

架空输电线路复合绝缘子掉串原因分析及对策

李龙江

(四川省电力公司, 四川 成都 610041)

摘要: 文章收集了四川省电力公司范围内挂网运行复合绝缘子重要掉串事件, 对芯棒脆断机理进行了深入分析, 提出了早期复合绝缘子由于结构缺陷导致芯棒渗水酸化脆断的结论。并对目前四川复合绝缘子运行中存在的问题进行了分析, 对今后如何做好复合绝缘子运行工作提出了建议和意见。

关键词: 输电线路; 复合绝缘子; 掉串; 分析; 对策

Abstract: The important affairs of composite insulator string dropping in Sichuan Electric Power Corporation (SPEC) are described. The mechanism of brittle fracture of insulator rod is analyzed, and the conclusion is proposed that the acidification and brittle fracture of the early composite insulator rod are caused by water penetration due to structural defects. Furthermore, the problems existing in the composite insulators that are in operation presently in SPEC are analyzed, and the advices and suggestions are proposed for the composite insulator in the future work.

Key words: transmission line; composite insulator; insulator string dropping; analysis; countermeasure

中图分类号: TM216 **文献标识码:** B **文章编号:** 1003-6954(2009)03-0079-03

四川电网从 20 世纪 80 年代以来开始在网内使用复合绝缘子, 目前仍然挂网运行的主要是 20 世纪 90 年代末以来的产品, 由于早期复合绝缘子的生产工艺相对较为落后, 再加上运行时间长, 复合绝缘子掉串情况近年呈增多的趋势, 220 kV 及以上输电线路复合绝缘子掉串 2005 年发生一起, 2007 年发生了两起, 2008 年发生一起。复合绝缘子在网内使用量较大, 且部分运行时间较长, 并缺乏有效的检测手段, 绝缘子运行情况很难真实反映, 复合绝缘子的掉串很难预防, 为了加强复合绝缘子运行维护, 充分认识复合绝缘子掉串原因, 解决早期复合绝缘子的掉串问题, 特对四川省近年来的几起掉串情况进行分析, 并结合了国内相应事故情况, 查找事故原因, 寻找对策, 现将分析如下。

1 复合绝缘子使用情况

四川电网从 20 世纪 80 年代末开始在输电线路上使用复合绝缘子, 最初是在重污秽地区使用, 后来由于复合绝缘子优异的性能而在各种污秽等级的地区广泛的使用。到目前为止四川电网复合绝缘子使用在从 110 kV 到 500 kV 各电压等级的线路上, 其中以 110 kV 和 220 kV 线路为主, 500 kV 线路由于四川电网本身发展较晚, 线路长度相比 110 kV 和 220 kV 线路也较短, 复合绝缘子使用数量相对较少, 主要在

这几年才开始逐渐在 500 kV 线路上使用。四川电网 110 kV 到 500 kV 线路使用复合绝缘子数量情况及相应生产厂家见表 1。

表 1 四川电网 110~500 kV 线路使用复合绝缘子情况表

电压等级 (kV)	使用数量 (支)	生产厂家
110	29 797	广州迈克林电力有限公司、襄樊
220	22 616	国网合成绝缘子股份有限公司、
500	1 949	淄博泰光电力器材厂、保定电力 修造厂、广州 MPC 国际电工等

目前挂网在运的复合绝缘子, 最早的是 1996 年东莞高能生产的 110 kV 绝缘子, 1997、1998、1999 年生产的复合绝缘子大量在电网上使用, 共计有 8 570 支, 其中 110 kV 有 6 063 支、220 kV 有 2 015 支、500 kV 有 492 支。

2 复合绝缘子掉串事件

2.1 220 kV 东平二线 2005 年掉串事件

2005 年 9 月 14 日 11 时左右, 220 kV 东平二线 18 号耐张塔 A 相小号侧一支合成绝缘子发生了断裂故障。断裂点为带电侧碗头后靠近“均压环安装点”的位置。

2.2 220 kV 长代东 2007 年掉串

2007 年 10 月 16 日 00:24, 220 kV 长代东 134 号塔中相耐张串复合绝缘子靠近导线侧芯棒断裂, 导线

由引流支撑管连接,引流线对塔身距离不够放电,线路跳闸,重合不成功。铁塔塔头有变形,线路停运近 40 小时。

2.3 220 kV 黄孜线 2007 年掉串

2007 年 9 月 26 日,发现 220 kV 黄孜线 53 号塔大号侧中相一串复合绝缘子靠近导线侧芯棒断裂,9 月 27 日对 53 号塔绝缘子全部进行了停电更换。

