

GIS油气套管连接部位故障分析及建议

陈希正, 郑 琰, 李 璐

(河南郑州供电公司 河南 郑州 450006)

摘要: GIS类高压组合电器以运行可靠、占地面积小、防污性强、操作灵活等优点,在电力系统得以广泛应用,但由于各种因素的影响,GIS类高压组合电器也避免不了出现故障。笔者介绍了河南郑州供电公司一起全封闭组合电器油气套管连接部位的故障,通过故障分析、现场解体检修验证,得出故障的根本原因是GIS油气套管连接部位现场装配时未执行安装工艺标准,存在质量隐患所致。

关键词: 全封闭组合电器; 故障; 气室

中图分类号: TM561; TM41

文献标志码: A

文章编号: 1001-1609 (2010)10-0059-03

Fault Analysis and Suggestion of GIS Oil/Gas Bushing Connection

CHEN Xi-zheng, ZHENG Yan, LI Lu

(Zhengzhou Power Supply Company, Zhengzhou 450006, China)

Abstract: This paper presents a fault occurred in the connection part of oil/gas bushing. The cause of the fault is analysed through fault analysis and on-site disassembly detection verification. It is pointed out that the installation technology standard are failed to be carried out strictly when installing the bus-bar of the connection.

Key words: GIS; fault; gas apartment

0 引言

SF₆全封闭组合电器(简称GIS)以其占地面积少、与环境的协调性好、配置灵活和受外部条件影响小等优点,在郑州110 kV及以上电网中得到了广泛应用,特别是近5年的新投设备中,GIS更是占到一次设备的92%。笔者根据河南郑州供电公司一起全封闭组合电器油气套管连接部位故障的分析,对其设计选型、施工工艺和验收中的若干问题提出了改进建议,以期引起设备管理人员和变电站设计人员的重视,提高组合电器设备的可靠性。

1 故障情况

1.1 系统运行情况

220 kV 豫中某变电站共有主变2台,容量为360 MV·A,博1号主变高压侧额定电流为451 A,中压侧额定电流为858 A。110 kV、220 kV侧均为双母线接线形式,主变压器与GIS采用油气套管连接方式,见图1。2009年6月25日13点55分,博1

号主变负荷情况为:高压侧电流326.62 A,达到额定值的72.4%;中压侧电流631.27 A,达到额定值的73.6%。当日负荷为投运后以来的最大负荷。

1.2 天气情况

据河南省天气数据:2009年6月25日,郑州地区晴,最高温度为42℃,最低温度为25℃。

1.3 设备故障及检查情况

2009年6月25日13点56分,豫中某变1号主变压器差动保护突然动作,变压器三侧开关跳闸。故障发生后,对博1号变压器一、二次设备进行了检查,发现博1号主变110 kV侧油气套管连接气室的伸缩节正下方存在孔洞,孔洞位置见图1,设



图1 孔洞位置

收稿日期:2010-05-28; 修回日期:2010-06-28

作者简介:李 璐(1980—),男,工程师,现从事变电检修技术管理工作。

备检查表见表 1。

表 1 设备检查表

序号	检查项目	结果
1	主变本体检查	本体无油迹,油位指示符合温度曲线、油温、绕组温度正常
2	气体继电器检查	气体继电器内无气体,观察窗内油颜色正常,接线盒密封良好,无受潮痕迹
3	冷却器检查	工作正常,冷却器停止时油泵负压区无渗漏
4	油枕检查	主变油枕呼吸器管路畅通,油枕无渗漏油
5	绝缘油化分析	CH ₄ :22.13;C ₂ H ₆ :4.52;C ₂ H ₄ :0;C ₂ H ₂ :0;H ₂ :33;CO:436;CO ₂ :332。结论:正常
6	本体重瓦斯中间继电器和信号继电器动作特性检查	未发现异常
7	气体检查	对博 1 号主变高、中压侧气室分别采集了气体,发现采集的中压侧油气套管连接部位气室气样有刺激性气味,经检验,气样含有 SF ₆ 气体分解产物。主变压器室内存在刺激性气味
8	现场保护信息	13:55 豫中某后台机报出:1 号主变中压侧其他气室补气信号; 13:56 豫中某后台机报出:1 号变高压侧第 / 组保护出口跳闸,1 号变差动跳闸,1 号变 A 屏比率差动动作,1 号变 B 屏差动速断动作,1 号主变录波启动; 故障录波图显示,此次变压器跳闸为中压侧三相短路,经计算中压侧短路电流最高在 7.9 kA

综合博 1 号主变压器故障后检查试验情况,初步认定博 1 号主变跳闸原因为 110 kV GIS 油气套管连接部位气室内存在导体与外壳间的放电通道。

2 故障分析

2.1 解体检查情况

2009 年 6 月 27 日,对博 1 号主变的 110 kV 侧油气套管连接气室进行了解体检查,故障部位见图 2。经检查发现盆式绝缘子表面有电弧喷溅痕迹,其与 A、C 相导杆连接部分过热熔化,B 相过热发黑,见图 3,伸缩节正下方有一长约 3.5 cm 的带状开裂口,裂口外翻,见图 4,内壁有放电痕迹,外壁油漆有熔退、起泡痕迹,见图 5。A、B、C 三相导杆烧熔处触头插入深度分别为 16、20、17 mm 左右,见图 6,伸缩节尺寸为 530 mm。

