



中华人民共和国国家标准

GB/T 13539.5—2020/IEC/TR 60269-5:2014
代替 GB/T 13539.5—2013

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 60269-5:2014, IDT)

2020-11-19 发布

2021-06-01 实施

国家市场监督管理总局
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	3
5 熔断器的结构和动作	4
6 熔断器组合电器	9
7 熔断器的选择和标志	11
8 导线保护	12
9 保护电器的选择性	15
10 短路保护	20
11 功率因数补偿电容器的保护	21
12 变压器保护	22
13 电动机电路保护	23
14 交流和直流电路中的断路器保护	25
15 直流与交流电路中的半导体设备保护	26
16 外壳内的熔断器	27
17 直流应用	27
18 建筑物装置电击防护的自动切断	29
19 光伏(PV)系统保护	31
20 风力发电系统保护	33
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	34
参考文献	43

前 言

GB/T 13539《低压熔断器》由以下部分组成：

- 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 K；
- 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/T 13539 的第5部分。

本部分按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本部分代替 GB/T 13539.5—2013《低压熔断器 第5部分：低压熔断器应用指南》，与 GB/T 13539.5—2013 相比，主要技术变化如下：

- 增加了新的定义“单断点”和“双断点”，以及具有这两种形式的组合电器的符号（见 3.4.1、3.5.1、第6章）；
- 增加了“高水平能效”和“具有优秀的人员及设备保护以防弧闪”两项优点（见第4章）；
- 增加了 5.3.4“熔断体弧前时间-电流特性”（见 5.3.4）；
- 增加了 5.3.5“熔断器在海拔高于 2 000 m 处的动作”（见 5.3.5）；
- 增加了交流熔断体在额定电压 1 000 V 时的最大工作电压值（见表 4）；
- 增加了表 5“直流熔断体的典型工作电压额定值”（见第7章）；
- 增加了使用类别 gU、gK 和 gPV 及相应的导线保护选用方法，并在 gG 熔断体选用方法中引入了公式“ $I_t \leq 1.45 I_z$ ”和图 6“用于熔断体选用的电流”（见第8章）；
- 增加了表 6“功率因数补偿电容器保护用熔断器的选择”中额定电压为 1 kV 的功率因数补偿电容器对 1 500 V 熔断器的选型参数（见第11章）；
- 增加了电动机电路保护用熔断体选用方法中对交点电流 I_{∞} 的限制要求，即低于接触器和过载继电器触头的电动耐受电流（见 13.4）；
- 增加了用于保护半导体设备的部分范围熔断体和全范围熔断体的补充信息，包括对整流器保护用 aR 熔断体的介绍、gR 和 gS 熔断体的动作要求，并增加了直流电路半导体设备用熔断器的选用方法（第15章）；
- 增加了直流应用中对直流电源的概述（见 17.1）；
- 增加了第19章“光伏(PV)系统保护”（见第19章）；
- 增加了第20章“风力发电系统保护”（见第20章）。

本部分使用翻译法等同采用 IEC/TR 60269-5:2014《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/T 2900(所有部分) 电工术语[IEC 60050(所有部分)]
- GB/T 13539.1—2015 低压熔断器 第1部分：基本要求(IEC 60269-1:2009, IDT)
- GB/T 13539.2—2015 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 K(IEC 60269-2:2013,IDT);
- GB/T 13539.3—2017 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 60269-3:2013,IDT);
- GB/T 13539.4—2016 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 60269-4:2012,IDT);
- GB/T 13539.6—2013 低压熔断器 第 6 部分:太阳能光伏系统保护用熔断体的补充要求(IEC 60269-6:2010,IDT);
- GB/T 14048.3—2017 低压开关设备和控制设备 第 3 部分:开关、隔离器、隔离开关及熔断器组合电器(IEC 60947-3:2015,IDT);
- GB/T 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,MOD);
- GB/T 16895.6—2014 低压电气装置 第 5-52 部分:电气设备的选择和安装 布线系统(IEC 60364-5-52:2009,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)。

本部分做了下列编辑性修改:

- 在 5.3.4 中增加注,便于对标准的理解;
- 将 8.2 和图 6 中的 I_2 改为 I_t ,图 6“用于熔断体选用的电流”中右箭头处的“ $1.15I_z$ ”改为“ $1.45I_z$ ”,增加注说明“对于熔断器来说,约定脱扣电流称为约定熔断电流”。

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。

本部分起草单位:上海电器科学研究院、好利来(厦门)电路保护科技有限公司、西安中熔电气股份有限公司、浙江正泰电器股份有限公司、温州三实电器有限公司。

本部分主要起草人:栗惠、林文渊、石晓光、卞新斌、黄旭雄。

本部分所代替标准的历次版本发布情况为:

- GB/T 13539.5—2013。

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，过电流引起的停工和对受损设备的维修可能造成巨大的经济损失。

现在，熔断器已经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/T 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如何便捷地用于保护现代复杂且敏感的电气和电子设备。本部分适用于按照 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。

GB/T 16895.5—2012 低压电气装置 第 4-43 部分:安全防护 过电流保护(IEC 60364-4-43:2008,IDT)

GB/T 16895.21—2011 低压电气装置 第 4-41 部分:安全防护 电击防护(IEC 60364-4-41:2005,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)

IEC 60050(所有部分) 国际电工术语(International Electrotechnical Vocabulary)

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 60269-1:2006 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 K[Low-voltage fuses—Part 2: Supplementary requirements for fuses for use by authorized persons(fuses mainly for industrial application)—Examples of standardized systems of fuses A to K]

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(主要用于家用及类似用途的熔断器) 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 or similar applications)—Examples of standardized systems of fuses A to F]

IEC 60269-4:2009 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(Low-voltage fuses—Part 4: Supplementary requirements for fuse-links for the protection of semiconductor devices)

IEC 60269-6 低压熔断器 第 6 部分:太阳能光伏系统保护用熔断体的补充要求(Low-voltage fuses—Part 6: Supplementary requirements for fuse-links for the protection of solar photovoltaic energy systems)

IEC 60364-5-52 低压电气装置 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 60947(所有部分) 低压开关设备和控制设备(Low-voltage switchgear and controlgear)

IEC 60947-3:2008 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 60947-4-1:2009 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)(Low-voltage switchgear and controlgear—Part 4-1: Contactors and motor-starters—Electromechanical contactors and motor-starters)

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, 定义 441-14-10]

3.2

隔离器 disconnecter

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1:一些隔离器不能开关负载。

注2:改写 IEC 60050-441:1984, 定义 441-14-05。

3.3

熔断器组合电器 fuse-combination unit

由制造商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。

注:改写 IEC 60050-441:1984, 定义 441-14-04。

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, 定义 441-14-14]

3.4.1

单断点和双断点 single-break and double-break

开关熔断器组为单断点(在熔断体的一侧断开电路)或双断点(在熔断体的两侧断开电路)。

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, 定义 441-14-17]

3.5.1

单断点和双断点 single-break and double-break

熔断器式开关为单断点(在熔断体的一侧断开电路)或双断点(在熔断体的两侧断开电路)。

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 1: 开关电器可以完成上述操作中的一种或两种。

注 2: 改写 IEC 60050-441:1984, 定义 441-14-01。

3.7

短路保护电器 short-circuit protective device;SCPD

通过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

预期在被保护区域内出现过载情况时进行动作的保护。

[GB/T 2900.49—2004, 定义 448-14-31]

3.9

过载 overload

产生过电流但未引起电气损伤的电路运行条件。

[IEC 60050-441:1984, 定义 441-11-08]

3.10

过电流 overcurrent

超过额定电流的电流。

[GB/T 2900.70—2008, 定义 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,受短路保护电器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。

注 1: 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”,表达在给定的过电流范围内,一个过电流电器优先于另一个串联的过电流电器动作的能力。此外还考虑了过载区域内稳态负载电流对选择性的影响。

注 2: 改写 GB/T 2900.49—2004, 定义 448-11-06。

4 熔断器优点

通过保护电路及其元件,限流熔断器对过电流影响提供完整保护。熔断器具有下列优点:

- 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) 便捷且价廉的系统扩展(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:

无移动部件磨损或受灰尘、油或腐蚀物等污染。熔断器的更换保证了更换后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、高水平的过电流保护。
- h) 不损害起动器和接触器(根据 IEC 60947-4-1:2009 的 2 型保护)：
熔断器适用于 2 型保护,通过限制短路能量和峰值电流至极低水平,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动作速度有效地限制了故障处的弧闪危险。
- j) 容易配合：
标准化的熔断器特性和高限流等级保证了熔断器与其他电器之间的有效配合。
- k) 标准化的性能：
根据 IEC 60269 系列设计和制造的熔断体保证了全球范围内使用标准化产品更换的适用性。
- l) 改进电网质量：
限流熔断器在几个毫秒内切断高的故障电流,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,因此确保了熔断器的性能保持不变,防止误操作。
- n) 无需维护：
尺码合适的熔断器不需要维护、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。
- o) 高效：
与其他保护电器相比,熔断器的电阻及其耗散功率极低。熔断器的功耗与由额定电流传递的功率相比,前者远小于后者的 0.1%。
- p) 发生弧闪时对人员和设备的保护性优越：
当电弧故障发生时,尺码恰当的限流熔断器在其限流范围内能在几个毫秒内切断电流,有效地将电弧能量保持在危险及破坏等级之下。

5 熔断器的结构和动作

5.1 元件

熔断器是包含了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。

这些元件可组装在一个熔断器组合单元内。

5.2 熔断器结构

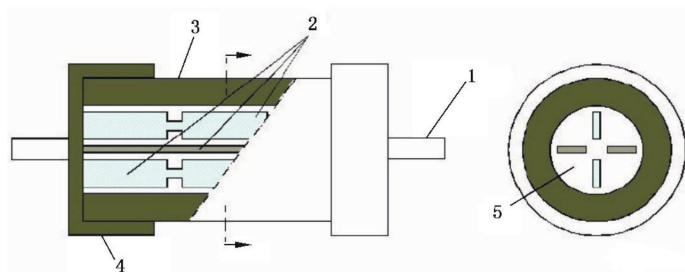
5.2.1 熔断体

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)设计的熔断体的额定电流最大至 6 000 A。

根据 IEC 60269-3(家用熔断器)设计的熔断体的额定电流最大至 100 A。

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重点,一般通过精密冲切的方式制成。

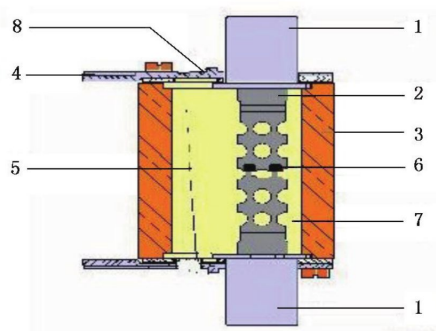
为了使熔断器在过载范围内的动作可控,在熔体上添加 M 效应(见 5.3.3)材料。熔体材料的纯度和尺寸精确度对熔断器可靠运行至关重要。



说明:

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

图 1 符合 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 符合 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气连接。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

熔断器底座配有连接熔断体的相应触头、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)可确保在规定的的安全准则下更换带电系统内的熔断体。它们由绝缘材料制成,并作为安全工具进行必需的试验。某些系统的载熔件是熔断器支持件的组成部件,不需要外部的更换手柄。

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 短路情况下的熔断器动作

短路期间,所有狭颈(缺口)同时熔化,形成了与熔体狭颈数量相同的一系列电弧。所产生的电弧电压能够使电流迅速减小,并强制降为零。该动作称作“限流”。

熔断器动作分为两个阶段[见图 3a)和图 3b)]:

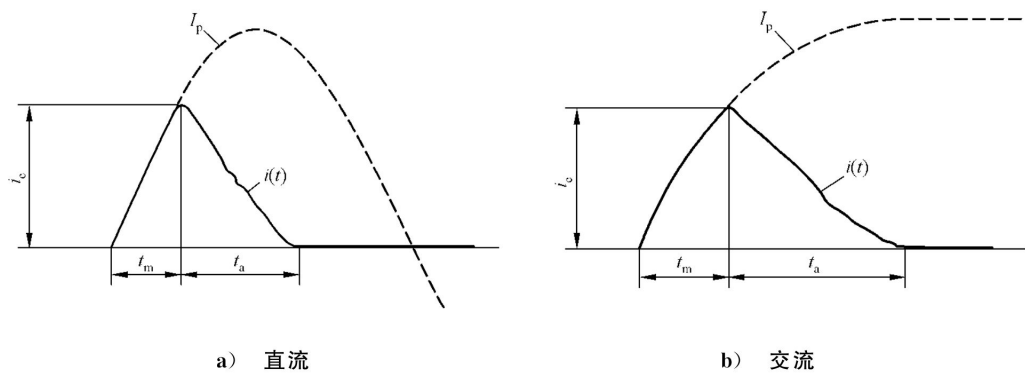
——弧前(熔化)阶段(t_m):狭颈(缺口)发热至熔点,且伴随材料汽化;

