

GIS 设备现场交流耐压试验放电故障定位与分析

邱 炜¹ 刘 石²

(1. 国网成都供电公司, 四川 成都 610041; 2. 国网浙江省电力公司电力科学研究院, 浙江 杭州 310014)

摘要: 现场交流耐压试验是 GIS 设备装配完成投运前最重要的交接试验之一。结合超声波局部放电检测、SF₆ 气体分解物测量等技术手段, 定位分析了 2 起变电站 GIS 交流耐压过程中的放电故障。根据 GIS 设备结构特点, 介绍了超声波传感器的布置原则, 有效地提高了故障定位效率并且节省故障处理时间。分析了造成 2 起放电故障的盆式绝缘子沿面闪络主要原因, 最后提出了 GIS 在结构设计、现场安装调试等方面的几点建议。

关键词: GIS; 交流耐压试验; 放电故障; 局部放电; 超声波

Abstract: The AC withstand voltage test of GIS is one of the most important hand-over tests before being put into operation. Combing with the ultrasonic partial discharge detection and the decomposition products measurement of SF₆, two discharge faults of GIS in the process of AC withstand voltage are located and analyzed. The layout principle of ultrasonic sensors is introduced according to the structure characteristics of GIS, which can effectively improve the efficiency of locating the discharge fault and reducing the fault processing time. The main reasons of surface flashover of the basin type insulators which causes two discharge faults are analyzed. Finally, some suggestions on the structure design, on-site installation and testing of GIS are proposed.

Key words: GIS; AC withstand voltage test; discharge fault; partial discharge; ultrasonic

中图分类号: TM835 文献标志码: B 文章编号: 1003-6954(2016)05-0067-04

DOI:10.16527/j.cnki.cn51-1315/tm.2016.05.015

GIS 具有占地面积较小、密封性好、受环境影响较小、运行可靠性高、检修周期长、维护工作量少、运行费用低等显著优点, 在各省电力公司 110 kV 及以上变电站及发电厂都得到了广泛应用。

为检查 GIS 设备在总体装配后是否存在各种导致内部故障的隐患, 需要在现场实施交流耐压试验, 验证其绝缘性能是否良好, 以保证其安全投入运行。在试验过程中如果发生击穿放电, 需要尽快找到放电气室, 对怀疑的气室解体、检查绝缘, 经处理后再一次耐压试验合格后才能投入运行^[1-2]。

目前, 在 GIS 设备现场耐压试验中, 一般采用多名试验人员分布在耐压试验区域的 GIS 外壳附近, 通过听 GIS 放电击穿时产生的声音, 大致判断放电发生在哪个间隔, 再利用断路器和隔离开关将整个 GIS 进行分段, 重复多次耐压试验, 确定故障位置, 然后开罐检查, 寻找故障点。这种方法只能判断出故障范围, 不能进行精确定位, 而且需要多次重复加压, 势必对设备绝缘造成损伤。

超声波局部放电检测已经在 GIS 的带电检测中得到了广泛应用^[2-5], 使用多个超声波传感器接收 GIS 放电击穿时产生的超声波信号, 通过测量超声波信号的幅值大小和超声信号之间的时间差可以对

缺陷所在的气室进行定位。

在 GIS 耐压试验中, 由于间隔设备数量较多, 需要尽可能多地使用超声传感器, 而传感器的安装固定较为费时, 因此, 如何优化布置传感器的位置, 在有限数量传感器的情况下实现放电故障精确定位是目前耐压试验面临的一大难题。

根据设备结构特点, 在现场交流耐压试验过程中优化布置超声波传感器安装位置, 利用超声波信号和 SF₆ 分解产物测量等多种手段^[6-10], 定位了 GIS 现场交流耐压试验时的多处放电故障点, 分析了引起盆式绝缘子沿面闪络的主要原因, 提出了相应的对策与建议。

1 试验方法

某 500 kV 变电站采用 3/2 方式接线, 为户外 GIS 设备, 2 台主变压器, 6 条出线, 组成 1 个完整串, 6 个不完整串, 共 15 个断路器间隔, 主接线图如图 1 所示。

