

# 封闭式低压成套开关柜内部引弧试验及防护措施探究

刘杲恒

(上海正泰智能科技有限公司 上海 200000)

**摘要:** 在现今电力系统建设中, 成套开关设备得到了广泛的应用, 并较好地发挥了作用。其中, 封闭式低压成套开关是应用较多的设备类型, 能够在具体应用中起到分配电能的作用, 其运行情况将直接关系到生产的安全性和稳定性。本文就封闭式低压成套开关柜内部引弧试验及防护措施进行了研究。

**关键词:** 封闭式; 低压成套开关柜; 内部引弧试验; 防护措施;

## 0 引言

在社会不断发展的过程中, 电力已经成为了社会发展中的重要资源类型。在现今企业、工厂与小区等场所中, 应用到了较多的成套开关设备, 在维护电力稳定运行方面发挥出了重要的作用。为了保证其运行稳定, 做好该设备燃弧故障的防护则成为了一项重点工作内容。尤其是在核电站等领域中, 目前已经要求需要经过内部引弧试验才能够运行。对此, 则需要能够在工作中做好把握, 应用科学措施做好试验与防护工作, 以保障开关柜的安全稳定运行。

## 1 内部故障电弧

低压成套开关设备在运行中, 当形成内部故障电弧时, 将形成热效应、弧光、压力和声响等。当该类故障发生后, 成套柜中的电柜温度将以较快的速度上升, 对周围空气进行加热, 在使空气膨胀的情况下形成较大的压力, 以此使成套开关设备内外部形成压力差, 可能因此使门爆开, 也有可能使成套柜中的部分部件因此飞出。同时, 当具有较长燃弧时间时, 释放出的能量也将大幅度增加, 释放出惊人的能量。尤其是在现今变压器运行中, 从故障电流检测至切断往往具有一定的时间, 也因此使内部故障电弧在形成后, 有较大的几率发生事故, 需要能够做好对应的防护。

## 2 试验规定要求

对于低压成套开关柜而言, 对其所开展故障引弧试验的重要意义, 即是对设备内部发生故障和在故障情况下对人员造成伤害的限制能力进行评价。就目前来说, 该项工作已经成为了用户与企业之间所达成一种协议的具有特殊特征的试验项目类型。

### 2.1 引弧点选择

在工作标准中, 要求在选择引弧点时需要保证在成

套设备中形成的电弧效应能够形成最大的压力, 在标准中推荐的引弧点有:

- (1) 出现功能单元的电源侧与负荷侧;
- (2) 主母线与分支母线方向;
- (3) 进线功能单元电源与负荷侧。

通常来说, 可以在具体工作中按照上述规定要求选择1个点开展试验活动, 同时需要选择最大极间距离点为引弧点, 以此使其能够形成更大能量与更长的电弧长度。同时, 对于开展试验的隔室也具有要求, 要求具有较多的元器件数量和较小的隔室体积, 以此保证能够形成较大的压力。

### 2.2 燃弧与引燃

在电弧的持续时间方面, 需要能够根据主回路器件动作时间开展选择, 一般情况下, 0.1 ~ 0.5s 是需要 在实验中进行持续的时间。在没有特殊要求的情况下, 可以根据 0.3s 选择引弧试验持续的时间。

电弧引燃方面, 需要在不接地相间位置进行引燃, 使用裸铜作为引燃线进行使用, 保证同邻近三相导体之间能够实现最短距离的连接。当使用到的试验电流不同时, 也将具有不同裸铜引燃线的规格。当试验目标回路没有设置限流保护装置时, 则需要能够严格按照要求选择引燃线。一般来说, 当试验电流在 25kA 以下时, 需要选择 0.75/mm<sup>2</sup> 截面的导线。当试验电流在 25 ~ 40kA 之间时, 需要选择 1/mm<sup>2</sup> 截面的导线。当试验电流在 40kA 以上时, 需要选择 1.5/mm<sup>2</sup> 截面的导线, 以此保证能够满足要求。同时, 如果限流保护装置可能会影响到试验电流, 也需要能够严格按照引燃线规格要求做好选择。

### 2.3 设置指示器

在试验活动开展中, 对指示器进行设置的目的, 即是观察故障电弧在试验中形成的热效应是否会伤害到人体。一般情况下, 会使用黑色面制作形成指示器, 其面积为 150mm × 150mm, 所处区域高度在 2m 以下。

通常情况下,高于开关柜2m以上的位置不会设置指示器,而在顶部位置则可以根据需求设置相应的泄压装置。

## 2.4 电弧防护分类

在现有标准中,对于封闭开关柜中的故障电弧防护分类也进行了明确。

### 2.4.1 提供人身保护

人身防护规定方面,需要保证装置盖板、门的使用状态正常,没有被打开。对于装置中可能导致发生危险的部件与设备,不得存在飞落的情况,其中包括有边缘较为锋利和体积较大的部件,包括有压力释放阀、观察窗与盖板等。电弧所形成的效应,如燃烧效应等,不能够在设备外表面和能够触及的位置生成孔洞。当指示器处于垂直放置状态时,没有被点燃,但其中因粘合剂、漆等点燃的情况除外。此外,成套设备外壳能够接近部件保护电路在此中依然有效。