2.4 500 kV 普洪二线 2008 年掉串

2008 年 8 月 9 日,发现 500 kV 普洪二线 402 号塔 B 相左串复合绝缘子靠近导线侧芯棒断裂,导线侧端头金具与芯棒结合处内部有锈蚀。

2.5 500 kV 邯蕩 III 线、神侯 I 线掉串

2006 年 3 月 16 日邯蕩 III 线复合绝缘子掉串,2006 年 6 月 23 日神侯 I 线复合绝缘子掉串。

3 复合绝缘子断裂原因分析

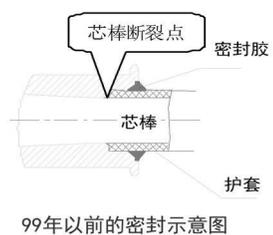
3.1 芯棒脆断面形成的机理

复合绝缘子芯棒采用环氧树脂玻璃纤维挤拉成型,玻璃纤维外表面被环氧树脂粘合着,其中承受负荷的是玻璃纤维,其拉伸强度超过 600 MPa。雨水和潮气在高压电场下极易形成酸性液体,如果复合绝缘子端部密封不良或外护套破坏,酸液就会沿着护套和芯棒界面渗入芯棒内部,从而导致环氧树脂溶胀,直至开裂解体。随着环氧树脂基体的破坏,酸和水介质浸蚀环氧树脂与玻璃纤维粘接面,造成粘接面剥离,使酸和水介质直接接触及玻璃纤维表面,与玻璃纤维中的 CaO 及 MgO 等碱性氧化物接触,这些碱性氧化物与酸液反应,使得碱性氧化物溶解,在玻璃纤维的晶格中形成高应力区,导致微裂纹和玻璃纤维机械性能的下降直至断裂。随着时间的推移,这些酸性液体在电场作用下继续横向缓慢腐蚀周围的环氧树脂和玻璃纤维,逐渐形成完全丧失机械性能的平整脆断面。脆断面不断扩大,芯棒有效面积不断缩小,当脆断面发展到相当比例时,余下的部分承受不住导线的垂直荷载,最终导致脆断。

3.2 断裂原因分析

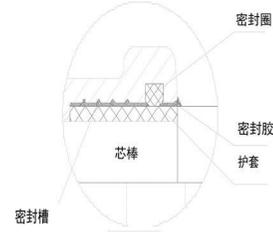
1) 早期绝缘子结构缺陷分析:根据掉串的情况来看,芯棒断裂位置基本为绝缘护套与金具连接处,如图 1 所示。早期绝缘子的端部密封结构如图 1 所示,其密封只有一道关口,即密封胶,密封胶在运行环境中容易老化。再加上原来的端部连接工艺为内楔

式,一旦密封胶老化开裂,雨水很容易沿护套和金具缝隙渗透至芯棒,从而导致芯棒酸化脆断。从断面点来看,断面点基本位于球头金具与芯棒连接面金具内侧约 1 cm 处,断面基本光滑平整,也证明结构缺陷是导致绝缘子掉串的主要原因。



99 年以前的密封示意图

图 1 1999 年以前的密封示意图



2001 年至今的密封示意图

图 2 2001 年至今的密封示意图

2) 绝缘子高压侧由于电场强度大,长时间电晕作用,使得绝缘子端部密封在高电场和电晕作用下破损,雨水进入芯棒与金具连接部位,导致连接处的芯棒酸化,在应力作用下发生脆断。如 500 kV 普洪二线连接处的金具内表面已出现锈蚀,充分说明雨水长时间渗透所致。

3) 由于早期绝缘子的工艺较为落后,一方面芯棒是普通芯棒,耐酸性能较差,一旦雨水渗透,极易发生芯棒酸化脆断。

4) 早期的复合绝缘子均压环设计不合理,均压效果不理想,再加上施工单位对均压环认识不够,存在均压环安装位置弄反的情况,结果不但改善不了电场分布,相反使高压侧电场进一步畸变,场强进一步增强,从而导致端部密封胶老化加速。