——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 展示了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”材料熔化，在熔体的缺口处形成电弧。围绕熔体的填料（通常为干净石英砂）快速熄灭电弧，并强制电流降为零。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 4a)和图 4b)]：

- 弧前(熔化)阶段(t_m)：熔体发热至含 M 效应材料部分的熔点。典型的弧前时间长于数毫秒，并且与过载电流的大小成反比。低水平的过载形成更长的弧前时间，从数秒至数小时不等；
- 燃弧阶段(t_a)：电弧在 M 效应材料处产生，随后被填料熄灭。燃弧时间取决于动作电压。
- 两个阶段形成了熔断器熔断时间($t_m + t_a$)。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，虽然弧前 I^2t 值非常高，但它几乎不提供有用的应用数据。如果弧前时间大于数个周期或数个时间常数，则弧前时间是优先测量值。在此情况下，与弧前时间相比，燃弧时间可忽略。

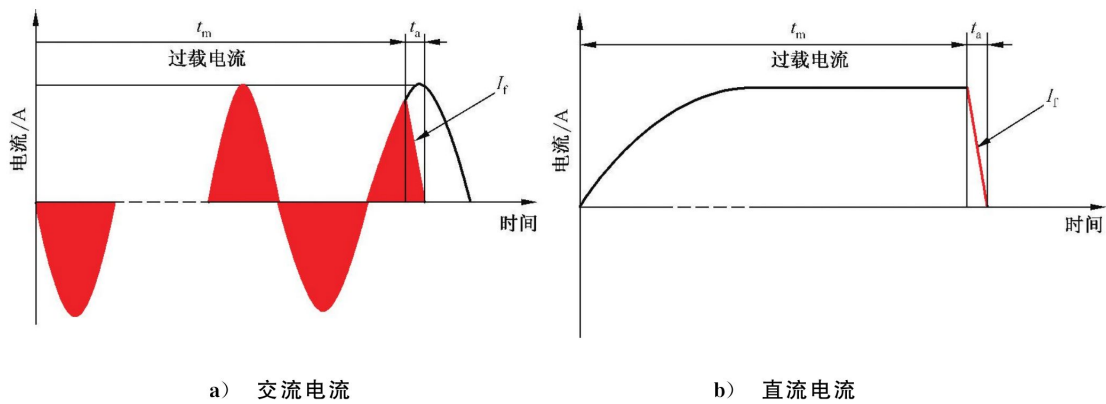
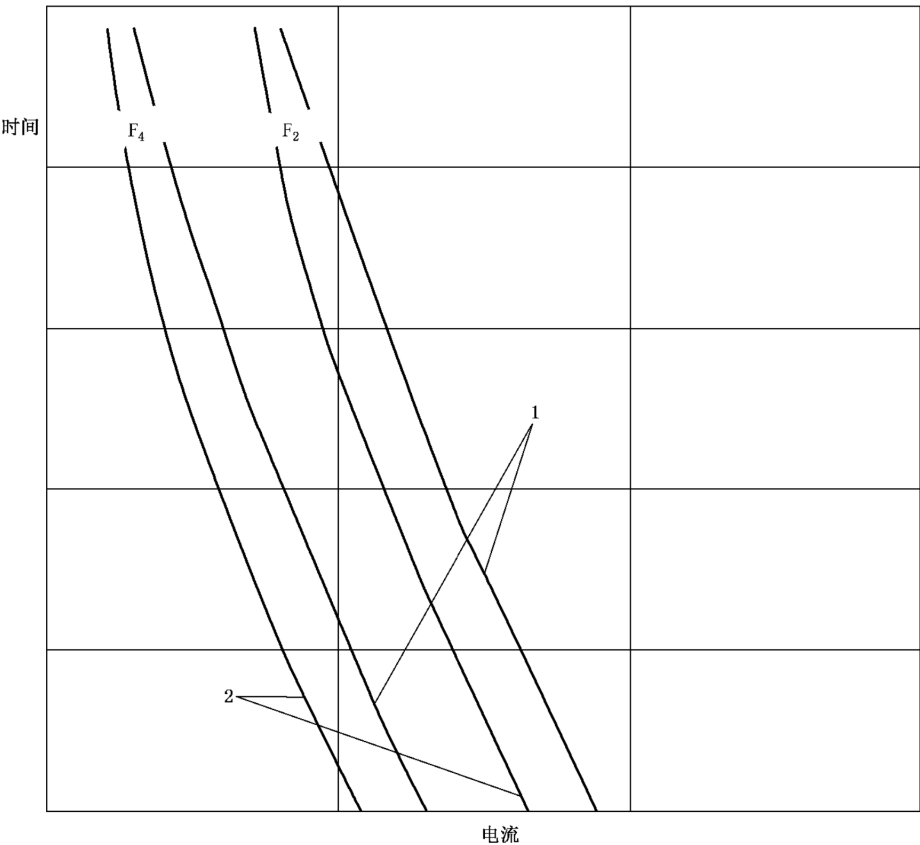


图 4 过载时熔断器动作

5.3.4 熔断体的弧前时间-电流特性

熔断体的熔化时间也称为“弧前”时间。熔断体的时间-电流特性具有明显的反比关系(电流越高,弧前时间越短),如图 5 所示。这使得熔断体在高电流情况下的弧前时间极短(无限)。这也是熔断器在很长一段时间内被广泛应用的原因。

注:熔断器的时间-电流特性一般基于 20 ℃ 周围空气温度条件确定,如果在更高的周围空气温度下使用或一个外壳中使用了多个熔断器的情况,可向制造商咨询关于降容的要求。



说明:
1——最大熔断时间;
2——最小弧前时间。

图 5 熔断体的时间-电流特性

5.3.5 海拔超过 2 000 m 处熔断器的动作

在海拔不超过 2 000 m 处,低压熔断体可以承载额定电流而不需要降容。相关内容在 IEC 60269-1:2006 中 3.2 已有规定。

熔断器和电缆的载流能力会受周围冷却空气影响,载流能力随气压下降而降低。这一现象可近似描述如下:

随着空气密度减小,熔断体的热对流降低,当海拔超过 2 000 m 时,每超过 100 m 要求 0.5% 的降容系数(见表 1)。

用公式表述为:

$$\frac{I}{I_n} = 1 - \frac{h - 2\,000}{100} \times \frac{0.5}{100}$$

式中：

I ——在海拔 h 处的最大载流能力；

I_n ——不超过 2 000 m 处的额定电流；

h ——海拔,单位为米(m)。

表 1 不同海拔的降容系数

海拔 h m	降容系数 I / I_n
2 000	1.000
2 500	0.975
3 000	0.950
3 500	0.925
4 000	0.900
4 500	0.875
5 000	0.850

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通断功能组合在一个单元内。熔断器组合电器的规定见 IEC 60947-3:2008 中的表 2。

有两种不同类型的熔断器组合电器：




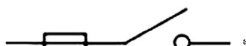
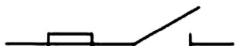
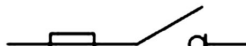
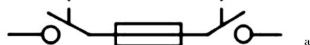
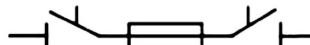




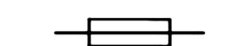
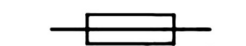
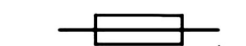
- 开关熔断器组和隔离开关熔断器组是与熔断体串联的开关,通常是与操作人员无关的带手操装置的电器(速动)；
- 熔断器式隔离器和熔断器式隔离开关其熔断体本身作为电器的移动部件,通常是与操作人员有关的带手操装置的电器。

相关定义见 IEC 60947-3:2008 或 IEC 60050-441:1984。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)。

根据这些基本定义,可组成表 2 所示的多种电器。

表 2 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 	隔离器 	隔离开关 
熔断器组合电器		
开关熔断器组 单断点 	隔离器熔断器组 单断点 	隔离开关熔断器组 单断点 
开关熔断器组 双断点 	隔离器熔断器组 双断点 	隔离开关熔断器组 双断点 
熔断器式开关 单断点 	熔断器式隔离器 ^b 单断点 	熔断器式隔离开关 ^b 单断点 
熔断器式开关 双断点 	熔断器式隔离器 ^b 双断点 	熔断器式隔离开关 ^b 双断点 
显示为单断点的设备可以为双断点。 注：符号依据 IEC 60617-7。		
^a 熔断器可以在设备触头的任意一侧或在这些触头之间的固定位置。 ^b 电源和负载接线端子间的隔离仅能通过试验来验证。		

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 60947-3:2008 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。

大多数将熔断器作为组合部件的熔断器组合电器均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:

- 带载通断;
- 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保护。

7 熔断器的选择和标志

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

- 系统电压(工作电压);
- 频率(直流应用见第 17 章);
- 预期短路电流;
- 满载电流(工作电流)。

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情况下安全使用。

熔断器的选择应考虑时间-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 系列及其各种熔断器系统规定了熔断器的时间-电流特性的门限和分断范围,如表 3 所示:

表 3 熔断器应用

使用类别	应用(特性)	分断范围
gG, gK	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	北美一般用途导线保护	全范围
gD	北美一般用途延时	全范围
gPV	光伏(PV)保护	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	一般用途导线保护	全范围
gL, gF, gI, gII	以前的一般用途熔断器(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:

- 制造商名称或商标;
- 制造商识别标记,借此能获得任何其他信息;
- 额定电压,交流和/或直流(见表 4 和表 5);
- 额定电流;
- 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3);

——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,需要分别标志。

熔断器可在表4和表5规定的最大电压下工作。

表4 交流熔断体最大工作电压

使用类别	额定电压 $V_{\text{交流}}$	最大工作电压 $V_{\text{交流}}$
gG, gM, aR ^{a, b} , aM, gR ^{a, b} , gS ^{a, b} , gU, gK	230	253
	400	440
	500	550
	690	725
	1 000	1 100
gN ^a , gD ^a	600	600
^a 对于北美熔断体系统,最大工作电压等于额定电压。 ^b 根据应用情况,也可使用其他额定电压。		

表5 直流熔断体的典型工作电压额定值

使用类别	典型直流额定电压	典型直流最大工作电压	时间常数
gG, gM, gU, gK	最大至 500 V	超过标记额定值+10%	15 ms~20 ms
gN, gD	最大至 500 V	超过标记额定值+0% ^a	10 ms~15 ms
aR, gR, gS	最大至 1 500 V ^b	超过标记额定值+5% ^a	15 ms~20 ms
VSI(逆变器额定值)	最大至 1 500 V ^b	超过标记额定值+10% ^a	1 ms~3 ms
gPV	最大至 1 500 V ^b	超过标记额定值+0% ^a	1 ms~3 ms
^a 对于北美熔断体系统,最大工作电压等于额定电压。 ^b 根据应用情况,也可使用其他额定电压。			

熔断体的额定电压宜作为应用该熔断体的系统的最大电压。标准中规定的试验电压是考虑了系统的允许偏差后确定的高于额定电压一定百分比的值,同时也为符合标准的产品提供了一定的安全系数。

8 导线保护

8.1 概述

根据 GB/T 16895.5—2012 的规定,熔断体广泛用于导线保护。

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

——使用类别 gG 见 8.2;

- 使用类别 gN 和 gD(北美) 见 8.3;
- 使用类别 gR 和 gS(半导体保护) 见 8.4;
- 使用类别 gU 见 8.5;
- 使用类别 gK 见 8.6;
- 使用类别 gPV 见 8.7。

GB/T 16895.5—2012 要求每条电路的设计应确保不可能发生长时间的小过载电流。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,连接的老化和劣变会很快增加。

注意:不应将过载保护电器作为负载限制电器使用。熔断体在超出其额定电流的电路中连续运行可能产生过热和误动作。

在一些应用场合中,熔断体仅提供短路保护。在这种情况下,应有其他措施提供过载保护。仅提供短路保护的应用指南见 8.5 和第 13 章。

8.2 使用类别 gG

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。

按下述步骤可以轻松选择合适的熔断体:

- a) 选择熔断体的最大工作电压(见表 4),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:

$$I_B \leq I_n \leq I_Z$$

$$I_t \leq 1.45 \cdot I_Z$$

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;

