

高压输电线路瓷质绝缘子炸裂分析及对策

吕 丽

乌海职业技术学院 内蒙古乌海 016000

摘要: 本文对高压瓷质绝缘子的结构、膨胀系数以及电气性能等进行了简单介绍,分析了高压输电线路中瓷质绝缘子劣化的原理及其发展规律,以此提出高压输电线路瓷质绝缘子炸裂原因,并选取实际案例进行研究,最后提出应对措施与策略,旨在提高高压输电线路瓷质绝缘子的应用效果,为保障输电线路正常运行提供理论支持。

关键词: 高压输电线路;瓷质绝缘子;炸裂原因;对策

Analysis and Countermeasures of High-voltage Transmission Line

Li Lv

Wuhai Vocational and Technical College Wuhai City, Inner Mongolia 016000

Abstract: This paper introduces the structure, expansion coefficient and electrical performance of high voltage porcelain insulator, analyzes the principle of porcelain insulator deterioration in high voltage transmission line and the development rules, and selects the actual case, and proposes to improve the application effect of high voltage transmission line porcelain insulator, and provide theoretical support to guarantee the normal operation of transmission lines.

Keywords: high voltage transmission line; porcelain insulator; cracking reason; countermeasures

引言:

在高压输电线路中,瓷质绝缘子有着比较广泛的应用,其性能优势在电气、机械方面都能够得到体现,与此同时,这种类型的绝缘子还具有良好的耐电弧、抗污闪、抗老化等性能,对于高压输电线路而言具有较高的应用价值。值得一提的是,瓷质绝缘子在高压输电线路中依然暴露出一些问题,其中绝缘子炸裂事件比较常见。例如某项目中330kV变电站门架位置的绝缘子因采用劣质材料而导致炸裂,从而给整个输电系统的运行安全性与稳定性造成了严重的影响。鉴于此,在高压输电线路瓷质绝缘子的使用过程中,必须结合实际情况对炸裂事件进行全方位分析与研究,找到问题产生的原因,从而采取相应的维护管理措施,以此改善高压输电线路的运行效果。

一、高压瓷质绝缘子概述

1. 基本结构

高压瓷质绝缘子的主要构成部分包括钢帽、钢脚、绝缘电瓷以及填充料等等。其中绝缘电瓷是按照一定的

配比,由塑性粘土、石英砂以及微晶花岗岩等材料制作而成,经过相应处理后,将瓷釉均匀的附着在绝缘子表面并进行烧结,最后制成瓷质材料,其在绝缘性以及耐压强度方面具有比较突出的优势。

通常情况下,高压瓷质绝缘子中的填充料选择的是硅酸盐水泥,这种水泥采用较高标号。在实际制作时,水泥会制作成楔性来填充到绝缘子中的钢帽与钢脚中,从而避免二者产生松动。绝缘子钢帽的制作材料为高硅可锻铸铁,这种材料能够达到0.4~0.6MPa的破坏强度,钢脚的制作材料为结构钢,这种材料具有良好的耐腐蚀性,并且机械强度也有着比较理想的表现。

从种类上来看,不同的高压瓷质绝缘子大多拥有相似的结构形式,这些绝缘子主要是通过瓷件来进行类别的划分的。例如双层伞形结构瓷质绝缘子,这种绝缘子具有较长的爬电距离以及良好的防污能力,自然积污率处于较低的水平,相较于其他绝缘子具有更高的应用价值。

2. 膨胀系数

高压瓷质绝缘子拥有各类部件,例如瓷件、水泥、金属等等,不同部件的膨胀系数也有所差异。由于绝缘子是处于大气环境中运行的,机电负荷、极端气候影响

作者信息: 吕丽,1988.6.8,女,内蒙古巴彦淖尔市,硕士,电力方向。

以及冷热交替等因素都会对其性能造成影响, 随着时间的推移, 绝缘子中各部件就会因为膨胀系数不同而产生内部应力, 疲劳程度不断提高, 最终导致绝缘子老化, 其机械强度、绝缘性能也会随之被弱化。

