加广泛,因为安全运行要求这些电器或成套电器的  $I_{cc}$  额定值必须等于或高于系统的预期短路电流。

#### 11 功率因数补偿电容器的保护

IEC 60269-1 和 IEC 60269-2 对用于主要有电容器组成的电路的熔断器没规定任何要求或验证试验。使用符合 IEC 60269-2 的 gG 和 gN 类型熔断器作为功率因数补偿电容器的短路保护多年来已进行了良好的工程实践。

为了可靠地保护电容器,gG 和 gN 熔断器需考虑下述因素选择熔断体:

- 至 100 倍电容器额定电流的高涌入电流;
- 至 1.5 倍电容器额定电流的连续工作电流(包括谐波);
- 在低负载期间增至 1.2 倍供给电压历时 5 min;
- 至 1.1 倍的供给电压波动历时 8 h;
- 电容(其次工作电流)允差 +15%。

选择熔断体额定电流应如此:

- 涌入电流不会熔化或劣化熔体;
- 势能过电流不会导致熔断体过早动作。

gG 和 gN 熔断器的额定电流应选择为电容器单元或电容器组的额定电流的 1.6 至 1.8 倍。在此情况下,熔断器为电容器提供可靠的短路保护。如需过载保护,必须提供其他合适的方法。作为一般规则,用于功率因数补偿电容器的熔断器其额定电流和额定电压取加大值。此特别适合于具有较高涌入电流(与它们的额定电流相比)的小电容器单元。

注:连接电缆的截面积根据熔断器额定电流选择(见 8.2)。

推荐的用于具有最普通尺码和电压的功率因数补偿电容器的熔断器选择见表 4。

表 4 用于功率因数补偿电容器的熔断器选择  
(熔断器按 IEC 60269-2、系统 A 规定)

功率因数补偿电容器	额定电压 (3 相 50 Hz 系统)		
	400 V $k=2.5$	525 V $k=2$	690 V $k=1.5$
熔断器	500 V	690 V	1 000 V*
电容器尺码 $Q_N$	熔断器额定电流 $I_n$		
至 5 kvar	16 A		
至 7.5 kvar	20 A		
至 12.5 kvar	32 A (35 A)	32 A (35 A)	
至 20 kvar	50 A		32 A (35 A)
至 25 kvar	63 A	50 A	
至 30 kvar	80 A	63 A	50 A
至 40 kvar	100 A	80 A	63 A
至 50 kvar	125 A	100 A	80 A
至 60 kvar	160 A	125 A	100 A
至 80 kvar	200 A	160 A	125 A
至 100 kvar	250 A	200 A	160 A
至 125 kvar	315 A	250 A	200 A
至 160 kvar	400 A	315 A	250 A
至 200 kvar	500 A	400 A	315 A
至 250 kvar	630 A	500 A	400 A

\* 在一定条件下, 690 V 可适用, 具体情况应与制造厂核实。

熔断器额定电流可按以下经验公式计算:

$$I_n \geq k \cdot Q_N$$

式中:

- $I_n$  —— 熔断器额定电流, 单位为 A;
- $Q_N$  —— 电容器尺码, 单位为 kvar;
- $k$  —— 取自表 4 的系数。

## 12 变压器保护

### 12.1 主侧为高压的配电变压器

变压器以主侧交流 1 000 V 以上的高压向大多数低压配电系统供电。这些变压器主侧的短路保护通常由高压熔断体提供。选择的高压熔断体应能耐受供电期间的变压器磁化涌入电流。

上述配电变压器次侧的低压熔断体保护它们关联的馈电电路。考虑到适当的变压比, 低压熔断体与变压器主侧的熔断体之间必须具有选择性。

用于变压器电路的高压熔断体的应用指南见 IEC 60787。

## 12.2 主侧为低压的配电变压器

在北美,低压配电系统经常使用主侧和次侧均为低压的变压器,如 480/277 V 至 208/120 V。这类变压器额定值通常至数千 kVA。

主侧的熔断体用于变压器短路保护,次侧的熔断体可用于过载保护。在某些情况下,仅使用主电路熔断体;而在其他情况下,在次侧使用附加馈电电路熔断体,如 12.1。

选择主侧熔断体应能耐受磁化涌入电流。工业运用指南如下:

- 20 倍变压器主侧全负荷电流适用于 0.01 s;和
- 12 倍变压器主侧全负荷电流适用于 0.1 s;
- 主侧熔断体和全部次侧熔断体及任何其他过电流保护器之间的选择性必须考虑适当的变压比;
- 在某些应用场合,主次侧均为低压的变压器用于如电池充电器和机床等设备,为了安全,其馈电电压至 110 V。

## 12.3 控制电路变压器

对于这些低功率变压器,第一个半周的峰值涌入磁化电流可能高达 100 倍的全负荷电流。考虑到极大的涌入电流,主侧的过电流电器应采取特大值,因此许多控制电路变压器具有内部热保护措施。

## 13 电动机电路保护

### 13.1 概述

熔断器通常用作电动机和电动机起动器电路的保护部件。一般用途熔断器(gG 和 gN 类型)可用于此目的。选择熔断器电流额定值应能耐受电动机的起动电流,该电流取决于电动机采用的起动方式,如:

- 对于直接线路起动,6 至 8 倍的电动机额定电流;
- 对于星三角或自耦变压器起动,3 至 4 倍的电动机额定电流。

熔断器的额定电流因此可较大地高于电动机的额定电流。

除了用一般用途熔断器保护电动机外,还有特别用于电动机保护的熔断器类型,如全范围分断能力的 gD 和 gM 类型熔断器,以及仅提供短路保护的 aM 类型的后备熔断器。这些特殊类型的熔断器能耐受高的电动机起动电流,不需像一般用途熔断器增加电流等级。IEC 60269-1 和 IEC 60269-2 可提供这类熔断器的特性。

熔断器制造厂提供用于电动机保护的熔断器数据。选择保护电动机电路的熔断器应注意熔断器与保护电动机的过载继电器(该继电器与电动机起动器相关联)之间应具有选择性。

### 13.2 熔断器和电动机起动器配合

IEC 标准中有关于电动机起动器和保护电动机起动器的熔断器之间的配合要求和试验的规定,如 IEC 60947-4-1。该标准规定了两种配合:1 型和 2 型(也可参见附录 A 中表 A.3)。

成功的配合目的是保证短路电流的适当保护和起动器与熔断器之间的选择性。良好的选择性将使接触器免遭损害以及电动机电路免遭非期望的断开。

用于与接触器/电动机起动器一起使用的合适熔断体的建议可见制造厂的产品样本。

本条款的目的是指导最终用户找到一个更换熔断器,以替代起动器制造厂规定的熔断器。在替代过程中必须遵循相关的设备规程。

更详细的资料见附录 A。为了达到电动机起动器与保护电动机起动器的熔断器之间的配合,附录 A

规定了必要的试验和计算。

根据 IEC 60947-4-1, 试验规定在 3 个预期电流的水平上进行:

- a) 电流  $I_{\infty}$  区域内的电流值, 用于交点电流处的配合(见 13.4)。当需起动器无损害地断开电流而熔断器不动作时, 试验应以  $0.75I_{\infty}$  进行; 当需熔断器先于起动器动作时, 试验应以  $1.25I_{\infty}$  进行(见图 10)。交点电流处的配合也可使用间接法进行验证(见 IEC 60947-4-1 中 B.4.5);
- b) 示于 IEC 60947-4-1 表 12 中预期电流“r”的适当值(见附录 A 中表 A.2);
- c) 由开关电器制造厂规定的额定限制短路电流  $I_q$  (如果  $I_q$  高于试验电流“r”)。