I_t ——约定脱扣电流[GB/T 2900.70—2008,定义 442-05-55],见图 6。

注:对于熔断器来说,约定脱扣电流称为约定熔断电流。

对于 gG 熔断器,(根据 IEC 的安装规范) $I_t = 1.45 \cdot I_n$

当根据上述规定选择熔断体时,时间-电流特性曲线的形状保证了导线在高过电流情况下得到适当的保护。

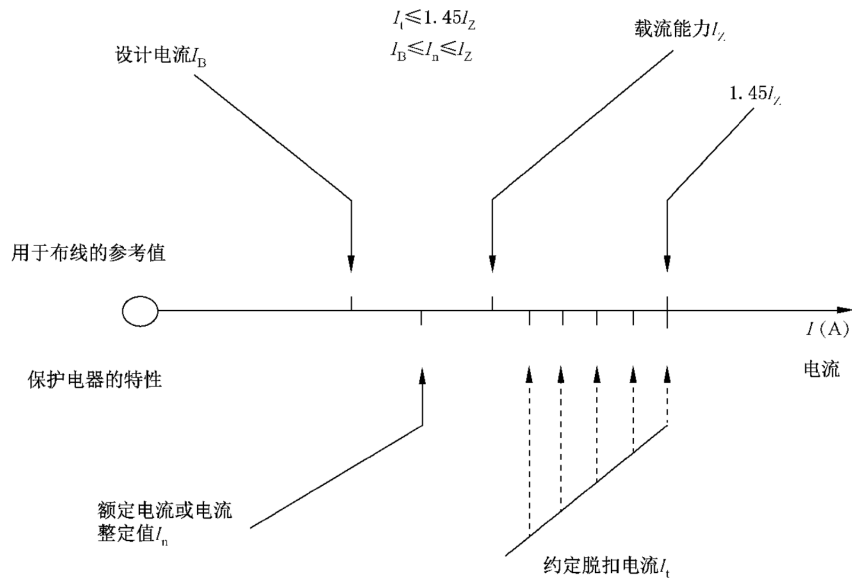


图 6 用于熔断体选择的电流

8.3 使用类别 gN 和 gD

采用北美布线规定的保护导线用熔断器选择要求：

- 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(连续工作 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与导线载流量一致的标准的熔断器电流等级。对于小于 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,以保证不会损伤导线。

8.4 使用类别 gR 和 gS

保护半导体设备的熔断体根据 IEC 60269-4:2009 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 使用类别 gU

与 gG 相同,gU 熔断体主要用于电缆保护,但其性能更适合用于电源设施。电缆保护用熔断体的选择程序与 8.2 所述相同。

8.6 使用类别 gK

与 gG 相同, gK 熔断体主要用于电缆保护,但其电流额定值范围最大至 4 800 A。该类熔断体具有较高的限流能力和极低的截断电流特性。电缆保护用熔断体选择程序与 8.2 所述相同。

8.7 使用类别 gPV

太阳能光伏系统保护用的熔断体相关要求见 IEC 60269-6。该类熔断体用于过载保护和隔离光伏组件串、方阵及子方阵。

8.8 仅用于短路电流的保护

为了保证协调,对导线提供后备或短路保护的熔断体,其允通 I^2t 值一定要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 的情况,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(mm^2); 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 GB/T 16895.5—2012 中表 43A。

9 保护电器的选择性

9.1 概述

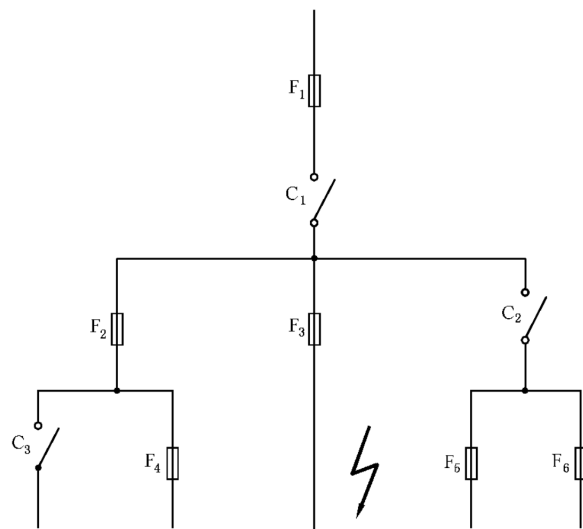
保护电器的选择性对于低压装置的设计很重要。选择性的目的是将故障影响降低至最低程度。仅故障电路被断开,而其他电路保持运行。如果故障被位于离故障最近的上级保护电器断开而其他保护电器未发生动作,则达到了选择性目的。

下面的解释适用于最普遍的应用(即辐射型电网)场合。

图 7 的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	\Rightarrow 见 9.2
F_1 和 F_3 之间	\Rightarrow 见 9.2
C_1 和 F_3 之间	\Rightarrow 见 9.3
C_2 和 F_5 、 F_6 之间	\Rightarrow 见 9.3
F_2 和 C_3 之间	\Rightarrow 见 9.4
F_1 和 C_1 之间	\Rightarrow 见第 14 章

研究保护电器之间选择性的主要工具是时间-电流特性和 I^2t 值。IEC 60269-2 的时间-电流特性仅适用于大于及等于 0.1 s 的时间范围。时间范围小于 0.1 s 的 I^2t 值应由制造商提供。



说明：
C —— 断路器；
F —— 熔断器。

图 7 选择性 常用电网图

9.2 熔断器之间的选择性

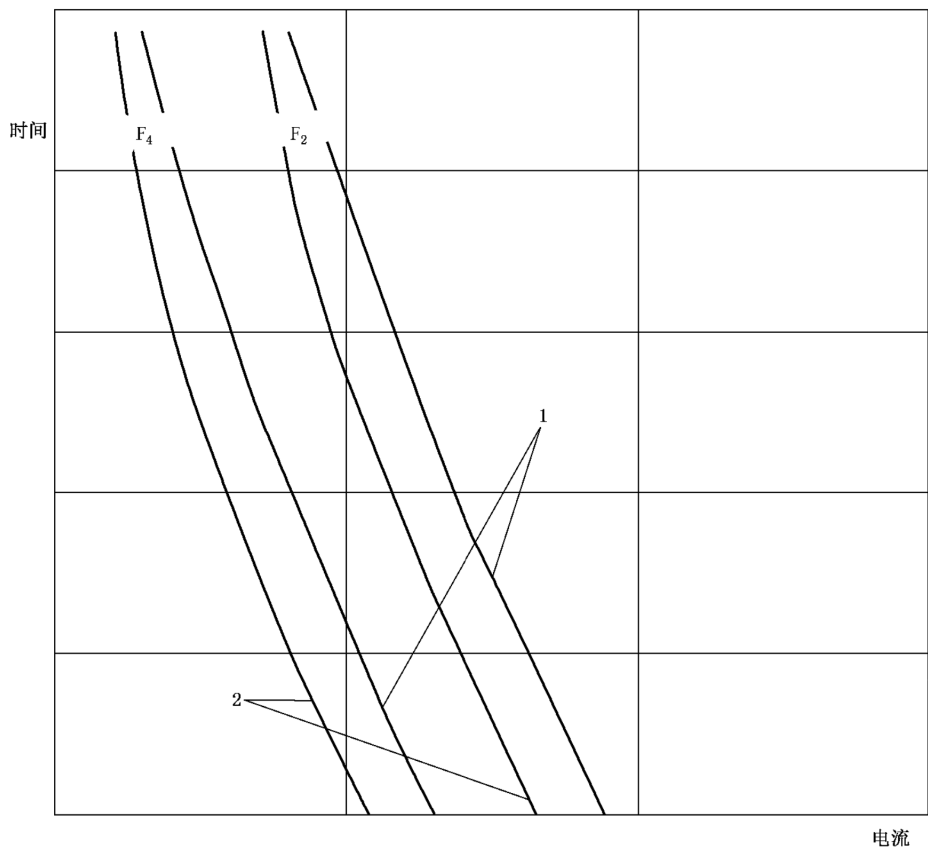
9.2.1 概述

当熔断时间 $\geq 0.1\text{ s}$ 时,熔断体之间的选择性通过时间-电流特性(见图 8)进行验证。当熔断时间 $< 0.1\text{ s}$ 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:熔断器制造商将提供额定电压下的熔断 I^2t 值,假定短路故障时的阻抗非常低。在实际使用中,考虑到故障时的阻抗及出现在熔断器两端的实际电压,熔断期间的允通 I^2t 值通常较低。

9.2.2 熔断时间 $\geq 0.1\text{ s}$ 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 8)。



说明：
1——最大熔断时间；
2——最小弧前时间。
当熔断体特性仅以一根曲线表示时，制造商宜规定误差。

图 8 熔断时间 ≥ 0.1 s 时，熔断器 F_2 和 F_4 之间的选择性验证

9.2.3 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 值应小于 F_2 的最小弧前 I^2t 值。

9.2.4 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 9.2.2 和 9.2.3 的全部规定。应通过审核制造商提供的时间-电流特性和 I^2t 值进行验证。

符合 IEC 60269-2 的相同类型的熔断器（如 gG），当额定电流 ≥ 16 A 时，如果其额定电流比为 1.6 : 1 或更高，则熔断器满足全选择性要求，用户不需另外进行验证。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 或更高，则认为满足全选择性要求。

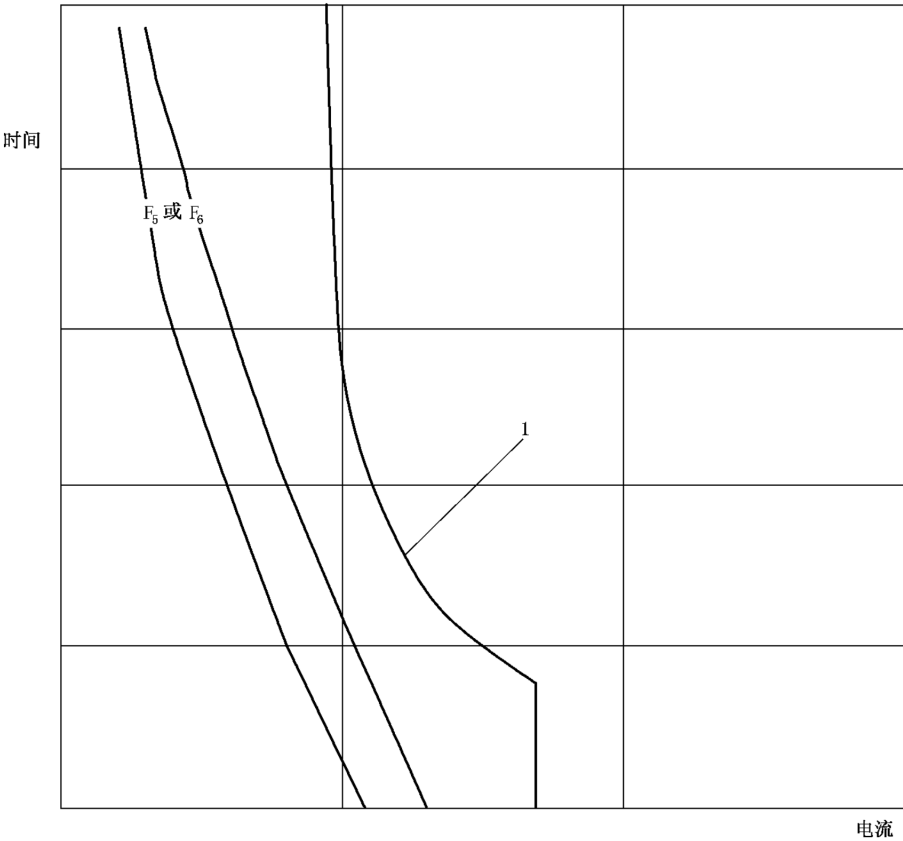
9.3 熔断器与上级断路器之间的选择性

9.3.1 概述

选择性通过对比时间-电流特性、 I^2t 值或通过试验进行验证。

9.3.2 熔断时间 $\geq 0.1\text{ s}$ 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 9)。



说明：
1—— C_2 的最小脱扣特性。

图 9 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 $< 0.1\text{ s}$ 时选择性验证

熔断器的熔断 I^2t 值要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-电流特性确定,对于瞬时脱扣,其数据一定要由制造商提供。

9.3.4 全选择性验证

为达到 C_2 和 F_5 或 F_6 之间的全选择性要求,应符合上述 9.3.2 和 9.3.3 的全部规定。
实际应用中,断路器制造商给出了断路器和所选熔断器之间的选择性表。此表格也适用于额定电流相当或较低的熔断器。

