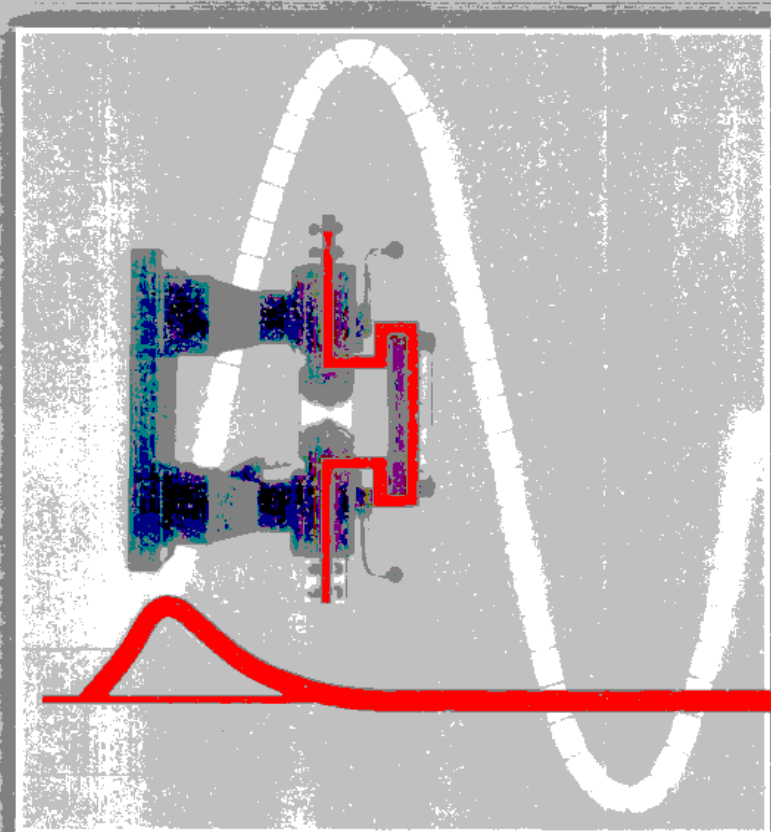


高压交流熔断器

王秉乾 编著



西安交通大学出版社

□责任编辑/赵丽平 □封面设计/伍胜 阎亮

ISBN 7-5605-1268-2



9 787560 512686 >



ISBN 7-5605-1268-2/TM · 46 定价: 20.00元

高压交流熔断器

王季梅 编著

西安交通大学出版社

内容简介

本书简介了高压交流熔断器的发展史,当今国内外高压交流熔断器的科研动态、成果和今后发展的方向,并阐述了国内外生产的各种高压交流熔断器的工作原理及其结构特点对比,简述了我国国家标准规定的高压交流熔断器的试验方法及各项要求。最后还推荐了一种有关高压交流熔断器在生产过程中保证产品质量的管理体系。

本书适用于从事高压电器行业设计、制造和使用部门的有关工程技术人员参考,并可作为高等院校电器、发输配电等专业的教学和科研参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

高压交流熔断器 / 王季梅编著. — 西安:西安交通大学出版社, 2000.8
ISBN 7-5605-1268-2

I. 高… II. 王… III. 交流-高压熔断器
IV. TM563

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2000)第 69537 号

西安交通大学出版社出版发行

(西安市咸宁西路 28 号 邮政编码:710049 电话:(029)2668316)

蓝田县立新印刷厂印刷

各地新华书店经销

开本:850 mm×1 168 mm 1/32 印张:10.375 字数:263 千字

2000 年 9 月第 1 版 2000 年 9 月第 1 次印刷

印数:0 001—3 000 定价:20.00 元

若发现本社图书有倒页、白页、少页及影响阅读的质量问题,请去当地销售部门调换或与我社发行科联系调换 发行科电话:(029)2668357,2667874

前 言

我国的高压交流熔断器制造技术水平经历了几十年的实践和经验以及从 80 年代末又引进了国外高压交流熔断器的近代制造技术,在各方面取得了极大的进步。到目前为止已基本上达到了国际 90 年代的制造技术水平,并已具备自行设计和开发新产品的能力,满足了我国电力工业的发展和工矿企业生产的需要,但开发的品种和发展速度与国外先进国家对比还有一定的差距,有待于继续努力。