考虑到耐压设备容量以及母线电磁式电压互感器参与耐压(为防止铁心饱和, 厂家要求试验频率在 50 Hz 以上), 试验共分为 2 个区域进行, 其中图

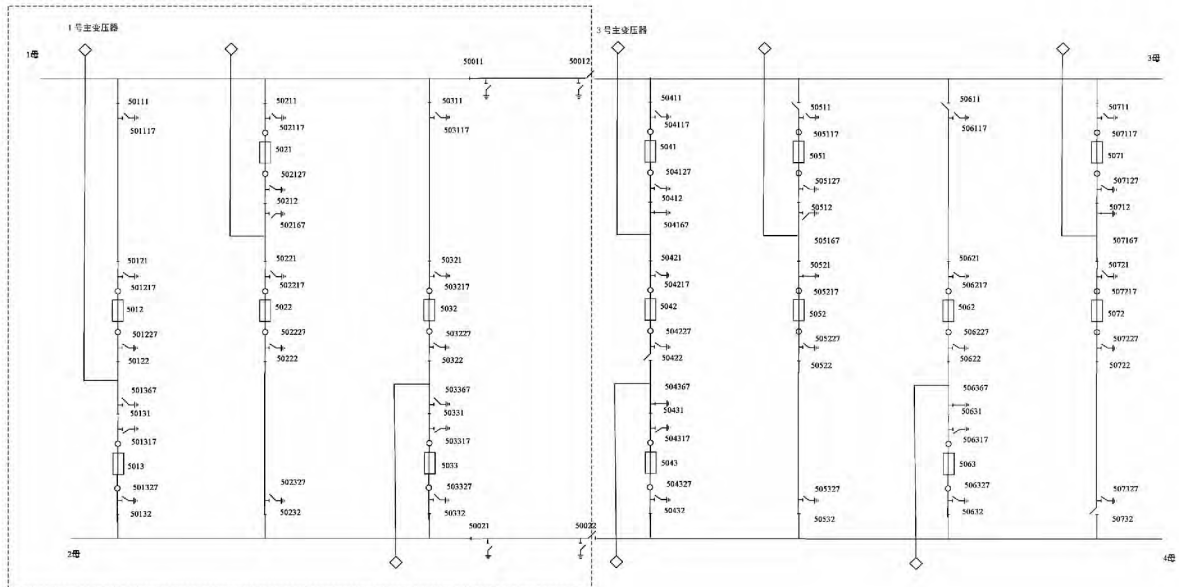


图1 某变电站主接线示意图(其中虚框内为第1试验区域,其余部分为第2试验区域)

1 虚框内代表第1试验区域,其余部分为第2试验区域,加压点分别为1号主变压器和3号主变压器出线套管。

试验采用变频串联谐振电源,试验接线如图2所示。

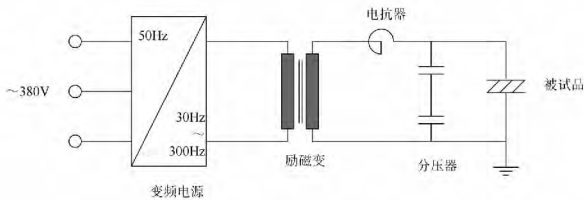


图2 试验装置示意图

根据国家电网公司《关于加强气体绝缘金属封闭开关设备全过程管理重点措施》要求,加压程序为0→318 kV(老练,持续10 min)→413 kV(老练,持续5 min)→666 kV(740 kV×90%,1 min)→349 kV(断路器局部放电测量)。

采用超声波在线监测装置进行耐压试验过程中故障定位,试验中共使用24个超声波传感器。由于断路器在完成出厂试验后直接运送至现场安装,不进行开罐检查;而隔离开关在运送至现场后需要开罐清理检查后再安装,容易受现场安装环境影响,同时由于采用的ZF8A-550型GIS隔离开关和电流互感器连接处盆式绝缘子为水平布置且凹面朝上,一旦安装环境控制不严格,灰尘等异物将直接落在高电场强度的盆式绝缘子中心导体处,耐压过程中容易造成绝缘击穿。因此故障定位装置的布置原则为:在耐压区域所有隔离开关处均安装超声传感器以重点监视;母线则每隔20 m左右布置一个传

