

某风电场 220kV GIS A 相套管及避雷器瓷套 断裂故障原因分析

姚兵印, 史黎明, 章春香, 南 江

(西安热工研究院有限公司, 陕西省西安市, 710054)

Fracture failure analysis of the phase A insulating bushing and insulating bushing with 220KV GIS of a wind farm

YAO Bingyin, SHI Liming, ZHANG Chunxiang, NAN Jiang

(Xi'an Thermal Power Research Institute Co., Ltd., Xi'an710054, Shaanxi, China)

摘要: 本文对某风电场 220kV GIS (金属封闭气体绝缘组合电气设备, gas insulated switch-gear, GIS) A 相引出线瓷套管和 A 相避雷器瓷套断裂倒塌的原因进行了分析。通过查阅制造厂出厂检验报告、工艺规程和作业指导书等资料, 并进行现场查勘, 找到了 220kV GIS A 相引出线瓷套管和 A 相避雷器瓷套断裂的原因。分析认为 220kV GIS A 相引出线瓷套管和 A 相避雷器瓷套的断裂原因是这两个瓷套管均存在制造质量问题, 220kV GIS A 相引出线套管底部法兰与瓷套结合部位喷砂有一段缺失, 形成胶装部位局部应力的集中, 造成陶瓷材料产生微观裂纹或瓷套断裂。A 相避雷器瓷套下节底座断口处水泥粘接面厚度存在较大的不均匀(粘接面厚度差值为 5.05mm)。水泥粘接面厚度不均造成瓷套安装出现偏心, 在瓷套根部形成了局部应力集中, 在 A 相避雷器瓷套在 GIS A 相引出线套管断裂倒塌时产生的拉力作用下发生断裂。

关键词: 风电场; 金属封闭气体绝缘组合电气设备 (GIS); 套管; 避雷器瓷套; 断裂

Abstract: This paper analyses the reasons fracture and collapse of porcelain bushings of phase A lead wires and surge arresters in a 220kV GIS (Gas Insulated Switch-gear, GIS) in a wind farm substation. By investigating the inspection, process regulations and operation instructions from the manufacturer, and conducting on-site investigations, the reasons for the fracture of the 220kV GIS A phase lead-out porcelain sleeve and the A-phase arrester porcelain sleeve were found. According to the analysis, the reason for the fracture is that the two porcelain bushings had manufacturing quality problems. Concentration of local mechanical stress at the installation site had caused microscopic cracks in the insulating ceramic material or fracture of the ceramic sleeve. There is a large uneven thickness of the cement bonding surface at the fracture of the lower section of the porcelain sleeve of the phase A arrester (the difference in the thickness of the bonding surface is 5.05mm). This causes eccentricity of the porcelain sleeve, and therefore local stress concentration is formed at the root of the porcelain sleeve. The porcelain sleeve of the A-phase arrester breaks under the tensile force generated when the GISA-phase outlet casing breaks and collapses.

Key words: wind farm; GIS (Gas Insulated Switch-gear, GIS); casing; surge arrester porcelain sleeve; fracture

KEY WORD: wind farm; GIS (gas insulated switch-gear, GIS); insulating bushing; insulating bushing fracture

1 背景

四川某风电场安装 3.0MW 风机 17 台和

2.5MW 风机 6 台, 共计 23 台风机, 总装机容量 66MW。风电机组采用“一机一变”方式, 风机额定出口电压为 690V 经箱式变压器升压后通过

和法兰内表面由专职人员涂刷厚度为 0.2~0.3mm 的缓冲层。

2.2 实地勘察情况

现场查勘, GIS A 相套管断口在根部, 全部为新茬。未发现陈旧裂纹、气泡和杂质。断口处水泥粘接面厚度无明显差异。用卡尺精准测量差值在 1mm 左右。

拆下 GIS A 相出线套管底座后, 发现断口处从金属法兰口上边沿, 有高约 20mm, 长 420mm 的环形带未见明显喷砂层。金属法兰高 160mm。见下图 5、图 6。



图5 GIS A 相套管断口的照片

Fig.5 The schematic of phase A insulating bushing with GIS

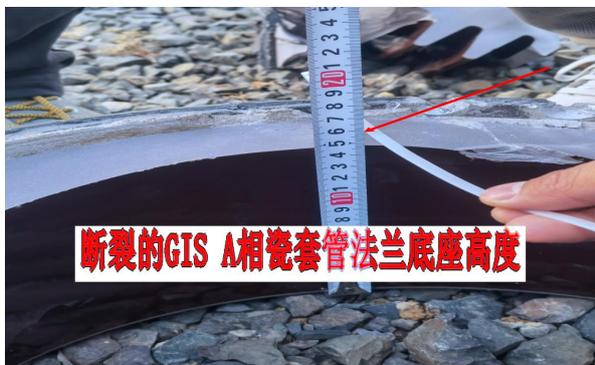


图6 GIS A 相套管断口的照片

Fig.6 The photos of broken phase A insulating bushing with GIS

喷砂的目的是为了增加与金属附件的附着力, 喷砂的工艺要求均匀且胶装后露出附件。如出现埋砂现象、上砂不均匀时, 将会造成局部胶装部位局部应力的集中, 造成电瓷材料产生微观裂纹或瓷套断裂。