根据这部分准则可以了解到,要想保证开关柜能够达到人身防护级别,则需要保证形成故障电弧和对应效应不会危害到人员,且非故障隔室与内部破坏导致发生故障隔室之间形成的影响也能够允许。可以说,该准则是对开关柜内部故障开展引弧试验活动的最为基础的要求。

### 2.4.2 提供设备防护

在标准中,对于开关设备防护合格的评判方面,在第一条相关准则要求的基础上,还增加以下准则:开关设备在运行中能够在引弧区域内限制电弧,在此中点互补会在成套设备其余的区域得到传播。在适用的情况下,还具有以下准则:对于受到受影响的功能单元,在对其进行拆卸和清除故障之后,需要保证经过1min时间1.5倍额定电压的验证,保证在此中设备的相关功能单元能够得到较好的应急运行。

根据该方面准则即可以了解到,要想保证开关柜在设备防护方面能够满足要求,则需要做好人身防护的基础上,保证区域中电弧不会对其他区域进行传播与影响。但在此中,如果区域中的相关器件发生了损坏情况则是被允许的。

## 2.5 重复试验

在第一次进行引燃试验中,在试验维持过程中电弧在不到一半时间时发生熄灭,且没有引燃,则需要同一位置进行一次重复的引燃试验。在此次此时中,如果持续时间还是没有达到要求,则不需要再进行重复的试验。对于同一个引燃点,最多可以进行2次试验,在第二次试验活动进行之前,需要保证开关柜始终保持初次试验的损伤状态,而不能以人为的方式进行修复。对于同一台开关柜,当开展多个点位试验活动时,则需要能够在新引燃活动进行前修复开关柜,以此保

证在新引燃实验活动进行之前,开关柜依然具有好的状态与性能。

## 3 防护措施

### 3.1 保护措施

对于门板上的观察窗与元器件,需要做好紧固措施的应用,避免电弧压力较大而使观察窗、元器件发生飞脱和破碎情况,进而对人员造成伤害。同时,也对于盖板、门板的机械强度具有要求。通常来说,可以使用厚度2mm的金属板制作形成盖板与门板。当两者具有较大的跨度与面积时,则可以做好加强筋的设置,同时做好重复折边措施的使用,同时要求做好门锁、铰链机械强度的关注,做好门板密封措施的使用,以此避免故障电弧从门缝位置释放速度较快。

从散热架角度考虑,如果需要在隔板、门板与盖板位置对通风孔进行设置,则需要能够做好对应措施的应用,避免电弧通过隔板通风孔对其余非燃弧格式产生影响,且能够避免电控经通风孔被释放。如果应用到自动关闭类型的活门装置,燃弧的存在则会在格式活门内外位置形成对应的压力差,以此使活门关闭。

要使用金属隔板分割开关柜功能单元、主母线与出线电缆,以此保证能够形成具有独立特征的隔室。在此中,需要做好4b分隔形式的使用,以此能够对不同区域间所产生的影响进行防止。而为了对燃弧隔室压力进行降低,在适用的情况下,需要在开关柜不同的隔室位置做好压力释放装置的设置,保证当达到一定压力时,该装置能够自动打开释放内部压力,以此能够有效避免盖板、门板发生飞落与冲开的危险。在开关柜方面,则可以在母线室顶板位置做好压力释放装置的设置,以此对分支母线、主母线在使用中因形成燃弧故障形成的压力危害进行减少。

要使用具有有限流能力的熔断器、断路器作为保护单元进行使用,以此对回路预期故障电流进行减少。通过该种方式的应用,不仅能够对短路电流降低所形成电力可能对设备造成的损害进行降低,且能够对故障热效应可能导致的损坏进行控制。同时,可以使用到快切保护系统。该系统在运行中,能够使用隔室回路电流、弧光作为判断的依据。在实际应用中,如果经过发现隔室中的回路电流、弧光信号存在增加异常的情况,系统则将第一时间将发生故障的母线切除,整个发生动作的时间在5~7ms之间,能够对短路电弧在形成之后对人员、设备造成的伤害进行有效地减少。同时需要注意到,该保护系统成本相对较高,没有在现阶段得到广泛的应用,因此也影响到了该系统的应用效果。

对于供电系统的上下级保护来说,一般是通过对装

置脱扣时间差的设定实现目标, 当同电源端距离越近时, 将具有更长的装置脱扣时间。对此, 当同电源端距离较近时, 当短路燃弧情况发生时, 将具有更长的电弧燃烧时间, 也将形成更高的温度与压力, 可能因此导致较大的危害。保护装置在运行中, 如果能够在保护选择性实现的基础上对脱扣时间进行减少, 即能够对电弧危害进行有效地降低。就目前来说, 很多断路器已经具备了区域选择连锁功能。