感器,母线拐角处由于安装条件较复杂,也布置一个传感器用以定位放电故障点。

2 试验结果与分析

2.1 A相50232隔离开关处盆式绝缘子闪络

第1试验区域A相,当试验电压升至318 kV老练9 min 14 s后击穿,安装在50232隔离开关A相附近处的超声传感器检测到明显超声信号,且明显大于其他气室,如图3所示。

为了确定放电位置,调整传感器布置位置,在50232隔离开关附近气室均布置1个超声波传感器以精确定位放电的故障气室。在不调整耐压区域的情况下,重复第2次加压,当试验电压升至295 kV时,再次发生放电击穿,50232隔离开关处超声传感器检测到信号幅值同样明显大于其他气室,如图4所示,因此初步判断50232隔离开关处发生了放电击穿。并且第2次放电电压值比第1次低了23 kV左右,说明该故障很有可能是固体绝缘材料的放电,在上一次放电时已形成了贯穿的放电通道,从而导致放电电压逐步降低。

利用SF₆分解产物测试仪对50232隔离开关附近气室进行分解物测试,在50232隔离开关气室检测到SO₂和H₂S含量分别为1.6 μL/L和0.5 μL/L,而其余气室均未检测到。由于耐压试验在SF₆气体成分检测合格后才进行,因此50232隔离开关气室检测到的SF₆分解产物应是由于放电击穿导致的。

对该气室气体回收后,开罐检查发现50232隔

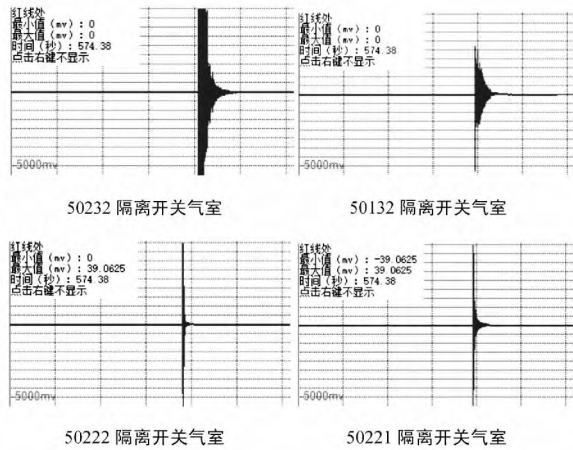


图3 50232 隔离开关附近气室超声信号

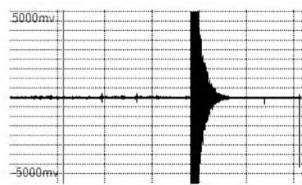


图4 50232 隔离开关气室超声信号

离开开关的盆式绝缘子(动触头侧)的凹面有明显闪络痕迹,如图5所示,该闪络通道形成了贯穿的放电通道;第2次耐压值低于第1次说明两次放电为同一沿面闪络通道的重复放电。该盆式绝缘子发生放电击穿的原因可能是安装时清洁不到位、隔离开关操作后产生的金属异物等掉落到盆式绝缘子表面,在电场作用下发生了沿面闪络。

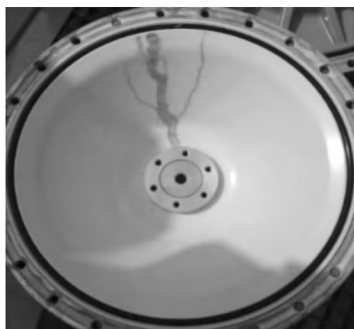


图5 50232 隔离开关盆式绝缘子沿面闪络

2.2 B相50212 隔离开关处盆式绝缘子闪络

第1 试验区域 B 相,当试验电压升至 635 kV 时发生放电击穿,超声波传感器监测显示 50212 隔离开关气室附近传感器检测到的信号明显大于其他气室,如图6所示,因此怀疑 50212 隔离开关处发生了放电击穿。