选择的熔断器应能耐受电动机的起动电流。通常根据制造厂的建议选择, 并应符合国家设备规程和布线章程。

用于电动机保护的合适的熔断体举例见表 A.1。

熔断器和起动器特性的交点应位于接触器的分断能力之内。选择的熔断器在其承载电动机起动电流时不应动作(见图 10)。

### 13.3 额定限制短路电流 $I_q$ 配合依据

用于选择可替换熔断器类型的最大额定电流的指南可见 IEC 61912-1 中附录 A, 该附录详细规定了使用方法。基本应满足下述条件。

电路的电压、电流和限制短路电流( $I_q$ )不应大于基准试验数据。

考虑到替换熔断器的特性, 应确定电压在  $U\sqrt{3}/2$  下的用于额定限制短路电流  $I_q$  的  $I_C$  和  $I^2t$  值。

上述确定的  $I_C$  和  $I^2t$  值不应大于基准试验数值。

如符合上述条件, 熔断器替换是有效的, 不需再进行验证试验。

### 13.4 交点电流 $I_{\infty}$ 配合依据

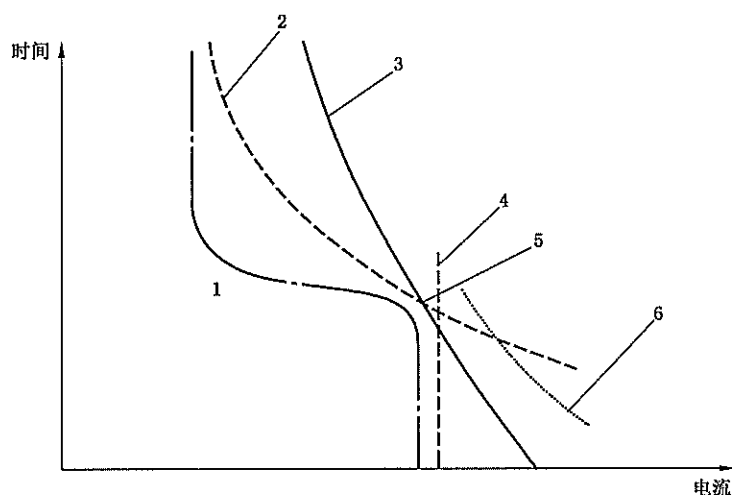
$I_{\infty}$  是相应于熔断器和起动器的过载继电器平均时间-电流特性交叉点的电流(见图 10)。用于保证  $I_{\infty}$  处适当配合的试验规定在 IEC 60947-4-1 附录 B 的 B.4 中。

重要因素是:

- 过载继电器无损害特性;
- $I_{\infty}$  不应超过接触器的分断能力;
- 在  $I_{\infty}$  上方电流处的相关熔断器的熔断时间-电流特性必须低于此区域内(该区域由熔断器负责保护)过载继电器和接触器两者的无损害特性。

如果无进一步试验使用更换的熔断器类型, 其交点电流不应超过型式试验中所测得的  $I_{\infty}$  值, 其在  $I_{\infty}$  上方电流处的时间-电流特性不应显示任何大于组合试验中熔断器的时间或对起动器产生损害。

根据本方法和按 IEC 60947-4-1 选择的熔断器对起动器和相关设备提供超过起动器分断能力至起动器的额定限制短路电流的过电流保护。



说明:

- 1——电动机电流;
- 2——过载继电器运行的时间-电流特性;
- 3——熔断体的时间-电流特性;
- 4——接触器的分断能力;
- 5——交点电流;
- 6——过载继电器的热极限。

图 10 熔断器和电动机起动器配合

### 13.5 试验电流“r”配合依据

根据 IEC 61912-1 附录 A 建议,更换熔断器基本考虑的特性是  $I_C$  和  $I^2t$  值。通常假定,凡是  $I_n$  该满足的条件,这些条件电流“r”也该满足。

## 14 断路器保护

分断能力低于系统预期短路电流的断路器必须通过一个具有足够高分断能力的附加上级短路保护电器(SCPD)进行保护。

对于这类应用,限流熔断体提供了一个极其经济有效的解决方法(见图 5,  $F_1$  和  $C_1$ )。短路发生时,限流熔断体快速断开(小于 1/4 周),这样降低了下级断路器处的预期电流和电能,使它们恰好处于断路器能力之内的水平。

熔断器可使用一般用途类型(gG 和 gN),后备类型(aM),或用于电动机电路的全范围类型(gD 和 gM)。

选择合适的熔断器类型及其额定值用来保护特殊的断路器并不简单,仅靠计算不能得到可靠的结果。

选择熔断器困难的主要原因在于各类断路器之间和各断路器制造厂之间规定的峰值电流和允通  $I^2t$  耐受水平不同。为了保证人身安全和断路器的可靠保护,熔断器类型和额定值应与下级断路器一起进行试验。

试验结果和合格的串联熔断器/断路器组合电器可向熔断器或断路器制造厂或合适的通告机构(他们证明试验了这些组合电器)咨询。

如果所选熔断器的类型与用于串联试验的熔断器不同,只要所选熔断器的  $I_p$  和熔断  $I^2t$  值小于或

等于最初试验的熔断器值,可将其与用于串联试验的熔断器进行更换。

## 15 半导体设备保护

额定值给定的半导体设备其  $I^2t$  耐受值大大低于相应额定值的其他设备和电路的耐受值。因此,用于含有半导体设备电路的熔断体应在规定的电流下有能力比其他运用场合的熔断体动作更快。

通常几个半导体设备处在一个设备装置(如整流器或逆变器)中。理想的保护设备应保证符合下述条件:

一旦半导体设备发生故障,宜尽快分断电路,防止其他设备受到损害(经验显示,在这方面半导体由于短路发生故障并引起较大的电流)。

对设备装置内其他故障,宜在对半导体设备造成损害之前断开电路。在对半导体设备造成损害之前宜切断可能造成损害的过电流。

熔断体动作不宜造成施加在任何半导体设备上高的不可接受的过电压。

用于保护半导体设备的熔断体特性要求规定在 IEC 60269-4 中。这类熔断体传统上为“部分范围”或“后备”类熔断体。随着保护方式和实践的发展,对具有“全范围”分断能力的熔断体需求增加。一个例子是将熔断体放在电源前面,而不是放在变流器箱内。这种情况下,熔断体除了保护变流器设备内的功率半导体外,还要保护相连接的电缆。因此,IEC 60269-4 引入了两个附加的全范围类型,即“gR”类型(优点是低  $I^2t$  值)和“gS”类型(优点是低耗散功率)。“gS”熔断体适合于标准熔断器底座和熔断器组合电器(必须考虑接受耗散功率)。

为了满足各种不同的使用需求,半导体设备保护用熔断体制造厂给出选择熔断体的综合指南。此外,下述条款给出了有用的信息:

- IEC 60269-4 附录 AA 给出了熔断体与半导体设备配合的一些有用指南。该附录根据熔断体的额定值以及电路(熔断体是其组成部分)阐述了熔断体应具有的特性,以此作为选择熔断体的依据;
- IEC 60269-4 附录 BB 给出了制造厂应在产品使用说明书(样本)中列出的半导体设备保护用熔断体的资料;
- IEC/TR 60146-6 是一份使用熔断器保护半导体变流器防止过电流的应用导则。它限于单拍和双拍连接的电网换向变流器。此技术报告对特定熔断器和变流器的特性提出了建议,其目的是为了保证在变流器中正确选择应用半导体熔断器,同时这些建议亦用于指导用熔断器来保护变流器的安全运行。

## 16 外壳内的熔断器

当熔断器安装在散热受到限制的外壳内,它们的运行温度可能达到改变其标准化特性的程度。根据 IEC 60269-1 规定,熔断器是在自由空气中、周围温度至 40 °C 的条件下工作。

在实际安装中,遇到空间有限、流体环境温度超过 40 °C 的情况,没有通用规则规定熔断器的使用极限,此时应向熔断器和设备制造厂咨询。

### 16.1 符合 IEC 60269-2 系统 A 的 gG 类型熔断体的极限温度

初步研究表明,插刀温度限制为 130 °C 是合适的。建议使用此温度极限验证熔断器装备内的温升试验。

上述验证对符合 IEC 60269-2 系统 A 的 gG 熔断体给出了满意的结果。测量插刀触头温度优于周围空气或接线端子温度的理由如下:

- 试验点最接近熔体;
- 在固体金属触头上进行可靠的温度测量;
- 适合于全部熔断器装备的设计。

短时运行温度最大值限制为 130 °C。在连续运行情况下,推荐限制温度为 100 °C。

### 16.2 其他熔断体

对于其他熔断体或非正常使用条件,用户宜向熔断器制造厂咨询。

## 17 直流应用

### 17.1 短路保护

限流熔断器一般适用于交流和直流场合。熔断体的直流性能不同于交流性能,交流额定值不能用于直流额定值。没有简单的法则能安全地将熔断体的交流电压额定值转换至直流电压额定值。在交流电路中,功率因数是考虑的主要参数;在直流电路中,时间常数  $T=L/R$ (见图 11)是决定性因数。随着时间常数增加,最大直流动作电压降低。熔断体的直流分断能力应通过其在典型电路中的试验确定。