5) 新的端部密封工艺分析。新的端部密封工艺彻底解决了由于端部密封不严可能导致的掉串事件,从图 2 可以看出,新的端部密封工艺采用了三道关进行密封处理,第一道仍为密封胶,第二道为密封圈,第三道为密封槽,当密封胶老化失效时,密封圈和密封槽立即发挥作用,由于密封圈和密封槽均处于内部,其受环境影响较小,不易发生老化,故封堵性能较好,所以很难发生雨水渗透到芯棒的情况,从而较好防止了由于雨水渗透导致的掉串,提高了复合绝缘子的使

使用寿命。

4 存在的问题

1)老工艺生产的绝缘子仍大量挂网运行。1997、1998、1999年生产的复合绝缘子大量在电网上使用,共计有 8 570支,其中 110 kV有 6 063支、220 kV有 2 015支、500 kV有 492支。

2)对绝缘子的检测手段有限。由于复合绝缘子内部故障的监测手段有限,很难提前发现复合绝缘子的内部故障,特别是复合绝缘子的端部密封试验开展难度较大。

3)在运复合绝缘子的抽检工作难度较大。四川省电力公司已出台复合绝缘子运行规程,但复合绝缘子按规程的抽检工作开展较少,目前没有形成一套完善的抽检机制。

5 复合绝缘子运行维护工作思考

1)安排更换挂网运行的早期复合绝缘子产品。对采用淘汰工艺生产的早期绝缘子逐步安排进行更

换。

2)开展复合绝缘子抽检工作。开展全省复合绝缘子样品抽检工作,特别是端部密封试验。

3)加强对质量可疑厂家运行产品的跟踪监测。四川省在运复合绝缘子生产厂家较多,部分厂家已经倒闭,部分厂家生产能力较小,应加强对此类厂家的产品进行加量抽检,以便及时发现问题。

4)加强在运复合绝缘子单改双工作。对大档距、大高差、重要跨越点、居民区的复合绝缘子实施单改双工作,以避免掉串导致的不良后果。

5)开展红外成像仪检测复合绝缘子研究。根据复合绝缘子出现缺陷后,可能产生热成像图像突变的情况,着手研究红外成像仪检测复合绝缘子。

6)开展在运复合绝缘子运行情况研究与分析。进一步摸清四川省在运复合绝缘子情况,针对不同厂家、不同运行条件、不同运行环境,开展早期复合绝缘子运行情况分析,抽取一定样品开展分析工作,对早期各厂家的复合绝缘子进行全面、正确的评估,特别是要加大对耐张和大档距杆塔复合绝缘子的运行情况研究。

(收稿日期:2008-12-01)

(上接第 70 页)

(6)完全不受负载影响,消除了测量数据传输过程中的系统误差。数字化的电流电压信号在传输到二次设备和二次设备处理的过程中均不会产生附加误差,提升了保护系统、测量系统和计量系统的系统精度。

(7)简化了二次系统的试验:①一次和二次无直接电联系,不存在 TV 短路, TA 开路问题,提高了现场试验接线安全性;②数字信号替代了传统模拟量输入信号,无需进行模拟量输入准确度校验;③无需校验互感器的极性,无需进行二次回路接线检查;④ 无需回路绝缘电阻测试,回路压降测试,回路接地的检查。

2.5.2 经济效益

(1)常规的综合自动化变电站仍存在复杂的二次回路,控制电缆用量较大,且电压等级越高,控制电缆用量越大。

数字化变电站中大量采用光纤和网线作为信息交换的介质,控制电缆用量将明显降低,体现了一定的经济效益。

(2)全站按照 IEC 61850通信标准构建,体现了国际自动化技术发展最新潮流和理念。基于 IEC 61850构建的自动化系统具有良好的互操作性和长期稳定性,降低了改建、扩建的系统升级、调试成本,保护了用户的投资。

2.5.3 社会效益

(1)电子式互感器的应用解决了传统互感器的饱和、铁磁谐振、绝缘油爆炸、六氟化硫泄漏等问题,体现了环保、节能、以人为本的理念。

(2)控制电缆用量大大减少,降低了有色金属消耗,有利于社会的可持续性发展。

参考文献

- [1] 李九虎,郑玉平,古世东,须雷.电子式互感器在数字化变电站的应用 [J].电力系统自动化,2007(7):94-98.
- [2] 杨奇逊.变电站综合自动化技术发展趋势 [J].电力系统自动化,1995,(10):7-9.
- [3] 高翔.数字化变电站应用展望 [J].华东电力,2006,(8)47-53.

(收稿日期:2009-01-04)