作者自 50 年代开始从事于熔断器的研究工作,尤其自 1984 年起以熔断器专家和教授的身份被国际熔断器及其应用学术会议组织邀请为该学术组织的科学委员会委员,经过了近二十年的参与国际有关熔断器学术活动和国外制造厂相互进行有关熔断器技术经验交流,不断为我国高压交流熔断器的制造行业提供了国际间的信息、报道了科学研究的动态和制造技术的动向等。作者认为当今总结有关高压交流熔断器的制造技术经验和介绍国内外的情况以及其动向,对推动我国高压熔断器的进一步发展是极有帮助的。为此整理编写了本书。

本书的主要内容:介绍了国内外对高压交流熔断器的科研动态、成果和今后发展方向;阐述了高压交流熔断器的发展简史以及基本参数、结构、工作原理和试验等。本书反映了对我国高压交流熔断器的今后发展方向和趋势。最后一章还请了西安熔断器制造公司总经理马志成工程师编写了有关高压交流熔断器产品质量保证体系,更加丰富了本书内容。

本书在编写过程中由于电力电容器外保护用高压熔断器这章的资料十分缺乏,曾得到了清华大学徐国政教授的大力支持和提供,此外,本书还请了西安高压电器研究所李肇林所长和原机械部西安第七设计研究院夏先梅总工程师进行了细心评阅,并给予了高度评价,在此一并深表感谢。

作 者

2000年6月于西安

目 录

前言

第 1 章 概论

- 1.1 熔断器发展史简介 (1)
- 1.2 熔断器设计基础知识 (5)
- 1.3 国际标准和国家标准的现状 (14)
- 1.4 当前熔断器基础研究概况 (22)

第 2 章 高压交流非限流熔断器

- 2.1 概况 (32)
- 2.2 非限流熔断器的结构 (32)
- 2.3 我国生产的非限流熔断器 (36)
- 2.4 高压交流喷射跌落式熔断器的试验 (43)
- 2.5 高压交流跌落式熔断器的今后发展方向 (48)

第 3 章 高压交流限流熔断器

- 3.1 概述 (60)
- 3.2 高压交流限流熔断器分类 (72)
- 3.3 高压交流限流熔断器的试验 (76)
- 3.4 保护电动机的高压熔断器耐受过载特性试验 (85)

第 4 章 并联电力电容器外保护用高压交流熔断器

- 4.1 概述 (93)

- 4.2 有关并联电力电容器装置的设计技术要求····· (94)
- 4.3 保护电力电容器的自动装置 ····· (101)
- 4.4 电力电容器故障电流开断的分析 ····· (128)
- 4.5 高压喷射熔断器保护电力电容器的选用 ····· (133)
- 4.6 高压限流熔断器保护电力电容器的选用指南 ··· (139)
- 4.7 保护电力电容器的高压熔断器试验 ····· (143)

第5章 高压交流全范围熔断器

- 5.1 英国 Brush 公司的高压交流全范围熔断器 ····· (150)
- 5.2 德国 Siba 公司的高压交流全范围熔断器 ····· (156)
- 5.3 荷兰 Holec 公司的高压交流全范围熔断器 ····· (157)
- 5.4 日本电力公司的高压交流全范围熔断器 ····· (166)
- 5.5 英国 Yorkshire 公司的高压交流全范围熔断器 ·····
····· (167)
- 5.6 波兰 Gdansk 技术大学的高压交流全范围熔断器
····· (170)
- 5.7 德国 Darmstadt 技术大学研制的高压交流全范围
熔断器 ····· (172)

第6章 高压交流混合式熔断器

- 6.1 法国 Ferraz 公司的高压交流混合式熔断器 ····· (180)
- 6.2 德国 ABB 公司的高压交流混合式熔断器····· (192)
- 6.3 英国 EC&M 公司的高压交流混合式熔断器 ··· (199)
- 6.4 英国电力研究所 (Electric Power Research Institute,
EPRI) 的高压交流混合式熔断器 ····· (200)
- 6.5 我国研制的混合式高压熔断器 ····· (202)
- 6.6 助力限流熔断器 ····· (206)