在直流短路条件下,熔断器动作与交流动作相似(见图 3)。截断电流不能从交流截断电流曲线得到,因为直流取决于电路的时间常数。可从熔断器制造厂的产品使用说明书或通过试验确定得到直流截断电流值。

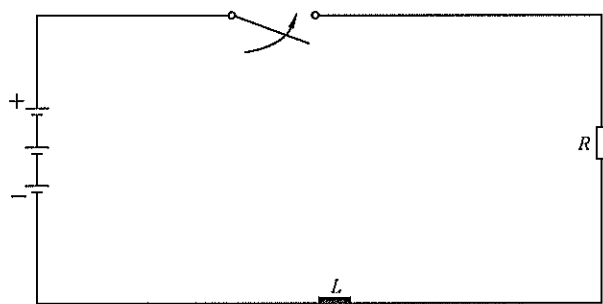
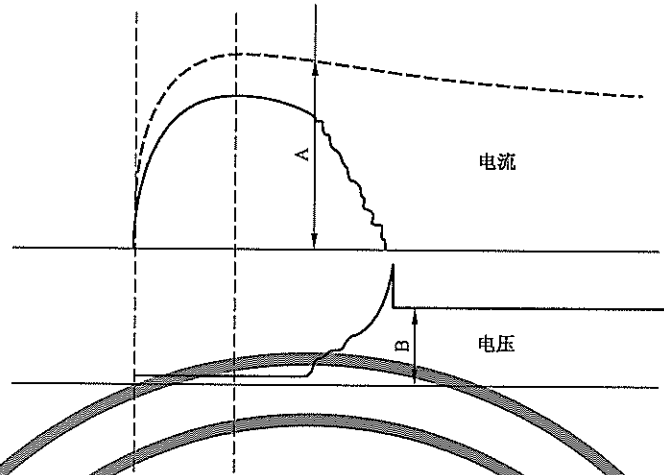


图 11 直流电路

### 17.2 过载保护

在过载条件下(即非限流动作),熔断器在交流和直流电路中的动作是不同的(见图 12)。由于无周期电流零点,直流电压额定值低于交流电压额定值。





说明:

A —— 预期电流;

B —— 恢复电压。

图 12 直流断开动作

标志在符合 IEC 60269-2 熔断体上的直流电压额定值与具有分断能力至少 25 kA 的时间常数 20 ms 有关。不同的电压额定值需求较高或较低的时间常数,数据可从熔断器制造厂的产品使用说明书或通过试验确定得到。表 5 给出了一些典型应用的时间常数。

表 5 典型直流电路的时间常数

应用	时间常数 ms
工业直流控制和负载电路	≤ 10
用于 UPS 的电池电源	≤ 5
直流电动机和驱动器	20~40
励磁电源	至 1 000

### 17.3 时间-电流特性

熔断器制造厂提供的平均时间-电流特性给出的是熔化电流的有效值,它等同于稳态条件下的直流值。在瞬态条件下,瞬时值和有效值可能相差很大。如此,时间-电流特性取决于故障电路的时间常数(见图 13)。

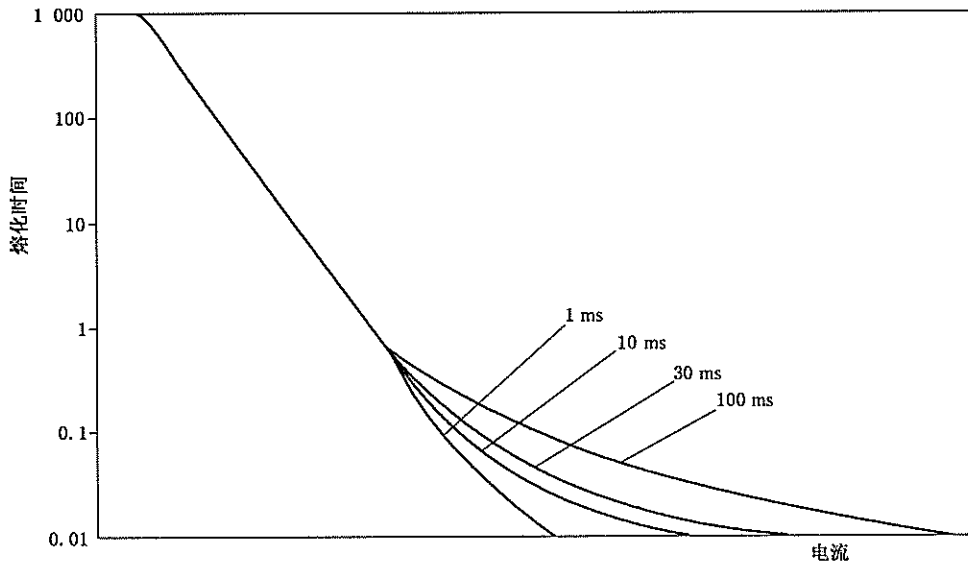


图 13 不同直流电路时间常数下的熔断器熔断时间

## 18 建筑物装置电击保护的自动切断

### 18.1 概述

限流熔断体是能提供良好的电路保护的保护电器。通过自动切断电源,熔断体能用于电击保护。通过自动切断电源的保护详细规定于 IEC 60364-4-41,特别是 413.1 条款。低压配电网有 3 种基本系统(TN,TT 和 IT)。

### 18.2 保护原则

通过自动切断电源的保护是根据熔断体的动作(即切断电源电路)进行实施。当电路或设备中带电部件与外露(导电)部件或保护导线之间发生故障时,超过交流 50 V 或无波纹直流 120 V 的预期接触电压的持续时间不应太长,以免引起对人有害的生理影响。在某些情况下,不论接触电压多少,允许不超过 5 s 的切断时间。对于某些系统型式(TN、IT),需要更短的切断时间。见 18.3 示例。

为了确定限流熔断体切断电源的条件,应利用熔断体的时间-电流特性。首先应根据被保护设备的类型、系统接地型式和环境情况,考虑切断所需时间。其次,确定引起熔断体动作的电流  $I_a$ ,方法见图 14。第三,使用电流  $I_a$  计算故障回路或接地电阻的最大允许阻抗。