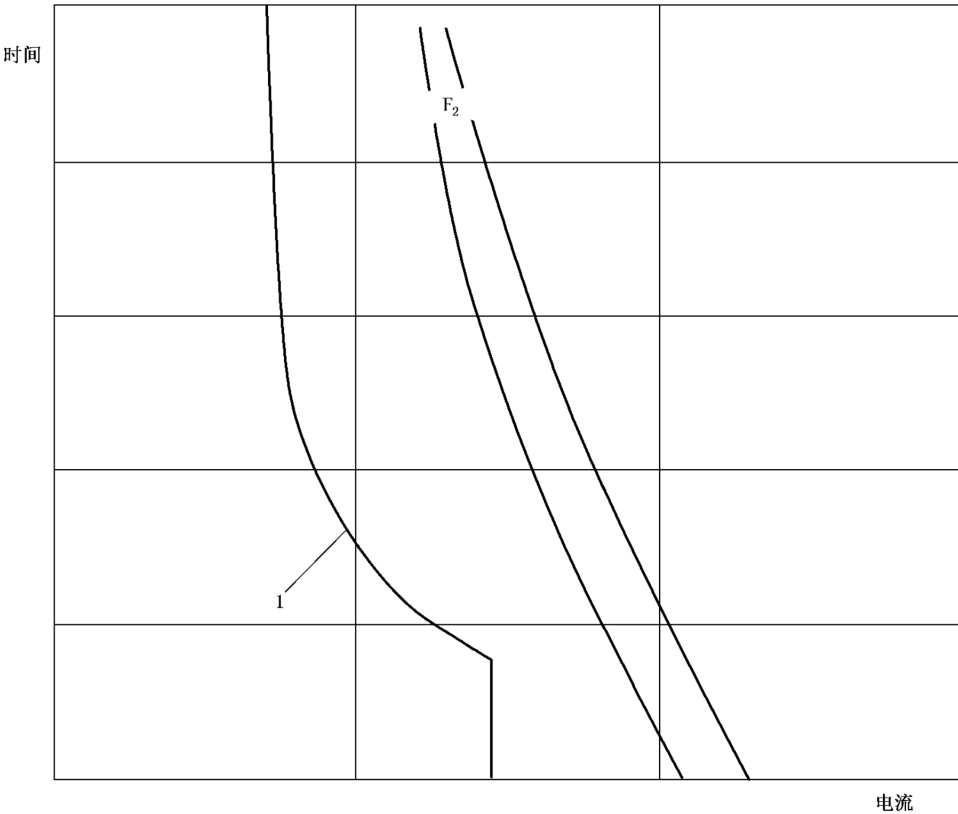
9.4 断路器与上级熔断器之间的选择性

9.4.1 概述

选择性通过对比时间-电流特性和 I^2t 值或通过试验进行验证。

9.4.2 熔断时间 $\geq 0.1\text{ s}$ 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 10)。



说明：
1—— C_3 脱扣特性。

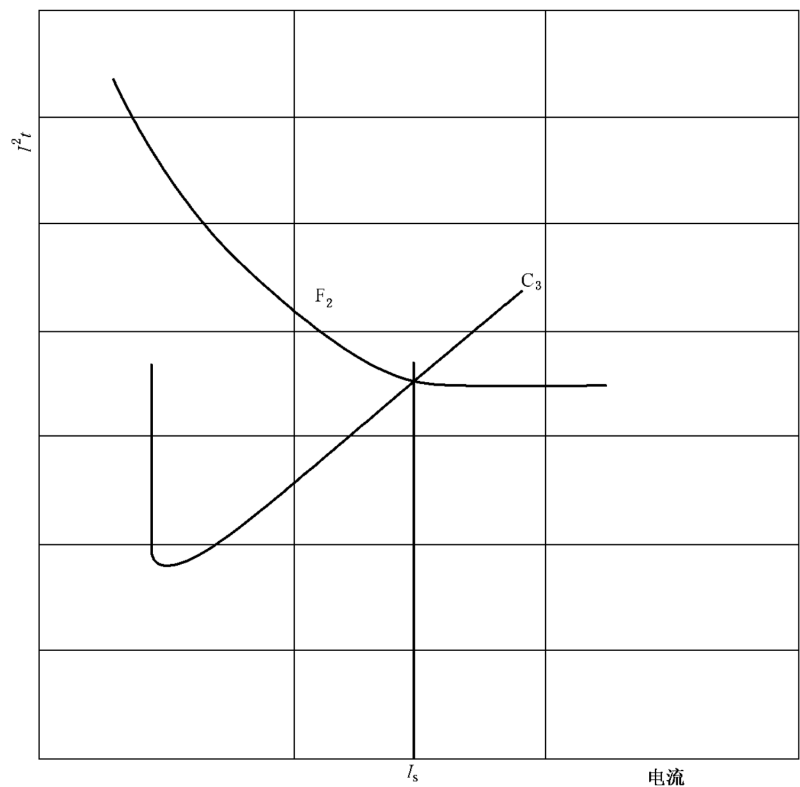
图 10 熔断时间 $t \geq 0.1\text{ s}$ 时,熔断器 F_2 和断路器 C_3 之间的选择性验证

9.4.3 熔断时间 $< 0.1\text{ s}$ 时选择性验证

熔断器的最小弧前 I^2t 值一定要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-电流特性确定,对于瞬时脱扣,其数据一定要由制造商提供。

9.4.4 全选择性验证

为达到 C_3 和 F_2 之间的全选择性要求,应符合 9.4.2 和 9.4.3 的全部规定。对低于 I_s (见图 11)的预期电流,可达到选择性要求。对高于 I_s 的预期电流,无法实现选择性。



说明：

I_s ——选择性极限电流。

图 11 熔断时间 $t < 0.1$ s 时,熔断器 F_2 和断路器 C_3 之间的选择性验证

10 短路保护

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,就会产生短路故障。低阻抗电流路径通常由绝缘击穿、机械损伤、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。通常连接阻抗很低,电流很高,由此对导线和绝缘系统会造成机械和热损伤。对导线的机械损伤由电磁力引起,通过吸引或排斥电路导线,使其弯曲,破坏绝缘系统。导线的热损伤由过热引起,过热损害了绝缘系统,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和电弧阻抗。通常导线的机械损伤和热损伤伴随着起弧处导线熔化和金属汽化。当存在电弧时,空气中发生金属汽化是非常危险的,将引起爆炸(喷弧)。爆炸的严重性取决于多个电路参数,但主要与电气能量的大小以及汽化的熔化材料的数量有关。

10.3 限流

由于熔断体自身的限流能力,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。如上所述,熔断体处在高电流水平时,可以很快熔化并分断电流(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个周波),熔断 I^2t 保持低值。低的 I_c 值、小于半个周波的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伤;
- 故障点处少量或无熔化或起弧现象;
- 极大地降低电弧能量水平,有效地抑制喷弧。

10.4 额定限制短路电流,额定分断能力

制造商对电气系统中的成套电器和元件规定了一个短路额定值,用于表征电器在其接线端子处将承受的最大允许预期短路电流,用电流和时间来表示。

此额定值通过试验确定。如果该电器含有或包括一个熔断体(熔断体作为该电器的组成部分),此额定值表示为 I_{cc} (即额定限制短路电流,见 GB/Z 25842.1—2010:2007 的第 5 章)。

限流熔断器通常用于具有高预期电流的电路,当用于成套电器或开关中时,熔断器为成套电器或开关提供高的 I_{cc} 额定值。安全运行要求这些电器或成套电器的 I_{cc} 额定值一定要等于或高于系统的预期短路电流,所以上述特性使得这些电器或成套电器用途更加广泛。

11 功率因数补偿电容器的保护

IEC 60269-1:2006 和 IEC 60269-2 对用于主要由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、使用类别为 gG 和 gN 的熔断器作为功率因数补偿电容器的短路保护多年来已经过了良好的工程实践。

为了可靠地保护电容器,gG 和 gN 熔断器需要考虑下述因素选择熔断体:

- 高达 100 倍电容器额定电流的高涌入电流;
- 1.5 倍电容器额定电流的连续工作电流(包括谐波);
- 在低负载期间工作电压增至 1.2 倍,历时 5 min;
- 工作电压波动至 1.1 倍,历时 8 h;
- 电容(随之引起工作电流变化)允差 +15%。

正确选择熔断体额定电流可以使得:

- 涌入电流不会熔化或劣化熔体;
- 可能出现的过电流不会导致熔断体过早动作。

gG 和 gN 熔断器的额定电流选择为电容器单元或电容器组的额定电流的 1.6 倍至 1.8 倍。在此情况下,熔断器为电容器提供可靠的短路保护。如需要过载保护,一定要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保护的熔断器其额定电流和额定电压取加大值。尤其是对于具有较高涌入电流(与它们的额定电流相比)的小电容器单元来说更是如此。

注:连接电缆的截面积根据熔断器额定电流选择(见 8.2)。

常用功率因数补偿电容器保护用熔断器的推荐选择见表 6。

表 6 功率因数补偿电容器保护用熔断器的选择

(熔断器按 IEC 60269-2 中系统 A 规定)

	额定电压 (3 相 50 Hz 系统)			
功率因数补偿电容器	400 V $k=2.5$	525 V $k=2$	690 V $k=1.5$	1 000 V $k=1.5$
熔断器	500 V	690 V	1 000 V ^a	1 500 V ^b
电容器额定容量 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	32 A (35 A)
至 40 kvar	100 A	80 A	63 A	
至 50 kvar	125 A	100 A	80 A	50 A
至 60 kvar	160 A	125 A	100 A	63 A
至 80 kvar	200 A	160 A	125 A	80 A
至 100 kvar	250 A	200 A	160 A	100 A
至 125 kvar	315 A	250 A	200 A	125 A
至 160 kvar	400 A	315 A	250 A	160 A
至 200 kvar	500 A	400 A	315 A	200 A
至 250 kvar	630 A	500 A	400 A	250 A
^a 在一定条件下,690 V 可适用,具体情况咨询制造商。				
^b 在一定条件下,1 200 V 或 1 300 V 可适用,具体情况咨询制造商。				

熔断器额定电流可按以下公式计算:

$$I_n = k \cdot Q_N$$

式中:

I_n ——熔断器额定电流,单位为安培(A);

Q_N ——电容器额定容量,单位为千乏(kvar);

k ——取自表 6 的系数。

12 变压器保护

12.1 一次侧为高压的配电变压器

变压器一次侧为交流 1 000 V 以上的高压,向低压配电系统供电。这些变压器一次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。

在上述配电变压器的二次侧采用低压熔断体来保护馈电回路。考虑到适当的变压比,低压熔断体与变压器一次侧的熔断体之间需要具有选择性。

12.2 一次侧为低压的配电变压器

在北美地区使用的低压配电系统常采用一次侧和二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伏安。

一次侧的熔断体用于变压器短路保护,二次侧的熔断体可用于过载保护。在某些情况下,仅一次侧回路使用熔断体;而在其他情况下,在二次侧馈电回路也使用附加的熔断体,如 12.1。

选择的一次侧熔断体应能耐受磁化涌入电流。工业应用指南如下:

- 20 倍变压器一次侧全负荷电流,持续 0.01 s;和
- 12 倍变压器一次侧全负荷电流,持续 0.1 s;
- 一次侧熔断体和全部二次侧熔断体及任何其他过电流保护器之间的选择性需要考虑适当的变压比;
- 在某些应用场合,一二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,其馈电电压不超过 110 V。

12.3 控制电路变压器

对于这些低功率变压器,第一个半波的峰值涌入磁化电流可能高达 100 倍的全负荷电流。许多控制电路变压器具有内部热保护措施,考虑到极大的涌入电流,所以一次侧的过电流电器应考虑较大的裕量。

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(使用类别 gG 和 gN)可用于此目的。选择的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:

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

因此熔断器的额定电流可能大大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,还有其他用于电动机保护的熔断器类型,如具有全范围分断能力的使用类别 gD 和 gM 熔断器,以及仅提供短路保护的使用类别 aM 的后备保护熔断器。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那样提高电流等级。这类熔断器的特性见 IEC 60269-1:2006 和 IEC 60269-2。

熔断器制造商提供用于电动机保护的熔断器数据。保护电动机电路的熔断器与电动机起动器中保护电动机的过载继电器之间具有选择性。

13.2 熔断器和电动机起动器的配合

对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在相关国家标准中有具体要求和试验规定,如 IEC 60947-4-1:2009,该标准规定了两种配合类型:1 型和 2 型(也可见表 A.3)。

配合的目的是保证充分的短路保护以及起动器和熔断器之间的选择性,从而使接触器免遭损害以及避免电动机电路发生非期望的断开。

与接触器/电动机起动器一起配合使用的熔断体的建议可参见制造商的产品样本。

本条款的目的是指导最终用户找到一个更换熔断器,以替代起动器制造商规定的熔断器。在替代过程中一定要遵循相关的安装规程。

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 60947-4-1:2009 的规定,在以下 3 个预期电流下进行试验:

- a) 电流 I_{∞} 区域内的电流值,用于交点电流处的配合(见 13.4)。在 $0.75I_{\infty}$ 进行试验,起动器应无损害地断开电流而熔断器不动作;在 $1.25I_{\infty}$ 进行试验,熔断器应先于起动器动作(见图 12)。交点电流处的配合也可使用间接法进行验证(见 IEC 60947-4-1:2009 中 B.4.5)。
- b) 在 IEC 60947-4-1:2009 中表 13 规定的预期电流“r”下进行试验(见表 A.2)。
- c) 由开关电器制造商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。通常根据制造商的建议选择,并符合相关安装和布线要求。

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动作(见图 12)。

13.3 额定限制短路电流 I_q 下的配合

用于选择可替换熔断器类型的最大额定电流的指南可见 GB/Z 25842.1—2010 中附录 A,该附录详细规定了相应的方法。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,应确定在 $U\sqrt{3}/2$ 电压下、额定限制短路电流 I_q 相应的 I_{∞} 和 I^2t 值。

上述确定的 I_{∞} 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_{∞} 下的配合

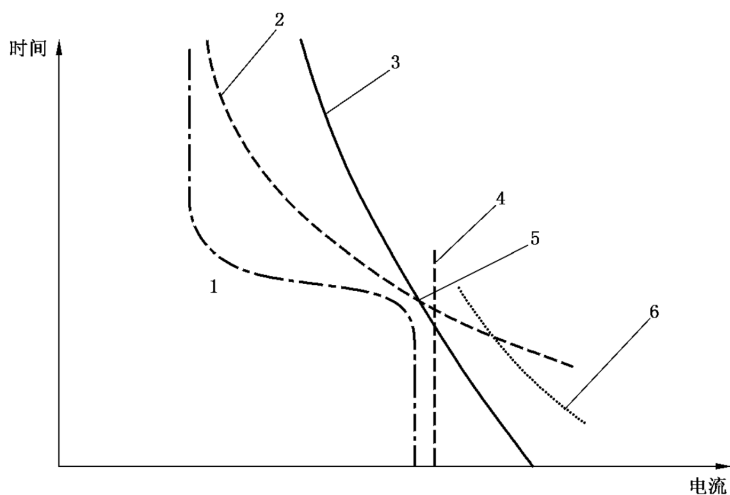
I_{∞} 是相应于熔断器和起动器的过载继电器平均时间-电流特性交叉点的电流(见图 12)。用于保证 I_{∞} 处适当配合的试验规定在 IEC 60947-4-1:2009 的 B.4 中。

需考虑的重要因素包括:

- 过载继电器无损伤特性;
- I_{∞} 要低于接触器和过载继电器触头的耐受电流;
- 熔断器在超过 I_{∞} 电流处的熔断时间-电流特性一定要低于此区域内(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伤特性。

如果无进一步试验而使用更换的熔断器,则其交点电流不应超过型式试验中所测得的 I_{∞} 值,其在超过 I_{∞} 电流处的时间-电流特性不应显示任何大于所试验熔断器的动作时间,否则会对起动器产生损伤。

根据本方法和按 IEC 60947-4-1:2009 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；	4——接触器的分断能力；
2——过载继电器的时间-电流特性；	5——交点电流；
3——熔断体的时间-电流特性；	6——过载继电器的热极限。

图 12 熔断器和电动机起动器的配合

13.5 试验电流“r”下的配合

根据 GB/Z 25842.1—2010 中附录 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_q 该满足的条件,这些条件电流“r”也该满足。

14 交流和直流电路中的断路器保护

分断能力低于系统预期短路电流的断路器要通过另外一个具有足够高分断能力的上级短路保护电器(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 7, F_1 和 C_1)。短路发生时,限流熔断体快速断开(小于 1/4 周波),使得下级断路器处的预期电流和能量降低到断路器分断能力之内的水平。

熔断器可使用一般用途使用类别(gG 和 gN)、后备保护使用类别(aM)、或用于电动机电路的全范围使用类别(gD 和 gM)。

选择合适的熔断器类型及其额定值用来保护特定的断路器并不简单,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商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,熔断器应与下级断路器一起进行试验,验证其类型和额定值。

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

如果所选熔断器的使用类别与用于试验的熔断器不同,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,可将其与用于试验的熔断器进行更换。

15 直流与交流电路中的半导体设备保护

半导体设备的 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,在既定的电流下,用于含有半导体设备电路的熔断体应比其他应用场合的熔断体动作更快。

一个装置(如整流器或逆变器)中常常包括几个半导体设备。理想的保护设备宜保证符合下述条件。

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伤(经验显示,半导体由于短路发生故障并引起较大的电流)。

对装置内其他故障,宜在对半导体设备造成损伤之前断开电路。在对半导体设备造成损伤之前宜切断可能造成损伤的过电流。

熔断体的动作不宜造成在任何半导体设备上产生无法承受的过高过电压。

半导体设备保护用熔断体的性能要求规定在 IEC 60269-4:2009 中,这类熔断体通常是使用类别 aR 的“部分范围”或“后备保护”类熔断体。整流器保护用部分范围熔断体(aR)为设备提供了快速保护,而在许多系统中,可能还需要增加热脱扣过载电器、gG 熔断体或其他电路保护电器用以保护其他的电路元件。aR 熔断体的分断能力下限用额定电流的倍数表示。

随着保护方式和实际应用的发展,对具有“全范围”分断能力的半导体设备保护用熔断体的需求不断增长,从而使得不再需要上述提及的一个或多个保护元器件。例如,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,熔断体除了要保护变流器设备内的功率半导体外,还要保护相连的电缆。

因此,IEC 60269-4:2009 中引入了两个全范围类型的熔断体,即“gR”熔断体(优点是低 I^2t 值)和“gS”熔断体(优点是低耗散功率)。“gS”熔断体通常与标准的熔断器底座和熔断器组合电器兼容。gR 熔断体和 gS 熔断体都要求在 1.6 倍额定电流下于约定时间内动作,且要承载表 7 中给出的电流值。

表 7 约定不熔断电流

“gS”熔断体	“gR”熔断体
$1.25 I_n$	$1.13 I_n$

根据熔断体在使用半导体的电路中的所处位置,熔断体可以分为交流故障条件用、直流故障条件用或两者均适用。宜选取具有合适电压等级和分断能力的熔断体。

熔断体的直流电压等级与该熔断体可能达到的电路时间常数有关。半导体保护熔断体试验用的时间常数已在标准中给出,同时也是典型电力系统中的代表性时间常数。对电压源逆变器(VSI)的保护属于特殊情况,当电路中使用电容器时采用此类保护。在 VSI 中,电路时间常数可能远小于传统直流系统的值,因此除了已指定的交直流电压等级之外,对于 VSI 保护用熔断体,在 IEC 60269-4:2009 中给出了特定的试验要求以确定 VSI 保护用熔断体的电压等级。

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商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 60269-4:2009 中附录 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 60269-4:2009 中附录 BB 给出了制造商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。它限于用于单

拍和双拍联结的电网换相变流器。此技术报告对特定熔断器和变流器的特性提出了建议,其目的是为了在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

16.1 概述

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 60269-1:2006 规定,熔断器是在自由空气中、周围温度不超过 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限制,此时向熔断器和设备制造商咨询。

16.2 符合 IEC 60269-2 系统 A 的使用类别 gG 熔断体的极限温度

初步研究表明,触刀温度限制为 130 °C 是合适的。宜使用此极限温度验证熔断器成套装置内的温升。

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。测量刀触头温度而不是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;
- 适合于所有熔断器成套装置的设计。

短时运行温度最大值限制为 130 °C。在连续运行情况下,宜采用的温度极限为 100 °C。

16.3 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商咨询。

17 直流应用

17.1 总则

直流电源的应用不断增多,在不久的将来会继续得到越来越广泛的应用,如分布式发电和采用直流电供电的设施:风力发电、水力发电、PV 系统、地热能源、燃料电池、电动汽车充电和/或供电设施、电池及其他储能装置、分布式网络、多电机驱动的中间直流环节、直流/直流及交流/直流变流器、控制电路。

直流电源的特性与交流电源的特性不同。比如用作恒定电源的蓄电池和视为电流电源的 PV 电池。当采取保护措施以及选用保护电器与设备时,需要考虑直流电源的不同类型。

17.2 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 13) 是决定性因素。随着时间常数增加,最大直流工作电压降低。熔断体的直流分断能力通过其在典型电路中的试验确定。

在直流短路条件下,熔断器动作与交流情况下动作相似(见图 3)。因为直流截断电流与电路的时间常数有关。所以其不能通过交流截断电流曲线确定,可以从熔断器制造商的产品使用说明书或通过试验确定直流截断电流值。

其他电器可能需要考虑极性的影响,但是熔断器不需要。

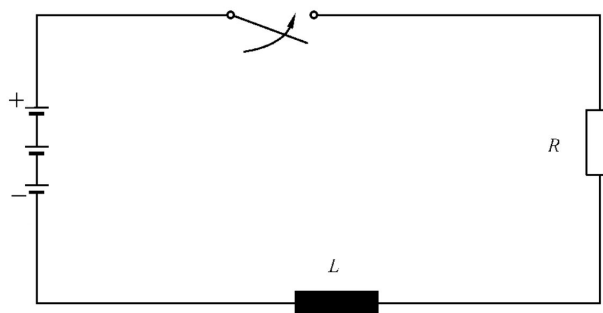
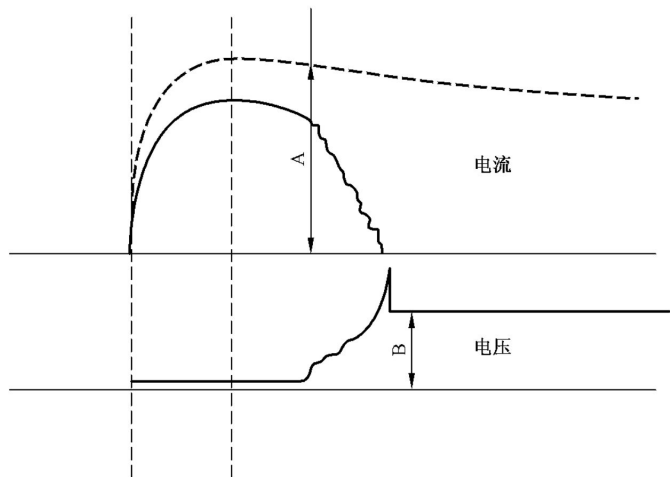


图 13 直流电路

17.3 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 14)。由于无周期电流零点,所以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 14 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是基于时间常数 20 ms、分断能力至少 25 kA 的条件下确定的。对于其他的时间常数对应不同的电压额定值,具体数据可从熔断器制造商的产品使用说明书或通过试验确定。表 5 中给出了直流熔断器的典型工作电压额定值,表 8 中给出了一些典型应用的时间常数。

表 8 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

17.4 时间-电流特性

熔断器制造商提供的平均时间-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。因此,时间-电流特性取决于故障电路的时间常数(见图 15)。