第 7 章 其他类型的高压交流熔断器

- 7.1 智能化高压限流熔断器 (222)
- 7.2 频繁操作作用的高压限流熔断器 (228)
- 7.3 美国 Cooper 公司生产的油浸式熔断器 (244)

第 8 章 产品质量保证体系

- 8.1 概述 (253)
 - 8.2 质量保证体系 (253)
 - 8.3 外购材料和配件的检验 (254)
 - 8.4 巡回检查制度 (258)
 - 8.5 最后检查 (260)
 - 8.6 其它零部件检查 (261)
-
- 附录 1 高压熔断器过载因数 K 的计算 (263)
 - 附录 2 用于启动电动机的高压熔断器图表 (268)
 - 附录 3 石英砂固化技术 (280)
 - 附录 4 硼酸熔断器与限流元件的组合 (283)
 - 附录 5 喷射跌落式熔断器用熔断件 (286)
 - 附录 6 关于限流熔断器焦耳积分的计算公式 (289)
 - 附录 7 高压交流熔断器的配合 (294)
 - 附录 8 熔断器密封用硅橡胶 (302)
 - 附录 9 西安熔断器厂生产的高压限流熔断器 (306)
 - 附录 10 高压交流熔断器有关名词术语 (321)

第 1 章 概论

熔断器已生产了 100 多年,现在世界上很多国家和我国均已大量生产和使用熔断器。它们承担着保护电气设备和电网的重要任务,并且限制了不可避免的事故发生和确保了用户供电。

熔断器不仅电气工程师熟悉,而且大多数人都熟悉,都会使用,因为熔断器从各方面来看是一个简单的电器,它的结构确实并不复杂,但要设计和制造出达到性能优良的熔断器确实也是很不容易的。为此,一个比较正规能生产出合格熔断器产品的熔断器制造厂应具备一定数量的设计工程师和工艺工程师,优良齐全的测试和检验手段,以及有一套完整的制造装备。

当前世界各国制造厂和研究单位除在不断努力改进熔断器产品的性能,尤其是提高熔断器的分断能力外,还在继续研制开发多功能的、超快速的和智能化的等新产品,因此,还具有很大潜力和发展前途。

作者认为论述高压交流熔断器是一项很重要和很有意义的工作,所以决定整理有关材料和出版这本书。书中介绍了熔断器的历史和早期发展过程,并描述了现在生产的高压交流熔断器的结构及其今后的发展方向,叙述了近期的理论研究和今后研究的动向。

1.1 熔断器发展史简介

自 1879 年以来,熔断器已在欧洲各国和美国广泛使用。引起

了世界各国有关专家和教授们的重视。比较典型的例子是英国 S.P.Thompson 教授,他在当年生产了一种改进型的熔断器,它是由两根铁丝连接到一个金属球上,如图 1-1 所示。这个球是用铅锡合金或其它低熔点的导电材料制成的。当有足够大的电流在足够长的时间内通过熔断器时,金属球就会熔化而堕落,使得导线分开,电路也就断开了。

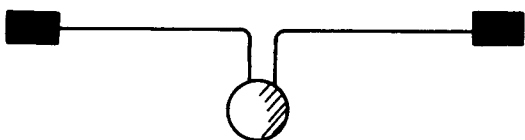


图 1-1 Thompson 研制的熔断器

后来 C.V.Boys 和 H.H.Cunyngham 根据 S.P.Thompson 教授的熔断器结构,设计了另一种熔断器,在 1883 年取得了专利。在他们设计的熔断器中,电流是通过两片内侧焊接在一起的弹簧片,如图 1-2 所示。当电流超过规定值时,焊接处熔化,于是弹簧片各自向不同方向弹开,使电路突然断开。基于相同的结构原理,其它国家也制作了一些类似形式的熔断器。



图 1-2 Boys 和 Cunynghans 取得专利的熔断器

1878 年英国 J.Swan 试制成功了白炽灯,几乎在同时,美国的 T.A.Edison 也研制成功了这种白炽灯。随即这些白炽灯投入了生产,大大地引起了人们对电灯照明的兴趣。开始时在英国是由 Swan 电灯联合公司的发电厂向用户供电,并安装了用木制插座的