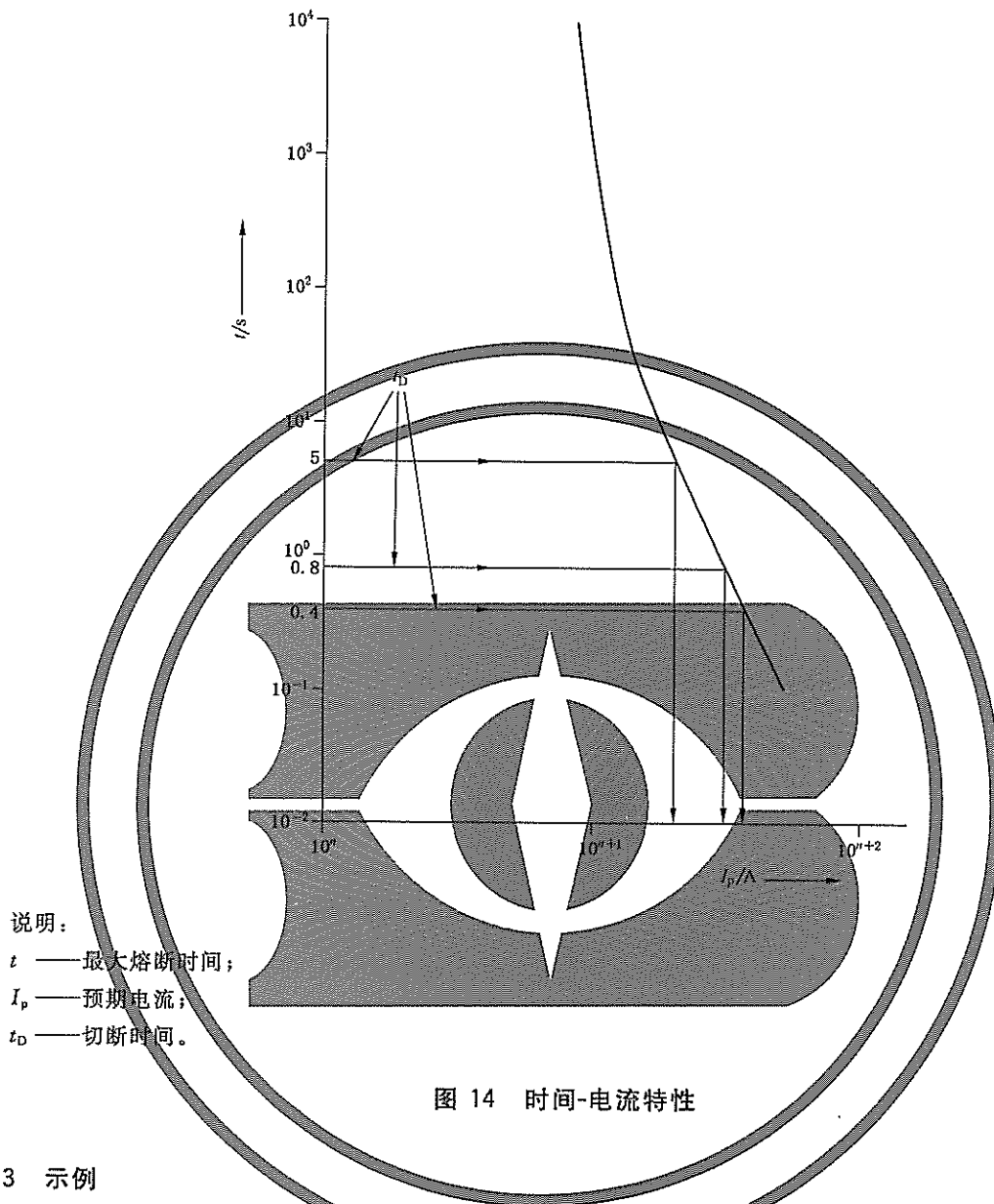


图 14 时间-电流特性

### 18.3 示例

示例 1: 系统 TN, 230/400 V

程序: 使用 IEC 60364-4-41 中表 41A, 相应于  $U_0 = 230$  V 的必须自动切断时间是 0.4 s。然后在图 14 中找出电流  $I_a$ 。根据下列公式可计算出故障回路的最大允许阻抗:

$$Z_s \leq \frac{U_0}{I_a}$$

式中:

$Z_s$  —— 故障回路阻抗, 包括电源、至故障点的带电导线、及故障点和电源之间的保护导线阻抗;

$I_a$  —— 引起熔断器在规定时间内动作的电流。规定时间按标称电压  $U_0$  确定, 或根据条件, 规定时间在不超过 5 s 的约定时间内;

$U_0$  —— 对地标称电压。

示例 2: 系统 TT, 230/400 V

程序: 根据 IEC 60364-4-41, 切断时间需 5 s。在图 14 中确定电流  $I_a$ 。根据下列公式可计算出最大允许接地电阻:

$$R_A \leq \frac{50}{I_a}$$

式中  $R_A$  是总接地电阻。

示例 3: 系统 IT, 230/400V, 不配中性线、系统第 2 次故障计算

程序: 从 IEC 60364-4-41 查得, 相应于  $U_0 = 230 \text{ V}$  的必须自动切断时间是 0.4 s。然后在图 14 中找出电流  $I_a$ 。根据下列公式可计算出故障回路的阻抗:

$$Z_s \leq \frac{\sqrt{3}U_0}{2I_a}$$

示例 4: 系统 IT, 230/400 V, 配中性线, 系统第 2 次故障计算

程序: 从 IEC 60364-4-41 查得, 相应于  $U_0 = 230 \text{ V}$  的必须自动切断时间是 0.8 s。然后在图 14 中找出电流  $I_a$ 。根据下列公式可计算出故障回路的阻抗:

$$Z'_s \leq \frac{U_0}{2I_a}$$

## 附录 A

(资料性附录)

## 熔断器和接触器/电动机起动器之间的配合

## A.1 概述

本部分中 13.2 对如何选择熔断器(替换熔断器)代替由接触器或电动机起动器制造厂规定的熔断器提出了指导意见。本附录对该初始的熔断体选择给出了补充资料。

IEC 标准包括了电动机起动器和保护电动机起动器的熔断器之间配合的试验要求,如 IEC 60947 系列标准(特别是第 1 部分和第 4 部分)。

本附录不包括其他设备(如电动机、导线等)的过电流保护。

## A.2 用于电动机保护的合适熔断体举例

对与接触器/电动机起动器一起使用的合适熔断体的推荐可在制造厂的产品使用说明书中找到。制造符合 IEC 60947-4-1 的接触器/电动机起动器的厂家也宜根据其进行的试验推荐选择合适的 SCPD。制造厂的建议是优选用于其产品的熔断体的最佳指南。

最适合于保护给定电动机的熔断器电流额定值取决于电动机的全负载电流及起动电流的大小和持续时间。最合适的额定电流也取决于熔断体类型(gG, gM, aM, gD 或 gN 等),如表 A.1 列举了用于不同国家、与具有电动机全负载电流为 28 A、3 相直接线路起动器一起使用的典型熔断器。举例仅是说明性的,并且假定起动时间小于 10 s,最大起动电流不超过 7 倍全负载电流,以及起动是不频繁的。

表 A.1 用于电动机起动器保护、说明熔断体类型如何可能影响最佳电流额定值的典型熔断体额定值举例

熔断器类型	来源	合适的额定值
gG	一般用途 IEC 熔断器	63A
gM	电动机电路熔断器	32M63
aM	后备熔断器	32A
gN	北美熔断器	70A
gD	北美延时熔断器	40A

注 1: 本例适用于电动机全负载电流为 28A 的平均电动机起动工作制。

注 2: 通过特殊类型和额定值的选择,一个合适的熔断体额定值也宜保证 A.3、A.4 和 A.6 的要求得到满足。如果熔断体与接触器/电动机起动器制造厂在其试验中使用的熔断体在类型、额定值和制造方面均相同,上述这些要求自然也将全部满足。

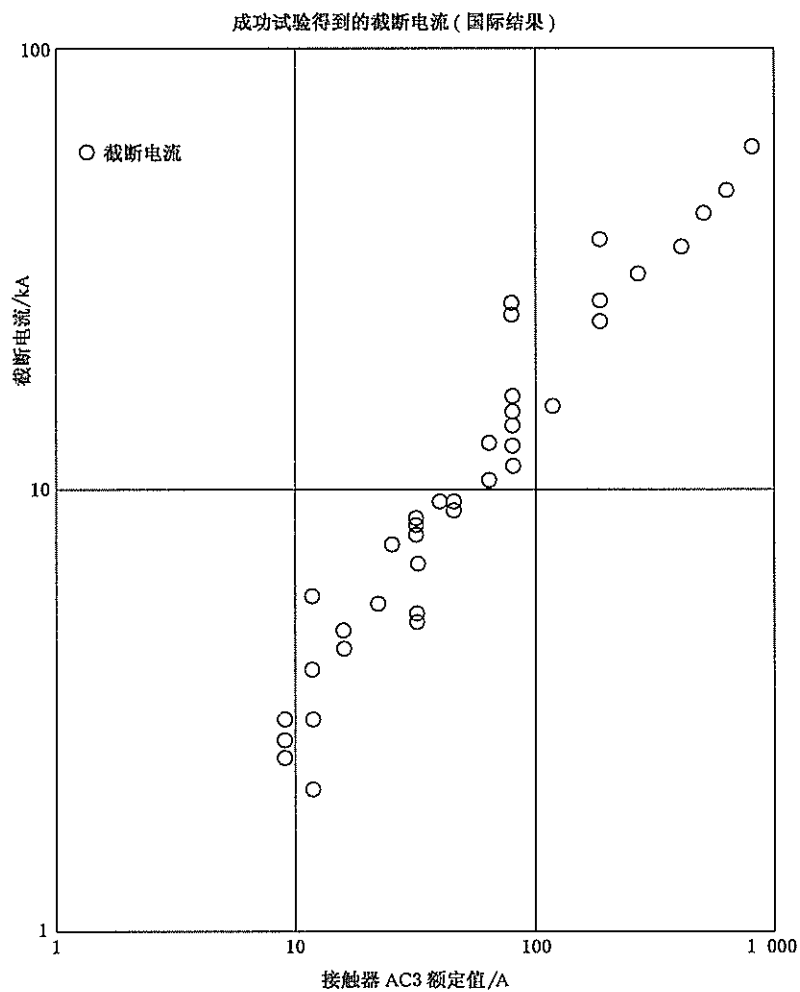
注 3: 应特别注意,如果制造厂的推荐值与本表规定值不同,宜采纳制造厂的推荐值。