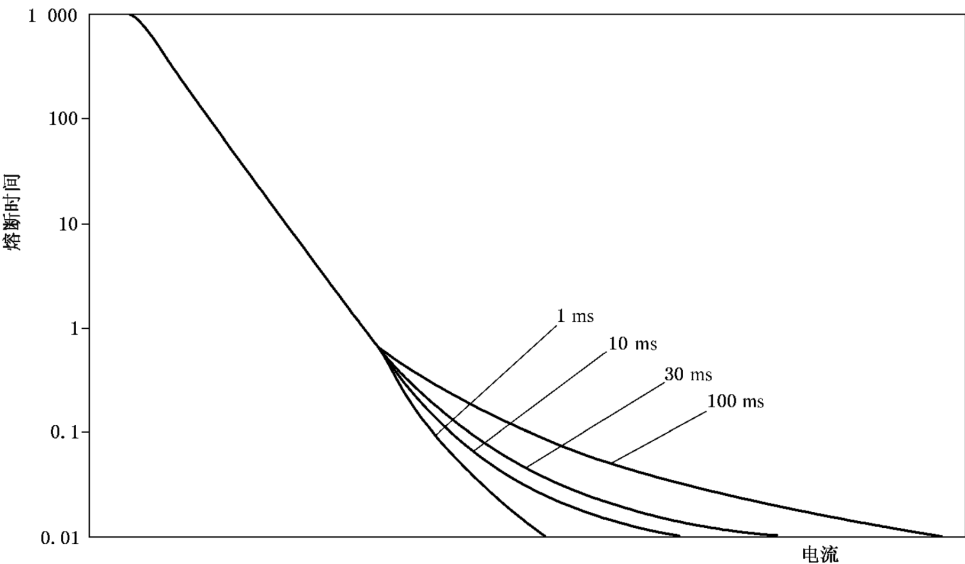


图 15 不同直流电路时间常数下的熔断器熔断时间

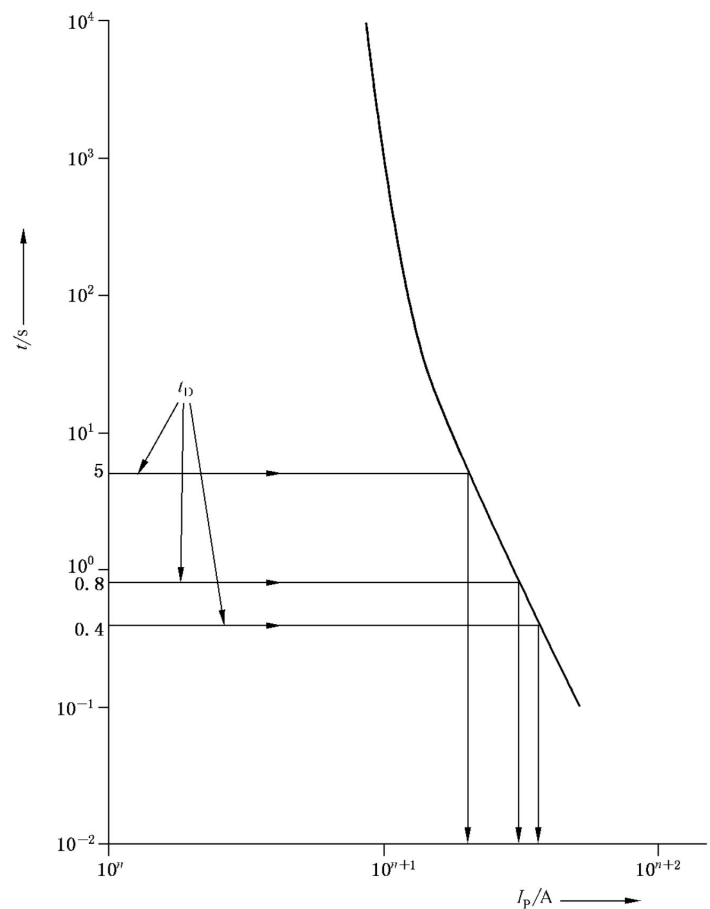
18 建筑物装置电击防护的自动切断

18.1 概述

限流熔断体能提供良好的电路保护。通过自动切断电源,熔断体能用于电击防护。
通过自动切断电源进行保护的详细规定见 GB/T 16895.21—2011 中的 413.1。
低压配电网络有 3 种基本系统(TN、TT 和 IT)。

18.2 保护原则

通过自动切断电源进行保护是通过熔断体的动作(即切断电源电路)而实现的。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一定不要太长,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,均不允许切断时间超过 5 s。对于某些系统型式(TN、IT),需要更短的切断时间。参见 18.3 示例。
为了确定限流熔断体切断电源的条件,应提供熔断体的时间-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,确定需要的切断时间。其次,确定引起熔断体动作的电流 I_a ,方法见图 16。第三,使用电流 I_a 计算故障回路的最大允许阻抗或接地电阻。



说明：
 t ——最大熔断时间；
 I_p ——预期电流；
 t_D ——切断时间。

图 16 时间-电流特性

18.3 示例

示例 1：TN 系统，230/400 V。

程序：根据 GB/T 16895.21—2011 中表 41A，相应于 $U_o=230\text{ V}$ 的最大自动切断时间是 0.4 s。然后在图 16 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：

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

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或规定条件下动作的电流。规定时间按标称电压 U_o 确定，规定条件指约定时间不超过 5 s 的情况；
 U_o ——对地标称电压。

示例 2：TT 系统，230/400 V。

程序：根据 GB/T 16895.21—2011，切断时间需 5 s。在图 16 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 ——总接地电阻。

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

程序: 从 GB/T 16895.21—2011 查得, 相应于 $U_o = 230$ V 的最大自动切断时间是 0.4 s。然后在图 16 中确定电流 I_a 。根据下列公式可计算出故障回路的阻抗:

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

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

程序: 从 GB/T 16895.2—2011 查得, 相应于 $U_o = 230$ V 的最大自动切断时间是 0.8 s。然后在图 16 中找出电流 I_a 。根据下列公式可计算出故障回路的阻抗:

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

19 光伏(PV)系统保护

19.1 概述

PV 系统由单独的 PV 组件串联而成, 形成的组件串用于提供光伏电压, 该电压为每一单个 PV 电池上的电压总和。多个组件串并联后可以提供较高的电流。并联的组件串组合即为方阵。对于通过多个方阵并联产生更大电流的大型 PV 电源, 称为子方阵。所形成的直流电流需要转换为交流电后才能接入电网, 因此需要在系统中加入一个(或多个)逆变器。在一些 PV 系统中还增加了蓄电池或其他直流储能装置, 以便在没有阳光时提高可靠性及功率输送。

PV 组件是限流装置, 能够耐受最大至其额定短路电流 I_{SC_STC} (见注) 的任意电流以及偶尔由超过标准试验条件的辐照度引起的过电流。

注: STC(标准试验条件): PV 电池温度: 25 °C; 辐照度: 1 000 W/m²; 相对大气质量系数: AM 1.5。

超过组件制造商所规定的反向电流耐受能力 $I_{MOD-REVERSE}$ 的反向电流会损坏 PV 组件。在某些条件下会产生反向电流, 包括组件被遮挡或发生故障。反向故障电流的危害包括对 PV 组件的永久性损坏、效能降低、导线受损, 甚至可能引起电弧和火灾。因此, 每个组件串宜串联一个熔断器, 以防受到其他并联连接的组件串上的反向电流的危害。

超过额定电流的过电流如果长期存在会使连接子方阵和方阵的电线和电缆产生热损伤。因此, 方阵中的每一根导线都要带有熔断器。

下述 PV 组件串熔断器的选择指南主要适用于不含蓄电池或含有无法从电网馈电的逆变器的 PV 电源。含有其他元件(如蓄电池、变流器、电容器等)的 PV 系统需要对其中的每一个元件进行单独的过电流保护。保护组件串或方阵的熔断器不用于保护这些元件。

19.2 PV 熔断体的选择

19.2.1 熔断体使用类别

IEC 60269-6 中规定了 PV 组件和方阵专用的熔断体的要求, 这些熔断体用“gPV”标识。其他的熔断器类别不适用。

19.2.2 PV 组件串熔断器

根据组件的反向电流耐受能力 $I_{MOD-REVERSE}$ 选择 PV 组件串熔断器。该值由 PV 组件制造商提供, 可以用 I_{SC_STC} 的倍数表示, 或规定熔断器的最大电流额定值(联系组件制造商获取相关信息)。

只有一个组件串或两个并联组件串的 PV 系统中,由于电流不会超过 PV 组件的反向电流耐受能力 $I_{\text{MOD-REVERSE}}$,在不超过组件串连接电缆额定值的条件下,不需要组件串熔断器;如果电流会超过电缆额定值,那么宜使用 gPV 熔断体来保护电缆。对于含有三个或更多并联组件串的 PV 系统,需要采用熔断器进行保护。

19.2.3 熔断器更换

宜使用熔断器式开关组合电器来保障更换熔断体时的安全。

19.2.4 非接地 PV 系统

对于非接地 PV 系统,要求在 PV 组件串的正极和负极上都使用熔断器进行过电流保护。

19.2.5 功能接地熔断器

熔断器可用于 PV 方阵的接地电路保护(IEC 60364-7-712:2002 中 4.101、532.103 和表 101 给出了功能接地熔断体的相关要求)。

19.2.6 PV 方阵和 PV 子方阵熔断器

PV 方阵和 PV 子方阵的导线上一定要使用熔断器阻断过电流,防止过电流引起的温升破坏绝缘(见 19.2.10 中的选择指南)。

19.2.7 熔断器监控

宜对熔断器进行监控,识别熔断器的动作,迅速探测组件串或方阵的情况并进行修复,将功率损耗降至最低。

19.2.8 分断能力

PV 组件串和方阵用熔断器是直流熔断器,其额定分断能力一定要能够分断等于或大于 PV 系统最大预期故障电流的电流。

19.2.9 gPV 熔断器的电压

熔断器的额定电压 U_n 应等于或大于 PV 方阵的最大开路电压 V_{oc} :

$$U_n \geq 1.2 V_{OC_STC}$$

在环境温度降至 $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时,组件开路电压会升高,因此使用系数 1.2。对于更低的温度条件,可能要求更大的系数(联系 PV 组件制造商)。

19.2.10 gPV 熔断器的额定电流

a) 用于 PV 组件串的 gPV 熔断器:

用于组件串的 gPV 熔断器需要在电流超过组件制造商规定的反向电流耐受能力之前分断电路。以下原则用于 gPV 熔断器:

$$I_n \leq I_{\text{MOD_REVERSE}}$$

组件串熔断体的额定电流 I_n 参考 IEC 60364-7-712 中给出的下述公式:

$$1.5 \times I_{\text{SC_MOD}} < I_n \leq 2.4 \times I_{\text{SC_MOD}}$$

b) 用于 PV 方阵和子方阵的 gPV 熔断器:

方阵和子方阵的熔断体的额定电流 I_n 参考 IEC 60364-7-712 中给出的下述公式:

$$1.25 \times I_{\text{SC_S_ARRAY}} < I_n \leq 2.4 \times I_{\text{SC_S_ARRAY}}$$

此外,电缆的额定电流一定要大于所串联的任意熔断体的额定电流。

20 风力发电系统保护

风力发电机中有许多关键部分使用了熔断体进行保护。风力发电机的最终输出电压的变化很大程度上取决于当地电网连接情况。许多风力发电机系统采用交流 690 V 作为发电机的工作电压。

设备中多处应用了熔断体,包括:

- 转子间距控制;
- 机舱方向控制;
- 整流器和逆变器内的半导体保护;
- 控制设备保护;
- 输出变压器或电网连接元件保护。

本部分的其他章节中提供了风力发电系统各应用所用熔断体的选择方法。风力发电系统中装入熔断体时,对于超出本部分规定范围的极端温度和/或振动要求,需进行适当的降容。如遇到此类情况,宜咨询熔断体制造商。如果使用区域有超过本标准范围的极端环境条件(如极端的含盐环境),可以使用特殊的熔断体。

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

本部分的 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商指定的熔断器提出了指导意见。本附录对初始熔断体的选择给出了补充资料。

在 IEC 60947 系列标准中规定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(例如第 1 部分和第 4 部分)。

本附录不涉及其他设备(如电动机、导线等)的过电流保护。

A.2 适用于电动机保护的熔断体示例

制造商的产品目录中给出了与接触器/电动机起动器配合使用的熔断体的相关建议。接触器/电动机起动器(符合 IEC 60947-4-1:2009)制造商也宜根据其进行的试验推荐选择合适的 SCPD。制造商的建议是选择适用于其产品的熔断体的最佳指南。

适用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。额定电流的选择也与熔断体的使用类别(gG, gM, aM, gD 或 gN 等)有关,表 A.1 列举了用于不同国家的典型熔断器示例,熔断器与三相直接起动器一起使用,电动机全负载电流为 28 A。举例仅是说明性的,并假定起动时间小于 10 s、最大起动电流不超过全负载电流的 7 倍,以及起动是不频繁的。

表 A.1 熔断体使用类别对于确定电动机起动器保护用典型熔断体的电流额定值的影响示例

熔断体使用类别	来源	电流额定值
gG	一般用途熔断器	63 A
gM	电动机电路熔断器	32 A~63 A
aM	后备熔断器	32 A
gN	北美熔断器	70 A
gD	北美延时熔断器	40 A
选择合适的熔断体电流额定值的同时也宜确保 A.4、A.5 和 13.4 中的要求得到满足。如果熔断体与接触器/电动机起动器制造商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。 需特别注意的是,如果制造商的推荐值与本表规定值不同,宜采纳制造商的推荐值。 注:本示例适用于电动机全负载电流为 28 A 的一般电动机起动工作制。		

A.3 全球范围内的熔断体/电动机起动器组合的成功试验中得出的 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商合作的研究表明,选用符合 IEC 60269-2 的熔断器很容易与接触器达到良好配合。