熔断器,这种熔断器当时称作“安全熔断桥”。几年以后,就是从1881年到1885年这个发电厂向用户供电的各种电气设备在支路上都是用熔断器来保护的。同时当时灯泡的价格和事故率都比较高,说明采用熔断器是必须的,除了用熔断器外,还没有其它的保护设备可代用。

为了了解熔断器熔体的熔化过程,人们做了大量的工作,一个有意义的有关熔断器的论文就是当时(1886年)由A.C.Cockburn完成的^[1],他研究了热作用是如何从熔断器熔体向两端传导,以及如何传递到和熔断器熔体相连接的电缆上,从而认为热传导可以明显地影响一个熔断器熔化的最小电流值。他还研究了导体的特性,并且考虑了比热、温度系数和电导率,以及其它一些参数,目的是要选择最适合作为熔断器熔体的材料。他认识到材料如易于氧化就不适合作为熔断器的熔体,因为这样的熔断器,其性能将随着时间增长而发生变化。

19世纪的最后10年中,熔断器已成为唯一有用的保护装置,那时在德国、美国、英国和法国等已开始广泛使用高压熔断器,它是由一个两端开口并有插头引线的陶瓷管、绝缘塑料管、硬化橡胶管或类似的绝缘材料制造的。铜或合金的熔丝穿过管子,用螺钉和平板夹住焊到接线端上。用于2000~10000V电压的熔断器,管子的长度在200~400mm之间。用于较高电压的熔断器,由几根细导线串联作为熔丝,每根导线都分别封在一个管子里,或由绝缘材料隔板隔开,这样每根导线就处在隔开的空间里。在一般情况下,经常有一副长的木夹子放置在开关装置旁边,操作人员可以用这副木夹子在一个安全距离范围内装卸熔断器。那时德国曾采用粗大的管式熔断器用于电站,它们的长度1200~1500mm,在英国曾制造了造价很高的油浸式熔断器,对开断高压线路变得十分容易。在美国也是如此,在较高的电压下推广应用油浸式熔断器。

在20世纪期间,世界各国实施了继电保护方案,当时已有了油断路器,由它和继电保护结合起来进行线路的保护。然而,由于世

界范围内使用电气设备数量的剧增,对熔断器的需要仍一直在增加,为了与油断路器竞争,这就引起研究者们对熔断器一些基本现象的研究,例如电弧过程的研究以及寻找如何来提供具有旋转电机等特性的熔断器。从文献中指出研究所取得的进展是很大的,但熔断器在某些方面的特性仍得不到充分了解,直到 20 世纪 70 年代在欧洲成立了熔断器俱乐部。不久,于 1976 年在英国利物浦(Liverpool)召开了第一届国际熔断器及其应用会议。以后于 1984 年在挪威特隆赫姆(Trondheim),于 1987 年在荷兰爱汀豪闻(Eindhoven),于 1991 年在英国诺丁海姆(Nottingham)、于 1995 年在德国依尔米诺(Ilmenau),于 1999 年在意大利托里诺(Torino)分别召开了第二、三、四、五、六届国际熔断器及其应用会议。

关于我国高压熔断器的发展情况,在解放前基本上还没有高压熔断器制造工业。最早生产高压熔断器的工厂,据调查只有一家,即位于南京的南京电瓷厂,当时该厂已生产 10 多年从国外引进欧洲模式的 6 kV 喷射跌落式高压熔断器产品,开断能力大约在几千安左右,广泛用于户外变压器的保护。

解放后,为了满足国民经济发展的需要,在党的领导下,在前苏联的援助下,在全国各地布点建起了制造高压熔断器的制造厂,由于高压熔断器的主要部件为陶瓷产品,故多数附设在电瓷厂内生产,抚顺电瓷厂、南京电瓷厂、上海电瓷厂和西安电瓷厂等。制造的产品除各种高压喷射跌落式熔断器外,还生产各种高压限流熔断器,它们的电压等级最高可达到 63 kV。对于我国高压熔断器的发展起了积极的推动作用。由于在发展过程中,对高压熔断器的制造技术和新产品的开发不够重视,仿苏的老产品已逐渐不受供电部门的欢迎,用各种高压断路器取代,迫使高压限流熔断器处于滞销阶段。