A.3 从世界范围内完成的熔断体/电动机起动器组合的成功试验中得到的  $I^2t$  和截断电流值

由 IEC“熔断器”委员会和世界各国电动机起动器制造厂合作的研究表明,选用符合 IEC 60269-2

的熔断器与接触器配合易在配合类型水平上达到最确切的满意配合。

经过对各国配合试验广泛测定所得结果的详细核对,发现  $I^2t$  和截断电流值处于一个相对狭窄的带中,见图 A.1、图 A.2 和图 A.3。



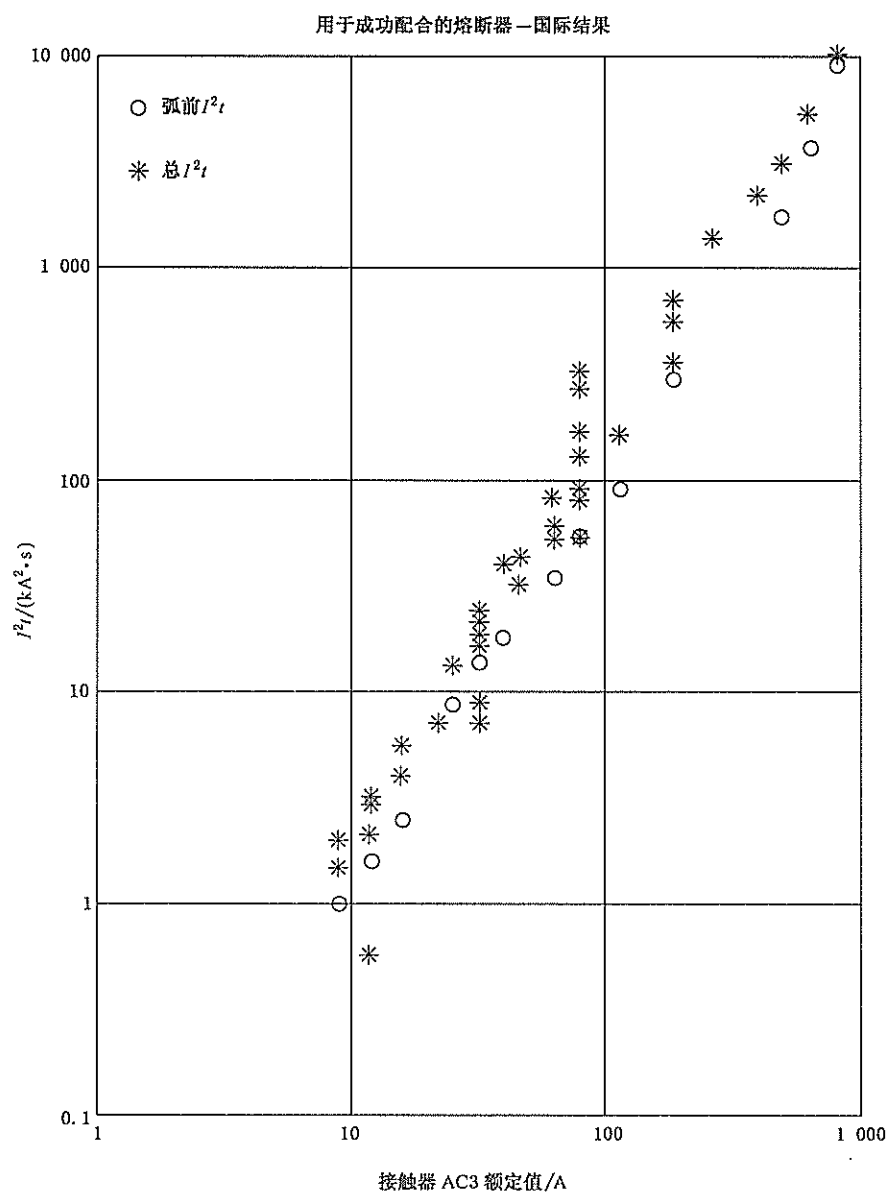


图 A.2 作为接触器额定电流 AC3 函数的、用于成功配合试验的熔断器的弧前和熔断  $I^2t$  值

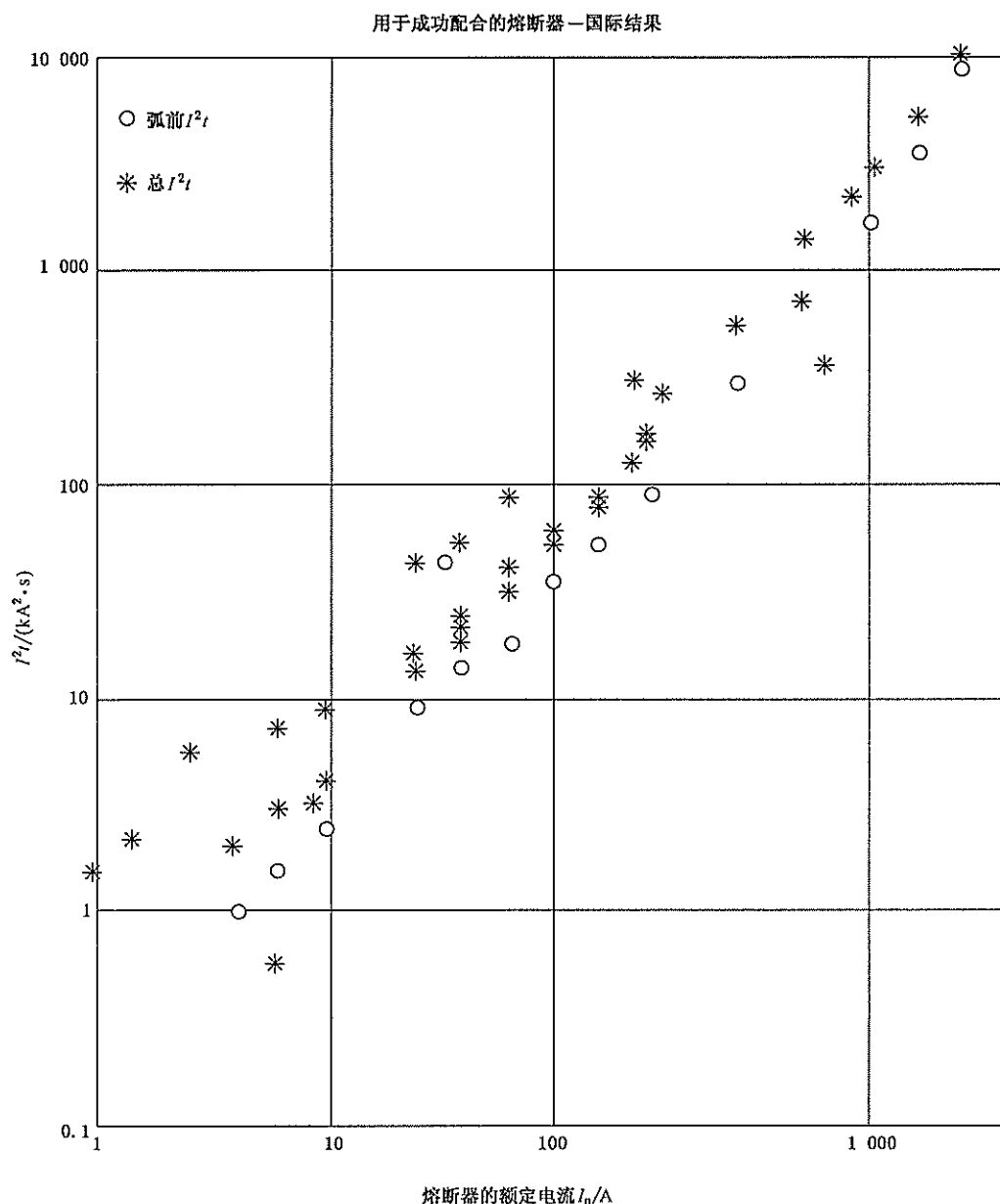


图 A.3 作为熔断器额定电流  $I_n$  函数的、用于成功配合试验的熔断器的弧前和熔断  $I^2t$  值

#### A.4 额定限制短路电流 $I_q$ 配合依据

##### A.4.1 概述

IEC 60947-4-1 中 8.2.5 规定了本试验项目,9.3.4 规定了短路试验要求。可接受的损害判别取决于配合类型。

##### A.4.2 最大熔断 $I^2t$ 和截断电流

当熔断器用作 SCPD 时,  $I_q$  可以是至 50 kA 或更大的任意值。在此条件下,最重要的参数是熔断体(在起动器与熔断器串联进行 3 相配合试验的条件下)的熔断  $I^2t$  值和熔断器的最大截断电流值。