具体原理为: 如脱扣单元在运行中发现回路具有短路电流情况, 则将向上级断路器发送信号, 同时对下级断路器发送的信号进行检查。如果经过检测发现有信号发送, 断路器则会在脱扣器设定的延时间内始终处于合闸状态。而如果在检测中没有发现断路器信号, 断路器将在较短的时间内分闸, 而无论脱扣保护是否具有延时时间的设置。如当在某处位置发生短路情况时, 如果没有使用到选择连锁功能, 该电流会在 0.4s 延时之后分段, 此时电弧将最少具有 0.4s 的燃烧时间。而在该功能应用的情况下, 则能够以瞬时的方式分断故障电流, 以此对 0.4s 燃弧时间进行减少, 最大程度降低电弧存在对人身与设备所造成的危害。

### 3.2 预防措施

在主回路元器件方面, 需要使用绝缘隔板隔开主接线端子, 对于裸露在外的母线, 需要应用好热缩套管, 同时使用绝缘套做好母线之间连接位置的包覆, 将该系统放置在绝缘封罩与金属中。同时, 需要能够充分结合应用环境条件和开关柜类别情况, 包括有宏观、微观环境等, 以此对具有良好绝缘性能的绝缘支持件、元器件与绝缘导线进行选择。同时对设备回路绝缘件爬电距离与带电空气净距进行增加。

要充分结合开关柜条件做好开关柜通风措施与防护等级的设计, 同时做好回路容量裕度的考虑, 以此避免发生开关柜长时间运行在超负荷、满负荷的状态中, 以此保证温度在升高的过程中不会超出规定极限值, 以此避免绝缘件因脆裂、老化而导致发生电击穿情况。同时, 因在雷击和操作中可能存在过电压情况, 有可能发生绝缘击穿放电的问题, 导致短路起弧情况的发生。对此, 则需要在过电压线路中做好抑制装置的设置, 以此避免发生过电压情况的发生。此外, 也需要做好机械闭锁和电气装置的设置, 通过这部分方式的应用避免操作失误导致发生内部故障问题, 也需要避免发生带负荷插入/抽出抽屉单元的情况。

在实际应用中, 绝缘材料具有吸湿的特征, 在受潮后, 绝缘性能下降明显。当天气较为潮湿的情况下, 柜

内具有较高的湿度, 并因此可能导致绝缘表面结露闪络的问题。对于该种情况, 则可以在隔室内部做好防凝露加热器的设置, 在条件允许的情况下, 也可以在开关柜场所做好除湿器的安装, 以此即能够在对相对湿度有效降低的同时, 而不会对开关柜温度进行增加, 能够获得较好的效果。

## 4 结语

在电力运行中, 低压成套开关柜可以说是重要的设备类型, 对于电力运行的稳定性具有十分重要的作用。在上文中, 我们对封闭式低压成套开关柜内部引弧试验及防护措施进行了一定的研究。在实际工作开展中, 需要充分结合电气接线方式、所处环境条件、开关柜特征与成本等, 做好防护措施的科学与应用。同时, 也要做好人员的培训与教育, 做好工作制度与维护计划的制定与实施, 从多方面入手充分保障设备的稳定安全运行。

### 参考文献:

- [1] 陈炎亮. 封闭式低压成套开关柜内部引弧试验及防护措施[J]. 低压电器, 2011(8): 51-54.
- [2] 林邓伟. 中压开关柜内部故障电弧防护措施研究[J]. 中国新技术新产品, 2020(16): 43-44.
- [3] 沈海滨, 雷挺, 贺子鸣, 等. 10kV 线路用多腔室间隙防雷装置工频续流遮断能力选择建议[J]. 电网技术, 2019, 43(4): 1480-1486.
- [4] 齐斌. 110kV GIS 配电装置中 CT 二次回路开路分析与处理[J]. 安徽电气工程职业技术学院学报, 2013, 18(1): 53-55.
- [5] 吴家安, 郭朝旭. 带选择性检漏保护的矿用一般型低压开关柜的试用[J]. 煤炭技术, 2003, 22(7): 25-26.
- [6] 方文波. 中压柜内部电弧故障的防护措施探讨[J]. 现代工业经济和信息化, 2017(23): 28-29+35.
- [7] 胡丁尹, 宇文博, 金庆滨, 等. 12kV 开关柜内部电弧故障两相试验研究与分析[J]. 电器与能效管理技术, 2020(9): 72-78.
- [8] 王铮. 低压综合配电箱内部故障电弧防护的试验研究[J]. 电器与能效管理技术, 2016(12): 42-45+55.
- [10] 马忠民. 大电流配电系统中中压开关柜工程设计要点分析[J]. 电力系统装备, 2019(12): 47-48.

作者简介: 刘杲恒(1984.05-), 男, 汉族, 河南许昌人, 本科, 研究方向: 机电控制。