3. 电气性能

高压瓷质绝缘子主要包含了沿面闪络电压与击穿电压等方面的电气性能。具体来讲, 沿面闪络属于绝缘子的放电形式, 其中湿闪与污闪最为常见。在保持长时间的运行状态的情况下, 在工频电压、暂态电压以及雷过电压等发生波动的情况下, 绝缘子闪络现象就会形成, 并在其表面以及空气中得到体现。击穿电压则是与绝缘子电介质质量有较为紧密的联系。

二、高压输电线路瓷质绝缘子劣化分析

1. 劣化原理

在高压输电线路运行过程中, 由于绝缘子长期受到机电联合作用的影响, 其绝缘性能以及机械强度将会持续被弱化, 对于瓷质绝缘子来讲, 由于其生产工艺并不相同, 那么此时绝缘子的老化现象在所难免, 最终向劣化绝缘子演变。当绝缘子发生劣化后, 其绝缘子串的爬电距离将大幅度缩减, 并且有很高的概率发生闪络现象。相关统计表明, 瓷质绝缘子发生劣化的概率最大为0.66%。

2. 劣化规律

劣化瓷质绝缘子的形成, 与其使用时间有着密切的联系。具体来讲, 其产生过程可以分为三个阶段, 即早期、偶然期以及损耗期, 具体阐述如下: 劣化早期主要是处在绝缘子投入使用的1a~3a时间段, 期间绝缘子出现零值的情况相对较多。究其原因, 就在于新的瓷质绝缘子受到运行载荷的影响而暴露出本身的不良状态。劣化的偶然期, 绝缘子的机械强度持续弱化, 当然相较于早期这一状态相对稳定, 并不会出现较多的零值现象。在运行时间不断增加的情况下, 绝缘子开始进入到劣化损耗期, 这一阶段受到机电联合负荷的影响, 绝缘子将会进入到高劣化率的状态, 机电强度的衰减也更加显著, 此时低值或零值绝缘子发生率也在不断增长。

3. 炸裂机理

相关研究表明, 瓷质绝缘子在通过大量电流的情况下, 会因为劣化而发生炸裂。在高压输电线路中, 如果瓷质绝缘子中存在零值、低值情况, 那么在工频过电压的作用下, 绝缘子会有工频闪络现象发生, 再比如雷击也会有击穿电压产生, 此时绝缘子内部通过的电流会将水分或空气击穿, 使得绝缘子内部温度急剧上升, 从而导致绝缘子钢帽炸裂, 使绝缘子串断裂甚至导线落地。

相关研究机构在对高压输电线路绝缘子串的分布研究中获得数据, 并发现整串的绝缘子中, 会随机发生劣化现象, 这部分绝缘子的劣化与其所处位置并没有太大

的关联性, 换言之, 绝缘子劣化具有随机性特点。其次, 绝缘子串中发生劣化现象, 会对其整体的电压分布造成一定的影响, 从而导致绝缘子串中其他正常的绝缘子受到高压的冲击, 在劣化绝缘子较多的情况下, 其他正常的绝缘子将会承受更大的分布电压, 此时这部分绝缘子也会向劣化方向演变, 从而导致整个绝缘子串失效炸裂。此外, 如果绝缘子串中的劣化数量达到一定值, 这部分劣化的绝缘子也会因为通过了大电流而发生炸裂, 进而导致其整体爬电距离大幅度缩减, 绝缘性能急剧弱化, 在连锁反应下, 其他绝缘子炸裂的概率也会大大增加, 并且由于绝缘子内部升温, 使得整串绝缘子炸裂, 导致线路跳闸停运。