可提供该值用于全部电压系统,最大  $I^2t$  值相应于与 3 相配合试验相当的试验电压。

此也将限定峰值截断电流,因为这些值是相互关联的。在国际配合试验(预期电流从 50 kA~200 kA)的基础上,下述结论已得到验证:即在某个预期电流  $I_p$ (A)下,额定电流为  $I_n$ (A)的熔断体的截断电流  $I_c$ (A)是等于或小于由下式得出的值:

$$I_c = 20 \cdot \sqrt[3]{I_n^2 \cdot I_p}$$

#### A.4.3 选择替换熔断器类型的最大额定电流指南

从  $I_q$  配合类型试验的成功结果,起动器制造厂可以作出作为电动机起动器额定工作电流( $I_n$ )函数的接触器和过载继电器的最大  $I^2t$  耐受值和最大峰值允通电流曲线。如此曲线见图 A.4a)。

不同类型的熔断体如无进一步试验不能使用,除非其  $I^2t$  和  $I_c$  值等于或小于用于制作曲线试验所得的最大值。然而,可从熔断器制造厂得到在类似条件下(即在相等的试验电压和相等于  $I_q$  的预期电流下)测得的熔断  $I^2t$  值和截断电流值。使用这些数据可作出作为熔断器额定电流  $I_n$  函数的曲线。如此得到熔断器典型的曲线图:类型 A 替换熔断器的曲线见图 A.4b),类型 B 熔断器的曲线见图 A.4c)。这些图的刻度必须与图 A.4a)相同。

注意,具有较大  $I^2t$  或截断电流值的熔断器如无进一步试验不能使用。因此,对额定值位于  $I_c = X$ (A)处的起动器,类型 A 熔断器的最大允许额定电流为  $Y$ (A)(见图 A.4),额定电流  $Y$ (A)的  $I^2t$  是可接受的,但截断电流值可能过高。然而,对于类型 B 的替换熔断器,限定因数是  $I^2t$ ,因此  $Z'$ (A)是达到与起动器在  $I_q$  处良好配合的最高允许额定电流(见图 A.4)。

熔断器类型 A 和 B 可以是表 A.1 所列的用于电动机电路保护的任意类型的熔断体。

本程序可能导致选择极低标称电流的熔断器,因为它不考虑起动器的附加阻抗(如当起动器的额定工作电流低于 10A 时,过载继电器阻抗可能有显著的影响)。在此情况下,如果在对预期短路电流作更精确地估算时不考虑附加阻抗,则熔断器可能不适合保护起动器。此时,需要使用此由本部分规定的程序所确定的更高额定值的熔断器进行直接试验,以验证配合特性。

#### A.4.4 补充指南

此外,宜注意下述各点:

切断时间长增加了接触器的触头熔焊风险。为此在估算“切断时间”时,当电流仅维持在极限峰值的少量百分比(约 5%)时,认为电流已被“切断”。此值可能难以获得。一个可接受的方法是假定极限曲线为正弦波形状,依据下式可从熔断  $I^2t$ (值为  $[I^2t]$ ,单位为  $A^2s$ )和峰值允通电流(值为  $\hat{I}$ ,单位为 A)获得一个“相等切断时间” $t_{eq}$ :

$$t_{eq} = \frac{2 \times [I^2t]}{\hat{I}^2}$$

此相等切断时间的满意值为:  $t_{eq} < 5 \text{ ms}$ 。

注 1: 如果短路开始后高电流仍持续 5 ms,触头熔焊风险增加。

在具有不接地相的 3 相电路情况下,熔断器的熔断  $I^2t$  值相等于外施电压为  $\sqrt{3} \div 2$  倍相对相电压时的熔断  $I^2t$  值。

注 2: 本技术给出了用于预期电流  $I_q$  配合的最大额定值。为了提供试验电流  $I_{sc}$  和/或“r”的适当配合,一个较低的额定值可能是必需的。在 IEC 60947-4-1 中,通过全部这些电流水平的试验结果确定所能获得的配合类型。

A.5 为这些水平处的合适配合提供了指南。

#### A.5 试验电流“r”配合依据

IEC 60947-4-1 中 8.2.5 规定了本试验项目,9.3.4 规定了短路试验要求。可接受的损害判别取决

于配合类型。试验电流“r”( $I_r$ )取决于起动器的额定工作电流  $I_e$  (见表 A. 2)。

表 A. 2 (IEC 60947-4-1 表 12) 相应于额定工作电流的预期试验电流值

额定工作电流 $I_e$ (AC-3) A	预期电流“r” kA
$0 < I_e \leq 16$	1
$16 < I_e \leq 63$	3
$63 < I_e \leq 125$	5
$125 < I_e \leq 315$	10
$315 < I_e \leq 630$	18
$630 < I_e \leq 1\ 000$	30
$1\ 000 < I_e \leq 1\ 600$	42
$1\ 600 < I_e$	由用户与制造厂协商

为了选择用于  $I_r$  合适配合的适用熔断器,有必要从型式试验结果制作相似于图 A. 4a) 的曲线,以显示作为  $I_e$  函数的、试验电流  $I_r$  处的接触器和过载继电器的最大  $I^2t$  耐受值和最大峰值允通电流。由于  $I_r$  以梯级型式增加,这些曲线不连续,一组典型的曲线相似于图 A. 5 所示曲线。用于  $I_r$  合适配合的每个类型熔断器最大可接受额定值可按用于  $I_q$  获得最大额定值的相同方法获得[根据所需配合类型(通常 2 型,见 A. 6),使用图 A. 4 所示方法选择类型 A 或类型 B 熔断体合适的额定值]。

为了上述目的,可按图 A. 6 所示方法,从熔断器制造厂给出的截断特性(用于类型 A 或类型 B)推导出熔断器截断曲线。为了评估  $I_r$ ,将导出的特性替代图 A. 4b) 和图 A. 4c),并且以图 A. 5 代替图 A. 4a)。

除了下述  $t_{eq}$  在本电流水平的可接受值为  $t_{eq} < 6\text{ ms}$  外, A. 4. 4 给出的补充指南适用于  $I_r$  试验。