为了确定放电位置,调整传感器布置位置,在 50212 隔离开关附近气室均布置 1 个超声波传感器以精确定位放电的故障气室。在不调整耐压区域的情况下,重复第 2 次加压,当试验电压升至 666 kV

11 s 后,再次发生放电击穿,50212 隔离开关处超声波传感器检测到信号幅值同样明显大于其他气室。利用 SF₆ 分解产物测试仪对 50212 隔离开关附近气室进行 SF₆ 分解物测试,在 50212 隔离开关气室检测到 SO₂ 和 H₂S 含量分别为 4.8 μL/L 和 0.6 μL/L,而其余气室均未检测到;同时 GIS 设备厂家人员在 50212 隔离开关气室气体继电器处放出少量气体,也可以明显闻到一股臭鸡蛋味;因此初步判断 50212 隔离开关处发生了放电击穿。

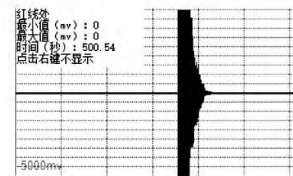


图6 50212 隔离开关气室超声信号

开罐检查发现 50212 隔离开关盆式绝缘子(动触头侧)的凹面有 2 处明显闪络痕迹,如图 7 所示。这是因为第 1 次闪络却未使该绝缘子完全丧失绝缘性能,反而打飞了盆式绝缘子表面的杂质颗粒物使其落入电场强度较小的区域(如盆式绝缘子边缘区域),改善了盆式绝缘子的电场分布,反而使第 2 次耐压值有所提升。



图7 50212 隔离开关盆式绝缘子沿面闪络

2.3 故障原因分析

耐压试验过程中,故障集中在隔离开关的盆式绝缘子凹面侧(动触头侧)沿面闪络;解体后发现在一些盆式绝缘子表面有黑色细小颗粒物残留,因此初步怀疑杂质颗粒物是导致盆式绝缘子沿面闪络的主要原因。

为寻找杂质颗粒物的来源,现场对更换后的 A 相 50232 隔离开关、B 相 50212 隔离开关分别操作 50 次后发现动触头侧的盆式绝缘子凹面和隔离开关导体表面有微小的黑色颗粒物,如图 8 所示。

将盆式绝缘子沿面闪络后其表面的细小颗粒物和操作 50 次后的颗粒物均进行成分分析化验,分析

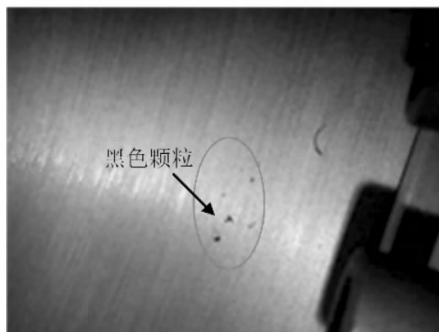


图 8 隔离开关操作后产生的颗粒物

发现,沿面闪络后其表面的细小颗粒物和更换后 A 相 50232、B 相 50212 隔离开关操作 50 次后其盆式绝缘子表面的多个颗粒物成分基本相同。

其主要成分分析结果为:颗粒物中铜、钨原子占比分别达到 50% 和 30%,铜钨合金是触头的常用材料;并且含有少量的 Ag 成分,这应是触头表面的镀银层,因此颗粒物极有可能是隔离开关操作时触头摩擦或其表面有毛刺产生的。

上述 A 相 50232、B 相 50212 的盆式绝缘子(动触头侧)凹面的颗粒物为触头、触头镀银层、涂层加铝合金等材料,因此其来源应该是闸刀、地刀动静触头的表面毛刺通过分合闸等操作磨损产生的颗粒,这些颗粒一方面可通过屏蔽罩与动触头间的缝隙而落入盆式绝缘子表面;另一方面由于颗粒很小,重量很轻,能够随动静触头分合闸瞬间产生的气流而漂浮至屏蔽罩外,最后因重力而落入盆式绝缘子表面。