三、高压输电线路瓷质绝缘子炸裂案例分析

1. 案例概况

2019年5月, 某220kV二回线05开关纵联差动保护动作, A相跳闸, 成功重合。在巡视与检查现场的过程中, 电力部门技术人员发现故障点位于某塔位置, A相大号侧耐张串整串绝缘子炸裂, 地面散落了大量碎片与钢帽。通过对碎片的调查与分析, 发现其有比较显著的熏黑迹象, 并且掉落的钢帽大部分表面因为电弧灼伤而被破坏。

该线路全长24km, 运行时长约为72个月, 有62杆塔, 其中发生事故杆塔所处位置靠近变电站。整个事故的发生过程, 故障点所处的气候条件都相对良好, 根据故障录波对A相符合电流与故障电流加以确定, 并于48ms切除故障并重新合闸。

2. 现场条件

在检查雷电定位系统的信息后, 发现案例中的线路在跳闸前后10min, 线路走廊3km范围内并没有落雷现象, 因此雷击导致的跳闸可以排除。根据对应的故障时段, 故障点所处的气候环境相对理想, 并没有极端天气对其运行造成影响, 故障杆塔所处位置也与公路有一定的距离, 周围也没有其他污染因素, 因此污闪跳闸也不在考虑范围内。

3. 试验结果与分析

在故障发生后, 故障杆塔炸裂的绝缘子范围确定后, 发现其余两相绝缘子并没有发生同样的情况, 但不能排除这部分绝缘子受到了炸裂的影响, 在事故发生后, 其绝缘情况也出现了一定的波动。与此同时, 相邻杆塔之间的绝缘子串不管是厂家、批次以及型号都完全相同。鉴于此, 为了进一步分析事故原因, 对事故数据进行记录与查询, 检修人员第一时间采取停电措施, 并拆下相应的绝缘子并展开检查。在运行状态下, 绝缘子串主要发挥的是其绝缘性能, 因此对未炸裂绝缘子的检查工作, 首先就是绝缘电阻的性能检测。

针对故障点杆塔及其相邻杆塔的瓷质绝缘子拆下并

进行性能检测,根据检测结果,发现破损的绝缘子总计2片,其他绝缘子没有外观破损,并且钢帽与钢脚也没有被破坏。基于对绝缘子绝缘性能的检测与试验,发现大部分绝缘子均属于非零值,有约40%的绝缘子为零值或低值。根据相关规定,瓷质绝缘子的在运行中的电阻值应该在300MΩ以上。根据绝缘电阻试验结果及相关规定,如果220kV绝缘子串中有超过3片的劣化绝缘子,那么就必须要对整串绝缘子进行更换,在故障点杆塔与相邻杆塔的检查中,发现有3片及以上的劣化绝缘子的绝缘子串总计5串。

根据试验分析结果,可以确定本次事故主要是因为故障点杆塔左相绝缘子部分存在较多劣化现象,导致绝缘子串的爬电距离大幅度缩减,因此在运行工频电压的作用下,绝缘子内部通过20kA的故障电流,该电流向大地流入后,导致劣化绝缘子伞裙炸裂,使得绝缘子爬电距离大幅度缩减,其绝缘性能在短时间内被削弱,在连锁反映下,其他绝缘子也发生了同样的炸裂事故,绝缘子串内部温度急剧升高,造成绝缘子串整体炸裂并引发电力事故。

四、高压输电线路瓷质绝缘子炸裂防范对策探讨

1. 加强运行期绝缘子差异化检测

针对高压输电线路瓷质绝缘子炸裂事件,要求电力部门技术检修人员严格按照规程要求对绝缘子测试周期进行合理设计。在特定情况下,需要扩大检测范围,例如绝缘子开裂、钢帽开裂、水泥浇筑以及钢帽位移等等。站在运维单位的角度,在检测过程中需要结合实际情况作出调整,不能完全照搬规程,确保不会出现检测空档期导致发生绝缘子劣化现象。电力部门应该遵循全面性原则,对所有线路、杆塔、绝缘子串的信息进行调查与统计,确定其型号、厂家、批次以及运行市场等等。如果绝缘子投入使用超过20a,或者杆塔所处的环境污染情况比较严重,再比如雷雨气候较多,那么这部分绝缘子的检测应该遵循差异化原则,重新设计检测与清理周期,确保劣化绝缘子能够在第一时间发现,从而有效规避炸裂事故发生。