注: 由于电流上升速率低于  $I_q$  电流,在经过较长的大于  $I_q$  电流所经历的延迟后,触头发生电动分离(接着再闭合)。

因此对电流“r”可接受的  $t_{eq}$  值大于对电流  $I_q$  可接受之值(见 A. 4. 4 中注 1)。

### A. 6 配合类型

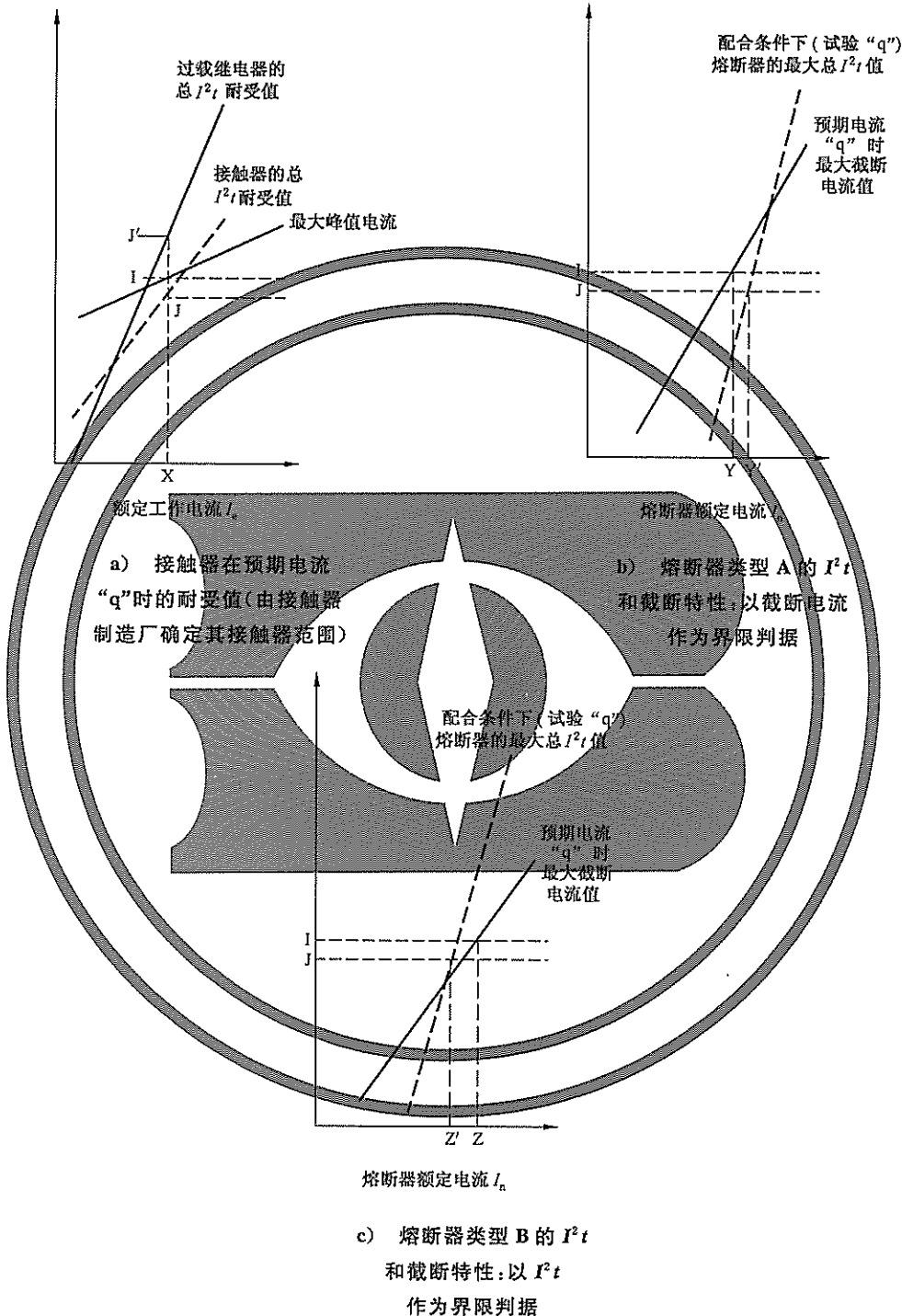
IEC 60947-4-1 将熔断器(SCPD)和电动机起动器之间的配合分为 1 型配合和 2 型配合。性能要求见表 A. 3。

表 A. 3 配合类型

性能要求	1 型	2 型
成功切断短路	是	是
人员不受伤害	是	是
导线和接线端子保持完整无损	是	是
对绝缘底座无造成移出带电部件的损害	是	是
不损害过载继电器或其他部件	非	是*
试验期间不允许更换部件(熔断器除外)	非	是
过载继电器脱扣特性无改变	非	是
试验后起动器绝缘水平良好	非	是

\* 允许触头有容易分离的熔焊。

通常按照 A.4、A.5 和 A.6 给出的指南能找到与电动机起动器达到 2 型配合(两种配合类型中更希望的一种)的合适熔断体。



注:纵坐标刻度:总  $I^2t$  值(单位为  $A^2s$ )和最大峰值电流或截断电流(单位为 kA)全部以同样刻度绘制。

图 A.4 选择用于额定值  $I_n = X$  安培的接触器后备保护的熔断器最大额定电流的方法图解

方法:从图 A.4a)中查得额定值为  $I_n = X(A)$  的接触器  $I^2t$  耐受值为  $J(A^2s)$ ,而过载继电器为  $J'(A^2s)$ 。 $J'$  大于  $J$ 。因此取最小值  $J(A^2s)$ 。 $I_n = X(A)$  的接触器峰值电流耐受值即为  $I(kA)$ 。

图 A.4a)右边熔断器类型 A[图 A.4b)]和熔断器类型 B[图 A.4c)]在预期电流“q”时测得的  $I^2t$  和

截断特性以图 A. 4a)相同刻度进行绘制。

对于类型 A 熔断器,额定值为  $Y(A)$ 的熔断器截断电流为  $I(kA)$ ,额定电流值为  $Y'(A)$ 的熔断器总  $I^2t$  为  $J(A^2s)$ 。应选择这些额定值的较低值。 $Y' > Y$ ,因此能提供适当保护的类型 A 熔断器的最大额定值是  $Y(A)$ 。

对于类型 B 熔断器,额定值为  $Z(A)$ 的熔断器截断电流为  $I(kA)$ ,额定电流值为  $Z'(A)$ 的熔断器总  $I^2t$  为  $J(A^2s)$ 。应选择这些额定值的较低值。 $Z > Z'$ ,因此能提供适当保护的类型 B 熔断器的最大额定值是  $Z'(A)$ 。

注:本技术给出了用于  $I_q$  配合的最大额定值。此额定值是否也提供适合于  $I_{\infty}$  和  $I_r$  的配合,宜进行核实。

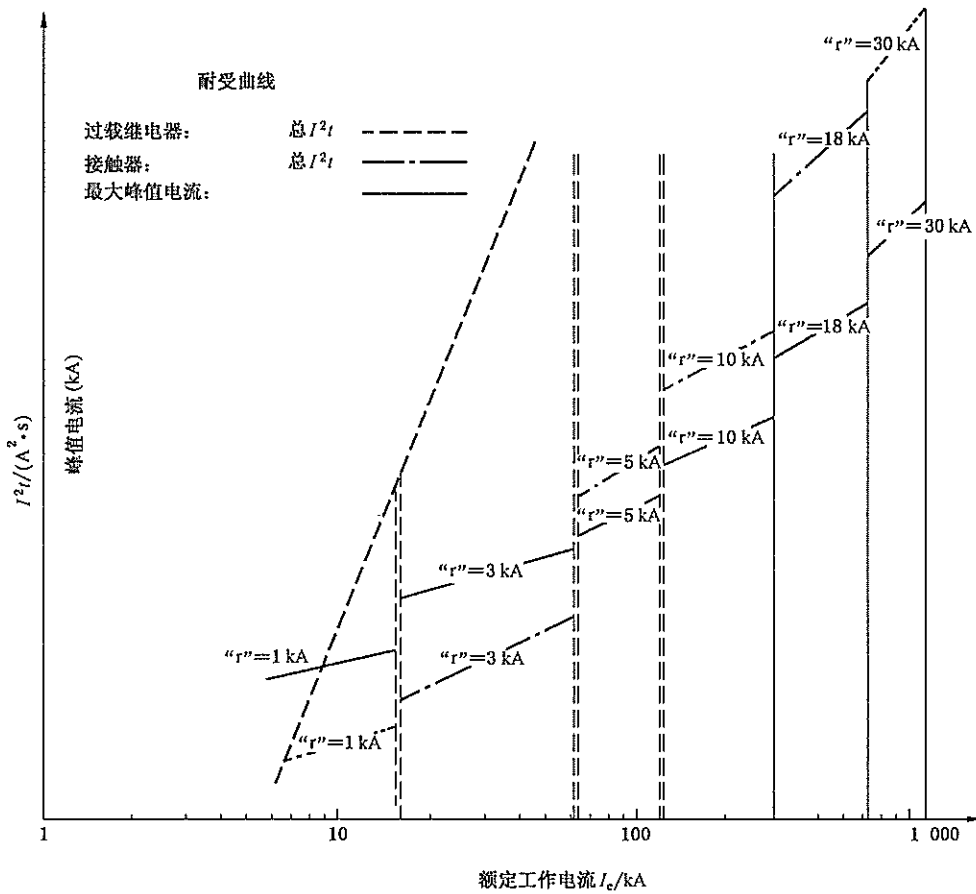
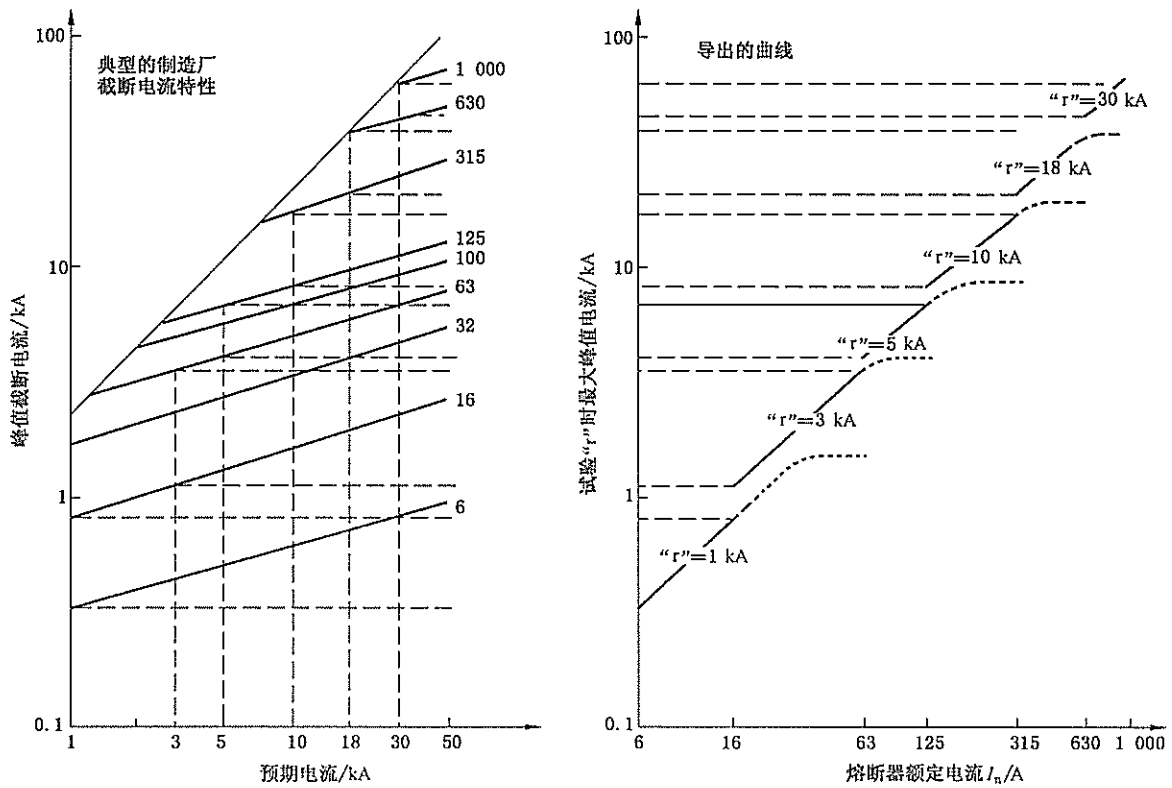