当微小的杂质颗粒物存在于盆式绝缘子表面时,它一方面会改变盆式绝缘子的表面电阻分布;另一方面可使局部电场强化,在盆式绝缘子上产生微弱的局部电晕放电或沿面放电。在绝缘子表面积聚起表面电荷,不仅畸变了盆式绝缘子的表面电场,还为沿面放电提供其通道发展所需的电荷,易于放电通道的发展贯穿,导致沿面闪络。

另外,隔离开关动触头侧盆式绝缘子凹面是垂直向上布置,类似于收集皿,因此颗粒物易于直接掉入盆式绝缘子凹面中心,而盆子凹面中心处的电场不均匀且其电场强度最大,因此凹面向上的盆式绝缘子更易引起沿面闪络。

3 结论与建议

500 kV GIS 交流耐压试验,采用超声局部放电在线监测系统,进行放电故障定位,精确查找到 2 处绝缘闪络部位,有效提高了故障定位效率并且节省

了故障处理时间。2 处绝缘闪络部位均位于隔离开关动触头侧水平盆式绝缘子的凹面。通过分析可知,应该是由于隔离开关在现场安装过程中质量把控不严以及隔离开关在操作过程中导体和触头的摩擦产生金属颗粒,金属颗粒等杂质掉落在水平盆式绝缘子凹面高电场强度处引起电场畸变从而导致沿面闪络放电。

因此建议 GIS 生产厂家和安装单位:

- 1) 在 GIS 设计时应尽量避免水平布置并且凹面朝上结构的盆式绝缘子;
- 2) GIS 在户外安装时应使用防尘、防潮安装棚,保持足够的清洁度,严防外界颗粒物进入 GIS 腔体;
- 3) 现场安装时应检查隔离开关等设备触头有无毛刺,触头镀银层工艺是否可靠,动静触头接触面积及接触摩擦是否均匀合适,建议现场做完机械特性试验后再次开盖清理后方满足耐压条件。

参考文献

- [1] 金李鸣. 550 kV GIS 现场交流耐压试验和放电故障分析[J]. 浙江电力, 2006, 25(2): 19-21.
- [2] 贾志杰, 陈少卿, 陈洪波, 等. 超声波局部放电检测在 GIS 耐压试验的应用[J]. 中国电力, 2013, 46(12): 29-32.
- [3] 邱昌容, 王陵. 电工设备局部放电及其测试技术[M]. 北京: 机械工业出版社, 1994.
- [4] 严璋, 朱德恒. 高电压绝缘技术[M]. 北京: 中国电力出版社, 2007: 72-74.
- [5] 黎大健, 杨景刚, 米楚明, 等. 基于超声波信号的 GIS 内自由金属颗粒危险评估研究[J]. 高压电器, 2010, 46(1): 53-57.
- [6] 颜湘莲, 王承玉, 杨韧, 等. 应用 SF₆ 气体分解产物的高压开关设备故障诊断[J]. 电网技术, 2011, 35(12): 118-123.
- [7] 刘永, 印华, 姚强, 等. 气体分析技术在 GIS 故障定位和故障类型判断中的应用[J]. 高压电器, 2009, 45(3): 132-134.
- [8] 杨波, 王慧君. GIS 盆式绝缘子表面自由金属颗粒缺陷导致局部放电的发展过程[J]. 南方电网技术, 2015, 9(11): 73-77.
- [9] 徐敏骅, 吴晓春, 陆振华. GIS 局部放电检测与定位技术的现场应用[J]. 华东电力, 2009, 37(7): 1086-1089.
- [10] 肖燕, 郝惟镛. GIS 中局部放电在线监测研究的现状与展望[J]. 高电压技术, 2005, 31(1): 47-49.

作者简介:

邱 炜(1985), 工学硕士、工程师, 主要从事高电压试验、技术监督工作。

(收稿日期: 2016-06-01)