直到改革开放初期,即 80 年代初,由于高压真空接触器得到了广泛应用,急需高压限流熔断器的配套,而国内现有的仿苏产品性能已满足不了配套的要求。在此情况下,西安交通大学和西安

熔断器厂在1982年试制成功额定参数为10 kV, 100 A, 31.5 kA的高参数高压限流熔断器,并全部通过了型式试验,投入了市场,受到用户们的欢迎。为了扩大生产,提高高压熔断器的制造技术,于1988年从英国Brush熔断器制造公司引进了全套高压熔断器制造技术和设备。目前西安熔断器厂已成为国内唯一一家既生产低压熔断器又生产高压熔断器的工厂,还具备开发新产品的能力,已开发的新产品有10 kV, 200 A; 35 kV, 100 A户内外用的高压熔断器,保护电压互感器用高压熔断器以及开断能力达到31.5 kA的新型高压跌落式熔断器等。

1.2 熔断器设计基础知识

熔断器是电气设备的主要保护元件之一,为了能尽可能满足被保护电气设备的各项要求,设计工作者必须对熔断器设计的有关基础知识有所了解。

一、熔体狭颈的形状对时间-电流特性的影响

熔体狭颈形状有很多种式样,这里列举两个比较典型的狭颈形状作为例子来说明其对时间-电流特性的影响。

第一种狭颈形状如图1-3所示,狭颈呈方框形状,图中设曲线Ⅰ的长度为 Y ,曲线Ⅱ的长度为 $2Y$ 。在这种情况下,狭颈长度从 Y 增长到 $2Y$,时间-电流特性曲线的上半部将向左移动,即在过载电流较小时,曲线Ⅱ的动作时间具有明显比曲线Ⅰ要短得多。

第二种狭颈形状如图1-4所示,狭颈呈半圆形状,图中设曲线Ⅰ的狭颈宽度为 $1/2X$,曲线Ⅱ的狭颈宽度为 $1/4X$,在此情况下,狭颈宽度从 $1/2X$ 减小到 $1/4X$,时间-电流特性曲线的下半部将向左移动。即在大的过载电流到短路电流的范围时,曲线Ⅱ的动作时间明显比曲线Ⅰ的短。

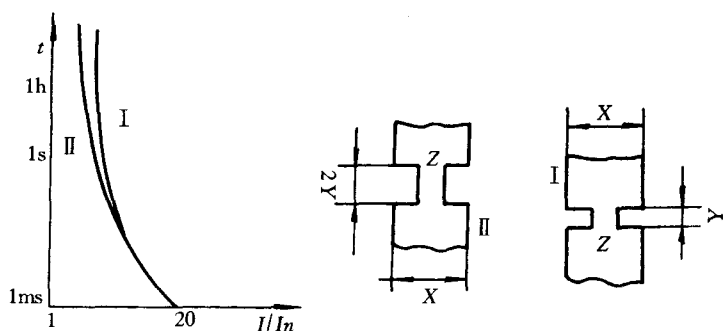


图 1-3 方框形狭颈熔体的时间-电流特性曲线

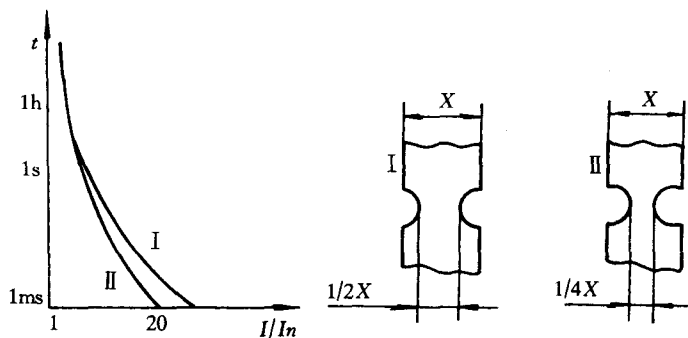


图 1-4 半圆形狭颈熔体的时间-电流特性曲线

二、熔体材料和熔体厚度的应用范围

在高压限流熔断器中,常采用纯银或电解铜作为熔断器的熔体材料。由于电解铜易氧化,至今尚未普遍采用。

熔体厚度的选择需要从各方面因素来考虑,例如,熔体结构的强度;在正常工作下的散热状况和在开断短路电流时的突然发热等,但主要考虑在正常工作下的散热,例如,额定电流为 200 A 的