主要目标是避免起动器上操作元件(如接触器式断路器和开关)的触头发生熔焊。为实现该目标,

熔断器截断电流一定低于触头能承受的峰值耐受电流。可通过观察特性曲线确定。

额定短路电流(I_{cm})仅能通过使用适当的限流熔断器与接触器、断路器或开关进行试验来确定。

经过对各国所进行的配合试验结果进行分析,发现 I^2t 和截断电流值处于一个相对狭窄的带中,详见图 A.1、图 A.2 和图 A.3。

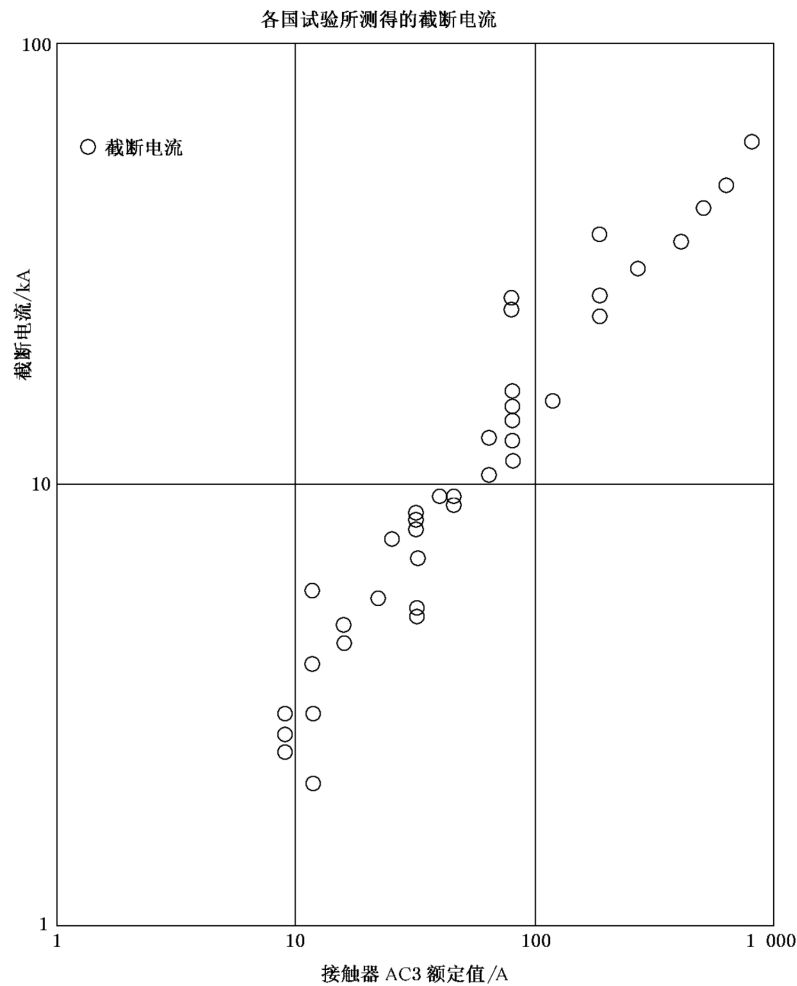


图 A.1 I_q 电流下成功配合试验测得的截断电流

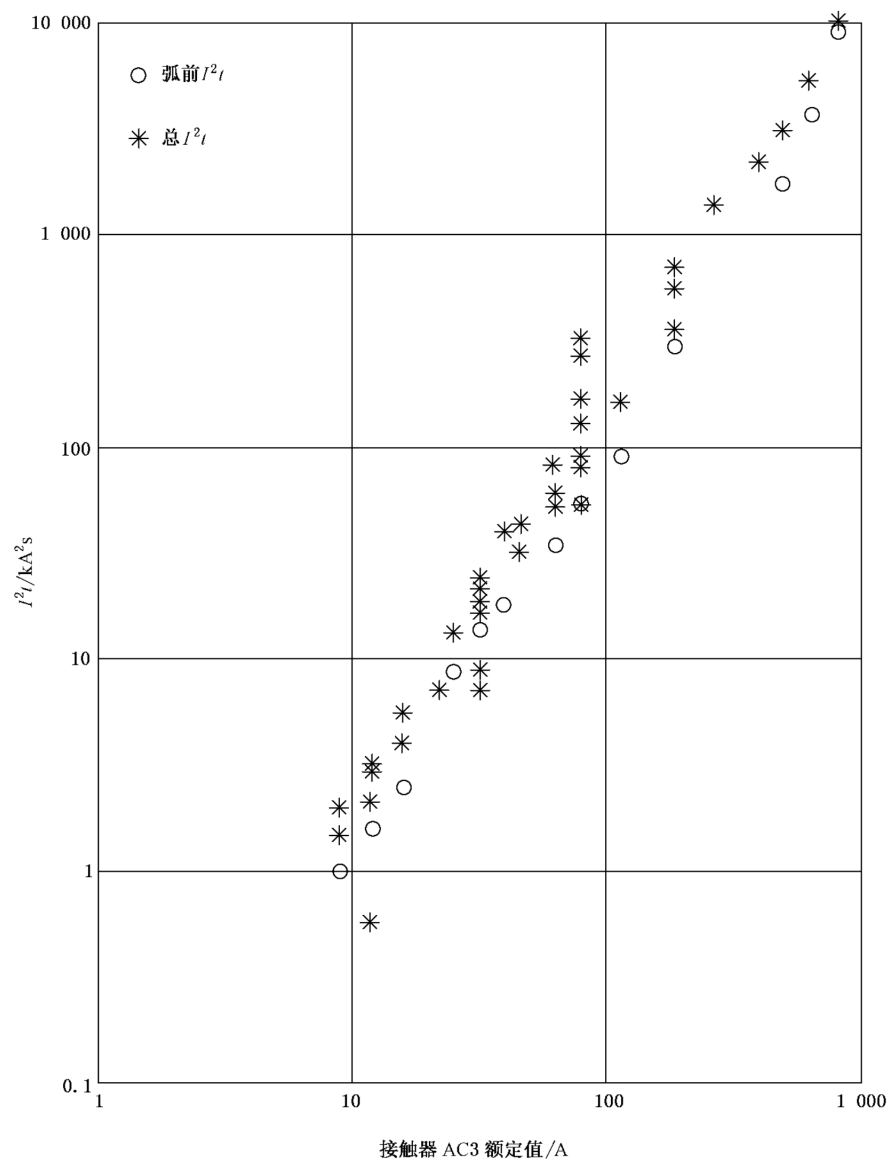


图 A.2 配合试验用熔断器的弧前和熔断 I^2t 值(用 AC3 接触器额定电流表示)

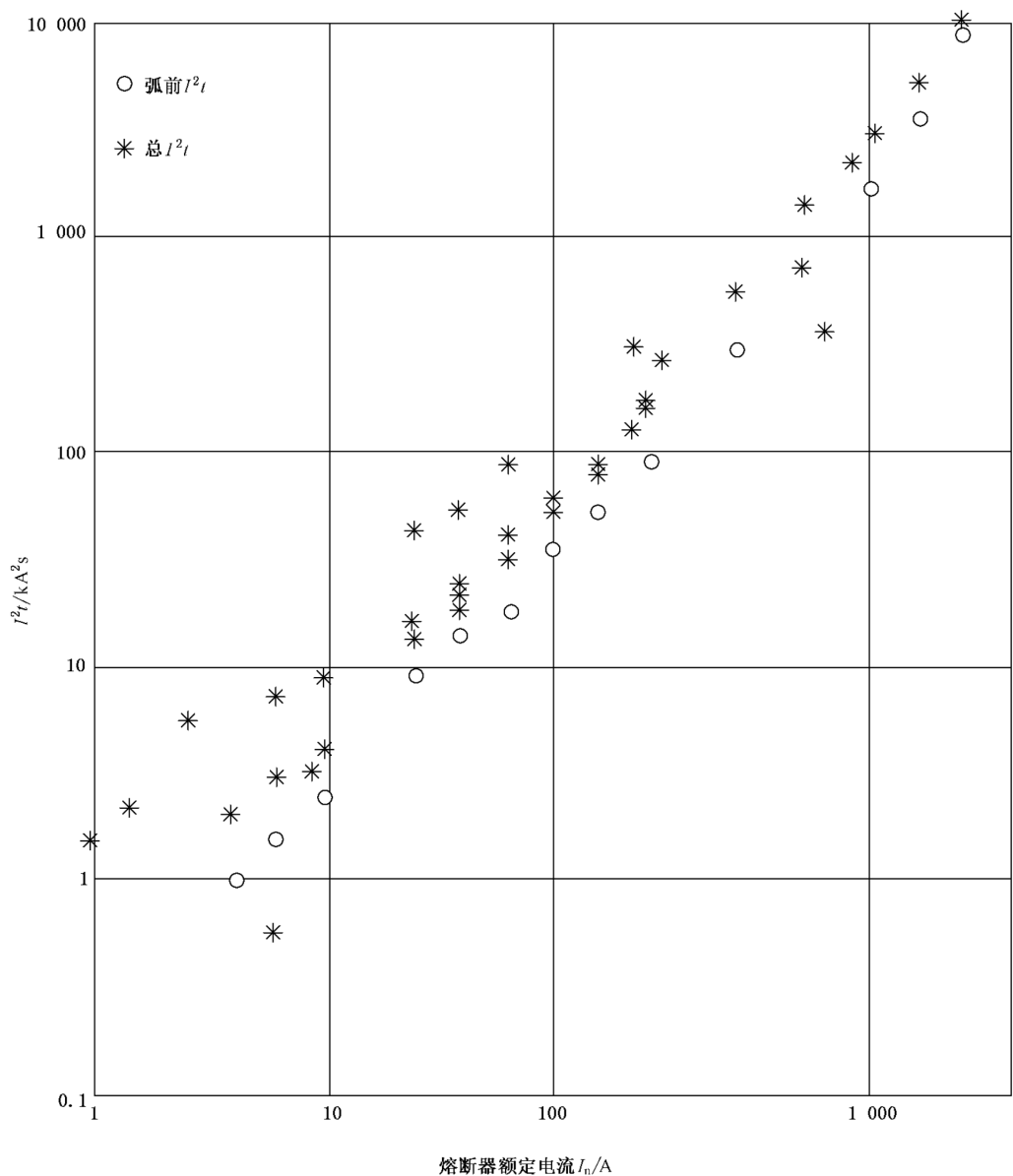


图 A.3 试验用熔断器的弧前和熔断 I^2t 值(用熔断器额定电流 I_n 表示)

A.4 额定限制短路电流 I_q 下的配合依据

A.4.1 概述

IEC 60947-4-1:2009 中 8.2.5 规定了本试验项目,9.3.4 规定了短路试验要求。判别标准取决于配合类型。

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的熔断 I^2t 值(在起动器与熔断器串联进行三相配合试验的条件下)和最大截断电流值。

该值可用于所有电压系统,最大 I^2t 值相应于与三相配合试验相当的试验电压。

峰值截断电流也将会被限制,因为这些值都是相互关联的。在各国进行的配合试验(预期电流从 50 kA 至 200 kA)中,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)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 可选熔断器类型的最大额定电流选择指南

根据 I_q 配合型式试验的结果,起动器制造商可以做出与电动机起动器额定工作电流(I_e)呈函数关系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。该曲线如图 A.4a)所示。

如没有进行进一步试验,不能使用不同使用类别的熔断体,除非其 I^2t 和 I_c 值等于或小于用于制作曲线的试验所得最大值。然而,可从熔断器制造商处得到在类似条件下(即在相等的试验电压和等于 I_q 的预期电流条件下)测得的熔断 I^2t 值和截断电流值。使用这些数据可做出作为熔断器额定电流 I_n 函数的曲线。据此所得出的 A 型可选熔断器的典型曲线如图 A.4b)所示,B 型熔断器的曲线如图 A.4c)所示。这些图的刻度一定要与图 A.4a)相同。

需要注意的是,如果没有进行进一步的试验,不能使用具有更大 I^2t 或截断电流值的熔断器。因此,对于额定值 $I_e = X$ (A)的起动器,A 型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 B 型的替换熔断器,限定因数是 I^2t ,因此 Z' (A)是与起动器在 I_q 处达到良好配合的最高允许额定电流(见图 A.4)。

熔断体类型 A 和 B 可以是表 A.1 中所列的电动机电路保护用的任意使用类别的熔断体。

由于本方法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 10 A 时,过载继电器阻抗可能有显著的影响),可能导致用户选择具有极低标称电流的熔断器。在此情况下,如果在对预期短路电流作进行精确估算时没有考虑附加阻抗,则所选的熔断器可能不适合保护起动器。此时,如果选用比使用本部分规定程序确定的电流额定值更高的熔断器时,需要通过直接试验验证与熔断器的配合性。

A.4.4 补充指南

此外,宜注意下述各点:

较长的切断时间增加了接触器触头的熔焊风险。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”。该值可能难以获得,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“等效切断时间” t_{eq} :

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

此等效切断时间一般为: $t_{eq} < 5 \text{ ms}$ 。

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 3 相不接地电路情况下,熔断器的熔断 I^2t 值相等于外施电压为 $\sqrt{3}/2$ 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_{∞} 和/或“r”的适当配合,可能需要一个较低的额定值。在 IEC 60947-4-1:2009 中,通过试验确定这些电流水平所能获得的配合类型。13.4 和 A.5 规定了这些电流水平处的配合指南。