图 A. 5 在试验电流“r”时一系列接触器和相连过载继电器的耐受能力

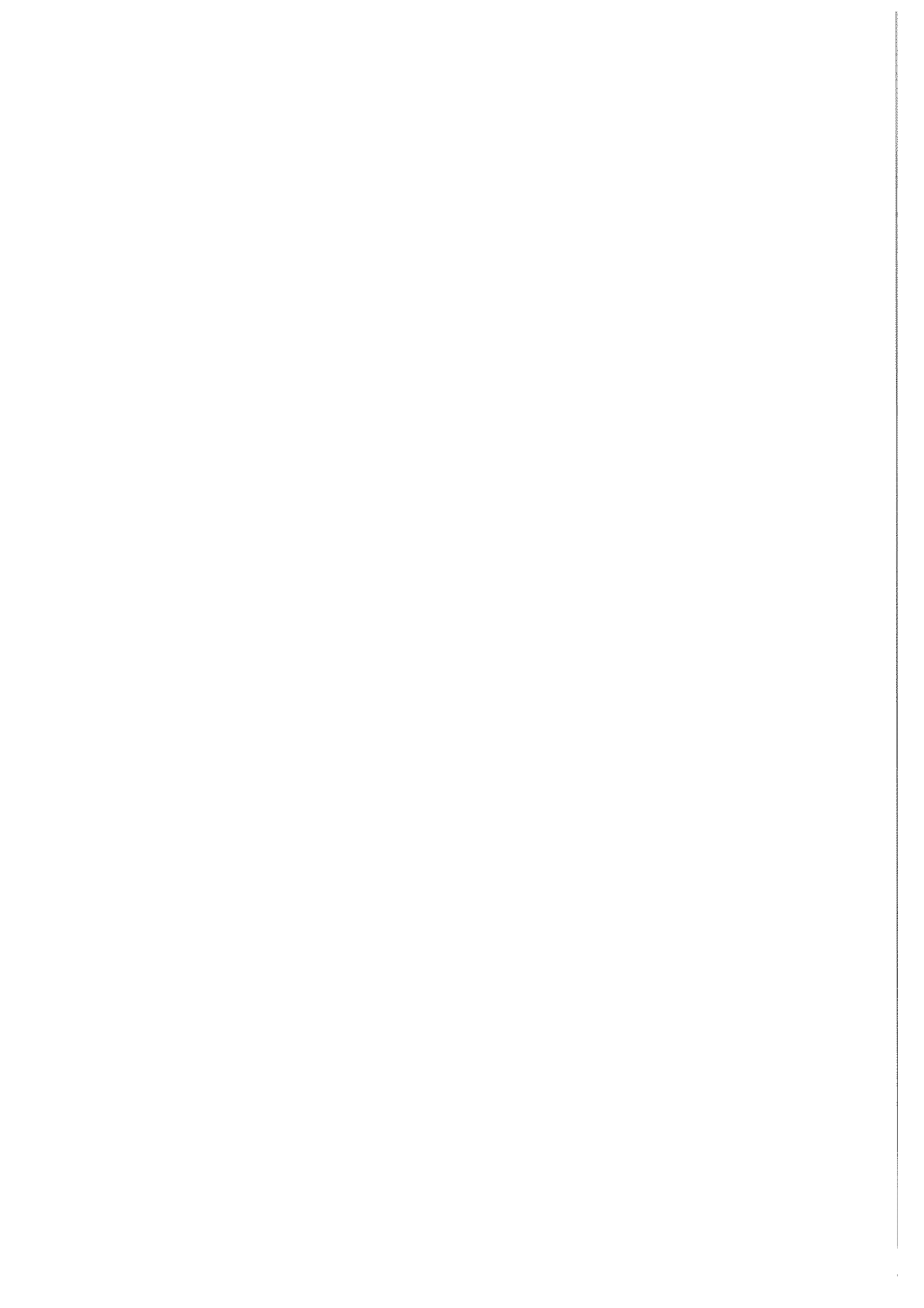


- 注 1: 这些值是最大值。由于接触器及其过载继电器的阻抗,实际峰值电流将为较低值。
- 注 2: 通常使用比用于试验电流“r”低的功率因数得到典型的截断特性。对 1 kA、3 kA 或 5 kA 的试验电流“r”其值可能有必要进行修正(在一些情况中,高的功率因数条件下截断电流高出正常值达 20%)。
- 注 3: 较大额定值的最大峰值电流不可能超过在规定功率因数条件下的预期电流的最大不对称峰值(因此在位于最大不对称峰值处此导出曲线恒定不变)。
- 注 4: 可用图 A.4 所示的相同方式使用这些导出的曲线。

图 A.6 作为熔断器额定电流函数、在试验电流“r”时导出最大峰值电流曲线的方法图解

参 考 文 献

- [1] IEC 60050-442, International Electrotechnical Vocabulary (IEV)—Chapter 442: Electrical accessories
  - [2] IEC 60050-448, International Electrotechnical Vocabulary (IEV)—Chapter 448: Power system protection
  - [3] IEC/TR 61912-2, Low-voltage switchgear and controlgear—Over-current protective devices—Part 2: Selectivity under over-current conditions
-



中 华 人 民 共 和 国  
国 家 标 准  
低 压 熔 断 器  
第 5 部 分：低 压 熔 断 器 应 用 指 南  
GB/T 13539.5—2013/IEC/TR 60269-5:2010

\*

中国标准出版社出版发行  
北京市朝阳区和平里西街甲2号(100013)  
北京市西城区三里河北街16号(100045)

网址 [www.spc.net.cn](http://www.spc.net.cn)

总编室:(010)64275323 发行中心:(010)51780235

读者服务部:(010)68523946

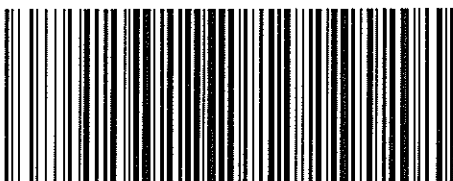
中国标准出版社秦皇岛印刷厂印刷  
各地新华书店经销

\*

开本 880×1230 1/16 印张 3 字数 80 千字  
2013年6月第一版 2013年6月第一次印刷

\*

书号: 155066·1-47242 定价 42.00 元



GB/T 13539.5-2013

如有印装差错 由本社发行中心调换  
版权专有 侵权必究  
举报电话:(010)68510107