熔断器,经常选取2片100 A的熔体并联来替代1片相同电流密度的熔体,如图1-5所示。这样,在正常工作下的温升有显著降低。

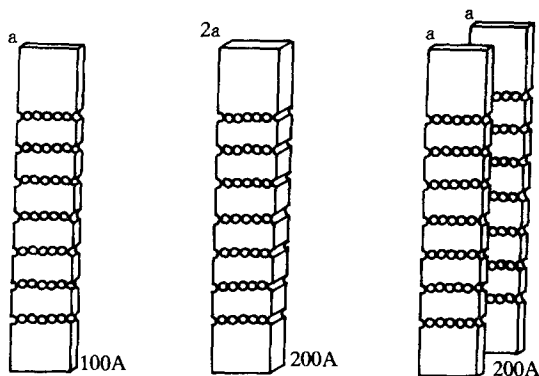


图1-5 熔体厚度的对比图

三、冶金效应的应用

为了缩短熔断器在过载电流时的熔化时间,常在熔体上设置软锡焊点。当熔断器一旦发生过载电流现象时,则在熔体的软锡焊点上发生扩散过程,即软锡焊点处的锡会渗透到纯银熔体材料中去,这种现象称作金属的扩散作用,也称作冶金效应。它可使这部分电阻不断增大,最终导致软锡焊点处加速熔化,而开断电路。利用软锡焊点可降低纯金属的熔化温度,例如,电解铜的熔点为 1080°C ,纯银的熔点为 960°C ,而加入软锡后,软锡焊点处的熔点可降低到 220°C 左右。这样,可使过载电流时的熔化时间缩短到几分钟甚至几秒钟,例如,图1-6所示为具有软锡焊点的熔体和无软锡焊点的熔体之间的时间-电流特性曲线的对比。图中曲线Ⅰ为无软锡焊点的时间-电流特性曲线和曲线Ⅱ为有软锡焊点的时间-电流特性曲线之间的差别。在软锡中再加入少量其它不同

的金属后,还可不同程度的降低熔体熔化温度。当前各熔断器制造厂都有各自的配方。

冶金效应的缺点容易使熔体老化,即时间-电流特性曲线的不稳定,为此,国外已有一些熔断器制造厂正在采取其它措施来改善过载电流的性能。

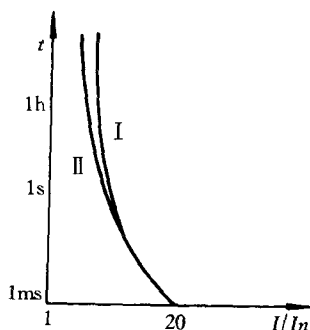


图 1-6 有软锡焊点和无软锡焊点的熔体的时间-电流特性曲线

I—熔体无软锡

II—熔体有软锡

四、外壳

外壳是用来安放熔体和石英砂(灭弧介质)的容器。它应具有良好的电气绝缘性能和能承受熔断器开断短路电流过程中产生的冲击压力(最高一般能达到 100 MPa 左右)。同时能经受短路电流产生的暂时的高温,短路电流通过时可能达到大约 300℃。所以到目前为止大多数高压熔断器制造厂一直采用高强度陶瓷或高氧化铝陶瓷作为熔断器的外壳。

熔断器的外壳两端连接有可向外导电的铜导体,根据国际规定有两种形式:圆筒形状(通常称作插入式)和平板形状(通常称作母线式)。外壳的一端还装有指示器或撞击器,指示器用来判断熔断器是否熔断,撞击器除用来指示熔断器是否熔断外,还同时用来在熔断器动作时推动相应的开关机构。

根据发展的趋势,熔断器的外壳,有些国家包括我国已部分开始采用耐高温的高强度玻璃纤维管来替代陶瓷外壳。

五、熔断器在三种不同工作状态的分析

(1) 正常电流下的工作状态