3 故障原因分析

3.1 220kV GIS A 相出线套管断裂原因

GIS A 相套管、A 相 CVT 电压互感器和 A

相避雷器布局由南向北呈一字排列。GIS A 相套管断口呈偏东南方向, 由此看来, 倒塌顺序应是 GIS A 相套管断裂后, 通过引线传导的拉力造成同线 T 接的避雷器断裂倒塌。GIS A 相套管和 A 相避雷器断裂崩出的碎片击中 T 接的 CVT 电压互感器上节瓷套一片伞裙, 造成这片伞裙上下边各出现一道裂纹。

从调集的气象数据分析, 当时的风力不大, 导线覆冰也不严重, 瓷套引线有一定的弧垂, 裕度较大。综合这几项, 外力作用的因素不是导致瓷套破坏的主要原因。

瓷套管是高温烧结的电瓷产品, 属于脆性材料。由于瓷、金属法兰和水泥的膨胀系数不同, 瓷瓶在胶装时, 在瓷瓶的外端部和法兰的内部应分别涂上沥青缓冲层, 缓冲水泥胶装剂膨胀时产生的应力, 也能缓冲由于法兰、胶装剂、瓷瓶膨胀系数不同, 因温度变化所产生的形变应力。如果沥青缓冲层过薄或没有将导致胶装剂的膨胀应力无法得到释放, 由此产生的应力就可使瓷套在法兰处断裂。

导致瓷套破损的可能原因有: 瓷件质量(材料、烧结质量、致密度、杂质、气泡)、胶装工艺(喷砂均匀情况、喷砂范围、水泥粘接剂质量、沥青缓冲层)质量等。有些原因还需要进行试验验证, 目前只能根据现场情况对部分故障原因进行验证和排除, 推测可能的故障过程。

目前可以明确确定的是: 该瓷套底部法兰与瓷套结合部位喷砂有一段缺失, 与国标和醴陵浦口电瓷有限公司自己制定的工艺规定存在差异。未喷砂的环形接触部位, 形成胶装部位局部应力的集中, 会造成电瓷材料产生微观裂纹或瓷套断裂。

3.2 A 相避雷器瓷套断裂原因

对拆下的 A 相避雷器瓷套上、下节底座断口进行了仔细观察, 断口和 GIS A 相出线套管情况一致, 断口破损处全部为新茬, 未发现陈旧裂纹、气泡和杂质。

但下节底座断口处水泥粘接面厚度有明显差异。用卡尺精准测量, 最大处数据 10.30mm, 最小处数据 5.25mm。差值 5.05mm。上节底座断口处水泥粘接面厚度无明显差异。用卡尺精准测量差值在 1mm 左右。

水泥粘接面厚度不匀会造成瓷套安装出现偏心，对瓷套机械性能产生影响。在瓷套根部会形成机械应力。A 相避雷器瓷套在 GIS A 相出线套管断裂倒塌时产生的拉力作用下发生断裂。

现场拍摄的照片见图 7~图 14。



图 7 GIS A 相瓷套断裂照片

Fig.7 The photos of broken phase A insulating bushing with GIS



图 8 GIS A 相避雷器瓷套断裂照片

Fig.8 The photos of broken phase A lightning arrester insulating bushing with GIS