A.5 试验电流“r”配合依据

IEC 60947-4-1:2009 中 8.2.5 规定了本试验项目,9.3.4 规定了短路试验要求。判别标准取决于配合类型。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 60947-4-1:2009 中表 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
$1\,600 < I_e$	由用户与制造商协商

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,图 A.5 所示为一组典型的曲线。根据所需配合类型(通常 2 型),用于 I_r 配合的熔断器最大可接受额定值可按 I_q 情况下确定最大额定值的相同方法获得[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],详见 A.6。

为了上述目的,可按图 A.6 所示方法,从熔断器制造商给出的截断特性(用于类型 A 或类型 B)推导出熔断器截断曲线。为了确定 I_r 下的配合情况,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)。

A.4.4 给出的补充指南适用于 I_r 试验, t_{eq} 在本电流水平的可接受值为 $t_{eq} < 6\text{ ms}$ 。

注: 由于电流上升速率低于 I_q 电流下的上升速率,在经过比 I_q 电流下更长的时间后,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)。

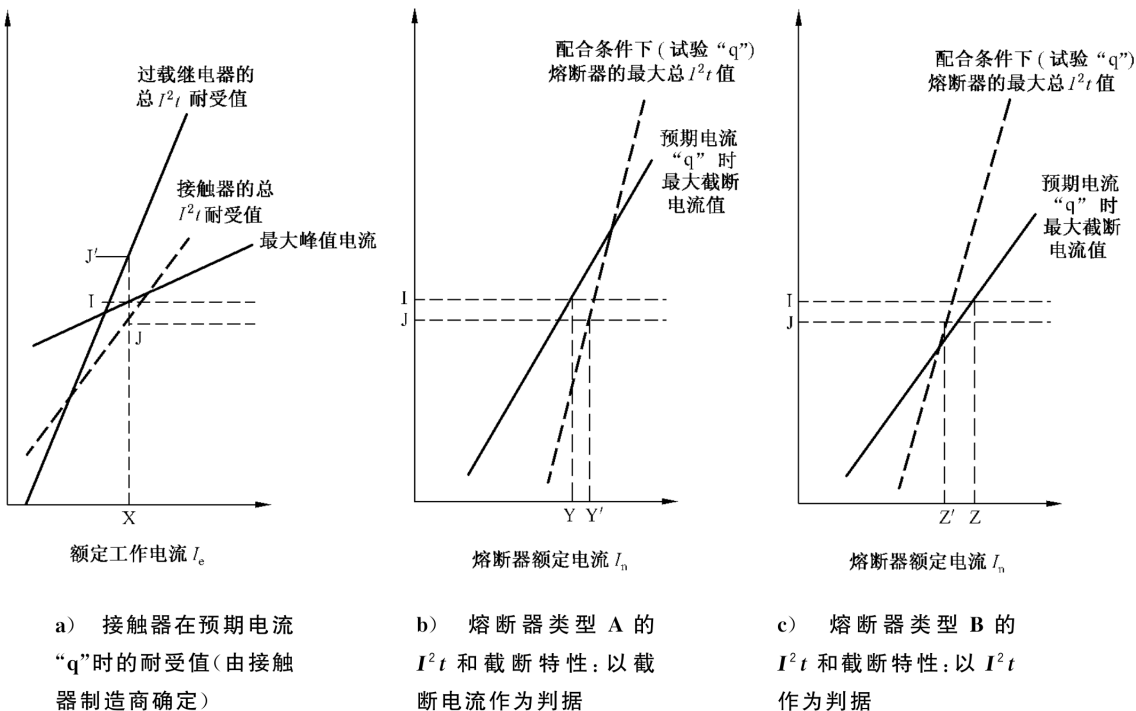
A.6 配合类型

IEC 60947-4-1:2009 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
对绝缘底座没有造成使带电部件脱离的损害	是	是
不损害过载继电器或其他部件	非	是 ^a
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
^a 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(2 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 用于额定值 $I_e = X$ 安培的接触器后备保护的熔断器最大额定电流的选择方法图解

方法: 从图 A.4a) 中查得额定值为 $I_e = X(A)$ 的接触器 I^2t 耐受值为 $J(A^2s)$, 而过载继电器 I^2t 耐受值为 $J'(A^2s)$ 。 J' 大于 J 。因此取较小值 $J(A^2s)$ 。 $I_e = X(A)$ 情况下接触器的峰值耐受电流值为 $I(kA)$ 。

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) 相同的刻度进行绘制。

对于类型 A 熔断器, 额定值为 $Y(A)$ 的熔断器截断电流为 $I(kA)$, 总 I^2t 为 $J(A^2s)$ 时对应额定电流值为 $Y'(A)$ 的熔断器。应选择额定值较低熔断器。 $Y' > Y$, 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 $I(kA)$, 总 I^2t 为 $J(A^2s)$ 时对应额定电流值为 $Z'(A)$ 的熔断器。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 $Z'(A)$ 。

本技术给出了用于 I_q 时配合的最大额定值。对于此额定值是否也提供适合于 I_{co} 和 I_r 时的配合, 宜进行核实。

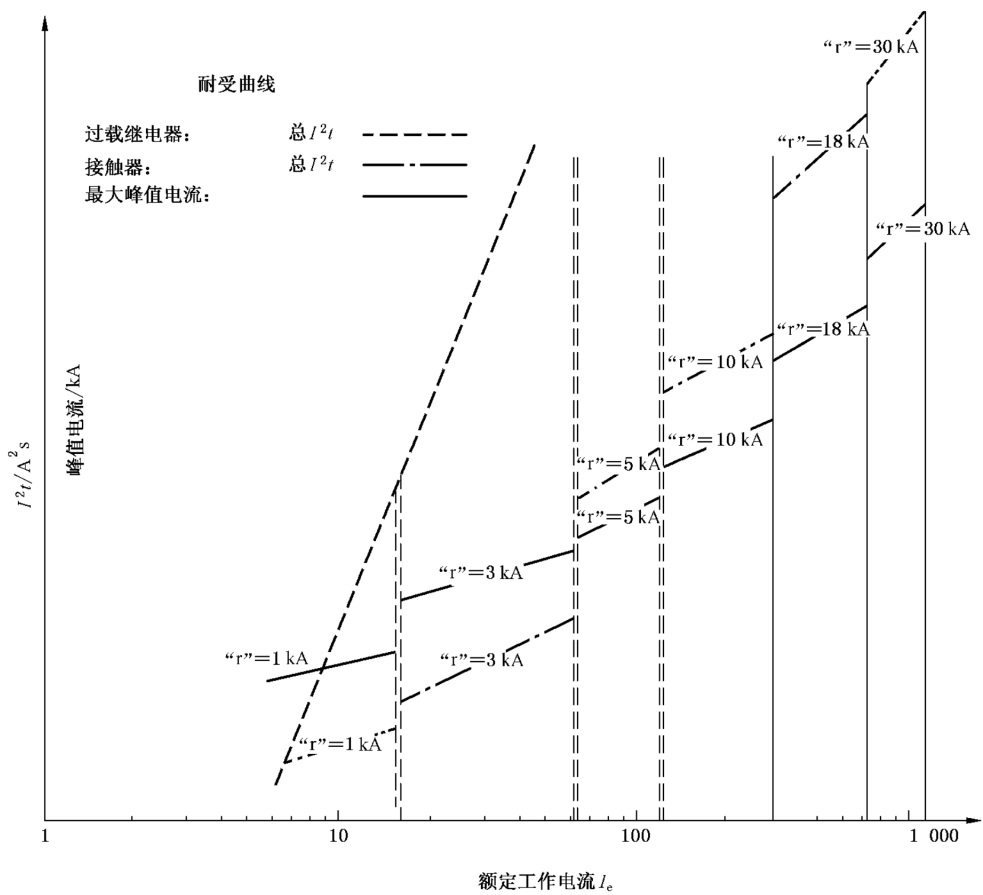
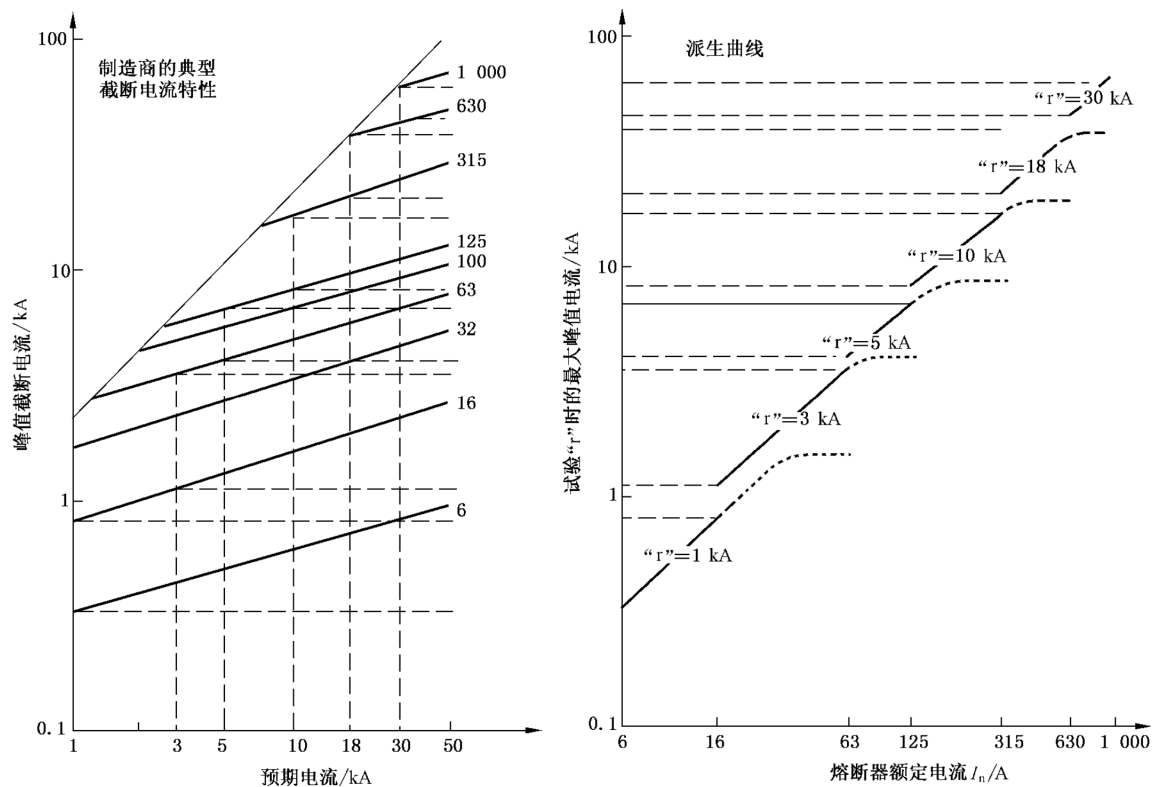


图 A.5 在试验电流“r”时一系列接触器和相连过载继电器的耐受能力



- 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”的功率因数更低的功率因数得到典型截断特性。对试验电流“r”值为 1 kA、3 kA 或 5 kA 时，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规定功率因数条件下的最大峰值（不对称）预期电流（因此在位于最大不对称峰值处，导出的曲线恒定不变）。
- 注 4：可用图 A.4 所示的相同方式使用这些派生曲线。

图 A.6 在试验电流“r”时导出最大峰值电流曲线（用熔断器额定电流表示）的方法图解

参 考 文 献

- [1] GB/T 2900.49—2004 电工术语 电力系统保护(IEC 60050-448:1995,IDT)
 - [2] GB/T 2900.70—2008 电工术语 电器附件(IEC 60050-442:1998,IDT)
 - [3] GB/Z 25842.2—2012 低压开关设备和控制设备 过电流保护电器 第2部分:过电流条件下的选择性(IEC/TR 61912-2:2009,IDT)
 - [4] IEC 60050-441:1984 International Electrotechnical Vocabular—Part 441: Switchgear, controlgear and fuses
 - [5] IEC 60364-7-712:2002 Electrical installations—Part 7-712:Requirements for special installations or locations—Solar photovoltaic (PV) power supply systems
 - [6] IEC 60617-7 Graphical symbols for diagrams—Part 7: Switchgear, controlgear and protective devices
-

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—2020/IEC/TR 60269-5:2014

*

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(100029)
北京市西城区三里河北街 16 号(100045)

网址:www.spc.org.cn

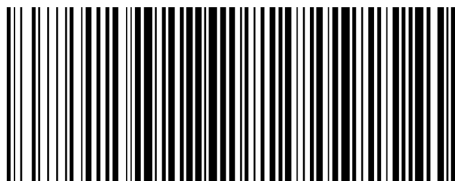
服务热线:400-168-0010

2020 年 11 月第一版

*

书号:155066·1-66087

版权专有 侵权必究



GB/T 13539.5-2020