2. 完善基建阶段绝缘子使用前检测

在输电线路建设过程中,施工人员也必须严格按照规范要求来安装绝缘子,同时做好相应的测试,利用2500V兆欧表抽查同一批次绝缘子产品,抽查数量不得低于10%,具体的测试标准如下:干燥条件下电压等级不超过330kV的绝缘子,应该保持超过300MΩ的绝缘电阻,电压等级超过500kV的绝缘子,应该维持超过500MΩ的绝缘电阻。在检测过程中,如果发现绝缘子不合格,则应该予以退场处理,严禁投入使用。当同一批次的绝缘子的合格率低于99.98%,就必须对不合格因素进行分析,采取逐片工频耐压试验或者抽样试验的方式,

对施工质量进行严格控制,确保整个电力工程建设符合规范标准要求。

3. 加强入网阶段绝缘子质量控制

在入网阶段,绝缘子质量控制工作也应该严格遵守相关规范标准,绝缘子入网应该采取抽样试验与逐片试验的方式,在发现绝缘子质量不达标的情况,必须严禁其入网投入使用,如此才能从根源上规避绝缘子炸裂事故发生。

就整体而言,本文所述案例线路中,由于劣化绝缘子数量较多,受到工频短路电流的影响,绝缘子内部的温度急剧上升,导致绝缘子发生大规模的炸裂事故。在线路的检修方面,针对上述事故,应该制定周期以完善瓷质绝缘子的检测工作,同时还要遵循有效性原则优化检测方法,一旦发现绝缘子有劣化现象,就应该采取应急处理措施,确保线路运行处于一个安全状态,为推动电力系统发展奠定坚实的基础。

五、结语

总而言之,在高压输电线路中,瓷质绝缘子具有很高的应用价值,然而受到多方面因素的影响,在实际使用过程中绝缘子会因为发生劣化现象而炸裂,从而导致整个输电线路发生故障甚至事故。针对此,我们有必要针对绝缘子炸裂事件进行细致的研究与分析,找到事件的根源所在并采取应对措施,以此提高绝缘子使用质量,为保障输电线路正常运行提供有力支持。

参考文献:

- [1]卢奇,周学明,张斌,等.高压输电线路瓷质绝缘子炸裂分析及对策[J].湖北电力,2019,43(6):22-27.
- [2]蒋兴良,胡琴.瓷质悬式绝缘子非接触式检测方法[C]//第二届全国架空输电线路技术研讨会论文集.2009:197-209.
- [3]陶留海.红外检测技术在特高压交流输电线路瓷质绝缘子带电检测中的应用[C]//输电线路运行维护新技术交流会暨中国电机工程学会输电线路专业委员会运行学组2015年学术年会论文集.2015:321-331.
- [4]陆利平,张文杰.浅谈架空输电线路绝缘子的选择[J].湖州师范学院学报,2006,28(z1):140-142,199.
- [5]李凌,余佳佳,陈明德.220kV劣化瓷绝缘子对猫头塔悬垂串电场分布影响仿真分析[J].中国水运(下半月),2017,17(8):163-166,170.
- [6]西安交通大学.一种沙漠干旱区域高压输电线路绝缘子选型方法:CN201210002722.1[P].2012-07-04.
- [7]华北电力大学(北京).一种带电检测高压输电线路绝缘子的方法:CN02158545.8[P].2003-05-21.
- [8]秦莉娟.基于绝缘子泄漏电流的污闪预测方法研究[D].四川:西南交通大学,2016.