图 9 GIS A 相瓷套倒塌的方向照片

Fig.9 The collapsing direction of phase A insulating bushing with GIS

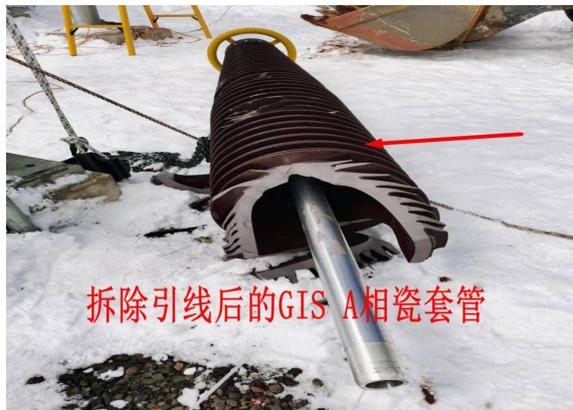


图 10 断裂的 GIS A 相瓷套管

Fig.10 The photos of broken phase A insulating bushing with GIS



图 11 GIS A 相瓷套断裂照片

Fig.11 The photos of broken phase A insulating bushing with GIS

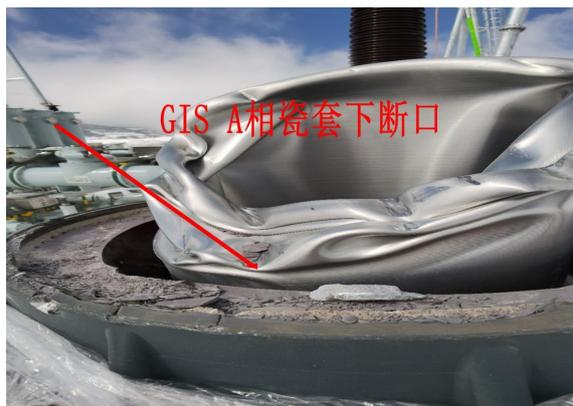


图 12 GIS A 相瓷套断裂照片

Fig.12 The photos of broken phase A insulating bushing with GIS



图 13 断裂的 A 相避雷器下节座水泥粘接面厚度测量

Fig.13 The thickness measurements of bonding surface of phase A lightning arrester insulating bushing with GIS



图 14 断裂的 A 相避雷器下节座水泥粘接面厚度测量

Fig.14 The thickness measurements of bonding surface of phase A lightning arrester insulating bushing with GIS

4 结论与建议

4.1 结论

1) 初步分析, 220kV GIS A 相出线套管断裂原因是该瓷套管制造质量存在问题, 底部法兰与瓷套结合部位喷砂有一段缺失, 与国家标准和制造厂自己制订的工艺规定存在差异。未喷砂的环形接触部位, 形成胶装部位局部应力的集中, 造

成瓷材料产生微观裂纹或瓷套断裂。

2) A 相避雷器瓷套断裂原因与 220kV GIS A 相出线套管相似。A 相避雷器瓷套上、下节底座断裂情况与 GIS A 相出线套管对比一致, 断口破损处全部为新茬, 未发现陈旧裂纹、气泡和杂质; 下节底座断口处水泥粘接面厚度存在较大的不均匀(粘接面厚度差值为 5.05mm)。水泥粘接面厚度不均匀造成瓷套安装出现偏心, 在瓷套根部形成了局部应力集中, 在 A 相避雷器瓷套在 GIS A 相出线套管断裂倒塌时产生的拉力作用下发生断裂。

4.2 建议

1) 风电场应对 220kV GIS A 相套管连同气室更换, 同时更换 A 相避雷器。对 A 相 CVT 电压互感器按电气设备交接试验标准进行电气试验, 数据合格后, 对开裂的伞裙片裂纹进行粘接处理修复, 投入运行。等制造厂 CVT 电压互感器新品到位后再行更换。

2) 采集 GIS A 相套管和 A 相避雷器断裂的瓷瓷残片做“孔隙性试验”等涉及瓷材料(砂、水泥、沥青、胶粘剂)和工艺的相关试验。

3) 在本公司内其他风电场排查这两家制造厂生产的同型号产品, 安排试验和检查。发现问题, 及时更换。同时对风电场 220kV 升压站内所有电气设备的外绝缘瓷套管进行超声波探伤。排查隐患。

4) 建议加大冬季雨雪天气时段 220kV 升压站的巡视频次。220kV 升压站宜实行人工巡视和无人机巡视结合, 逐步开展无人机红外成像监督。采取多种办法对电气一次设备实行监督, 以保障电气一次设备的的安全运行。

参 考 文 献

- [1]王琼,辛力坚,陈浩等.220kV 避雷器瓷套管基座断裂事故分析[J].电瓷避雷器.2017,275(01):149-153,159;
- [2]徐力.金银台水电站 220kV GIS 倒装式 SF6 套管闪络分析及处理[J].四川水力发电.2014,33(01):94-95;
- [3]陈 就.提高 GIS 投运前验收质量方法分析与实践[J].湖北电力.2012,36(02):26-28;
- [4]GB/T 23752-2009 额定电压高于 1000V 的电气设备用承压和非承压空心瓷和玻璃绝缘子[S].北京: 中国标准出版社,2009,8:1-25。

收稿日期:

作者简介:

姚兵印 (1971-), 男, 河北晋州人, 工学硕士, 正高级工程师, 主要研究方向为发电厂重要部件的检测与失效分析、技术监督管理等, yaobingyin@tpri.com.cn. 手机号: 13571879378