2.2 裂口分析

博 1 号主变伸缩节裂口的宏观特征呈脆性爆裂特征,裂口较小,管壁减薄相对较小,且向高温侧和背高温侧的胀粗明显不同,裂口周围存在较为严

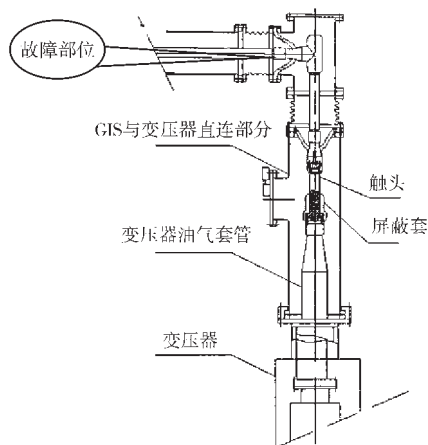


图 2 油气套管连接故障位置示意图

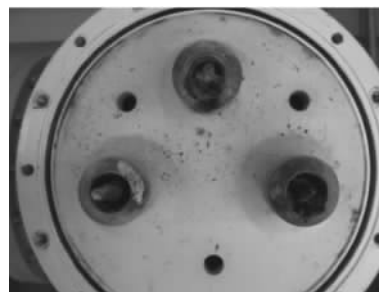


图 3 盆式绝缘子



图 4 伸缩节内壁

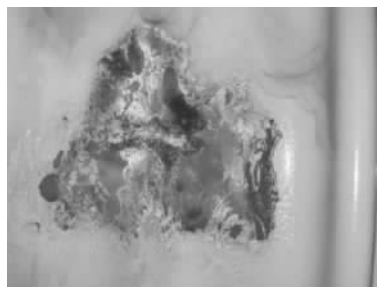


图 5 伸缩节孔洞外壁



图 6 三相导电杆图

重的氧化皮,且在裂口周围存在许多纵向开裂裂纹,腐蚀区的沉积层较厚,呈灰褐色或暗灰色,比较疏松和粗糙,其他区域为黄褐色沉积物,比较坚实;裂口的微观特征是在主断口附近有许多平行的沿晶小裂纹和晶界孔洞,珠光体区域形态消失,晶界有明显的碳化物聚集和“双晶界”特征。

由以上金相分析,可判断博1号主变伸缩节裂口为较长时间高温过热爆裂^[1],见图7。

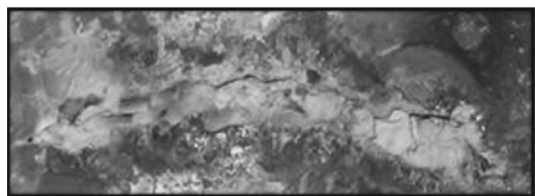


图7 裂口照片

2.3 电接触分析

设备导电杆为铜镀银材质,根据A、C相导体杆触头熔化情况可知,其触点温升应在1356 K以上,而博1号主变的载流量中压侧631.27 A,并未超过额定电流858 A,说明其接触电阻较大。接触电阻经验表达式 $R_k^{[2]}$ 为

$$R_k = K_c / (F_k / 9.8)^m \quad (1)$$

式(1)中, R_k 为接触电阻; K_c 为系数,与材料、表面状况有关; F_k 为接触压力; m 为系数,与接触形式有关。

由式(1)可知,接触压力与接触电阻成反比关系,接触压力减小,接触电阻增大。博1号主变压器中压侧GIS导电杆的接触压力较小,导致接触电阻增大,触头发热,触头发热又导致接触电阻增大,恶性循环使触头在正常工作电流下过热烧溶。

根据产品技术指标要求,水平位置的中间滑动触头插入深度应为50 mm左右,波纹管允许轴向长度为 (500 ± 5) mm,见图8,而现场测量,博1号主变中压侧插入深度为A相16 mm、B相20 mm、C相17 mm,伸缩节尺寸为530 mm,说明导电杆插入深度严重不足,触头接触压力过小,导体连接部位通流能力不足。

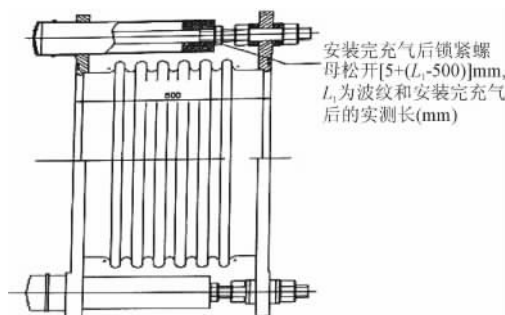


图8 母线伸缩节示意图

2.4 故障分析

根据对博1号主变油气套管连接部位故障分析和解体检查情况,此次博1号主变跳闸的过程应为博1号主变中压侧油气套管所连气室的导电杆与盆式绝缘子连接部分,由于插入深度不足(设计要求50 mm左右,实际插入深度只有16~20 mm),造成过热熔化,其高温溶液烧裂母线伸缩节,造成气室漏气,在漏气发展1 min后,母线筒内绝缘急剧降低,金属溶液作为导电小桥发生空间闪络,博1号主变中压侧三相短路,差动保护动作,主变压器三侧断路器跳闸。

根据现场调查,导电杆与盆式绝缘子连接部分插入不足的原因因为土建施工存在误差,安装人员未按要求进行复核。

3 整改措施及建议

根据本次GIS油气套管连接部位故障的分析,对油气套管连接部位的设计、安装和验收的整改措施及建议如下:

1)加强GIS设备现场安装的环境控制,严格现场安装工艺流程,确保安装时任一环节均处于一种可控的良好状态。

2)对同时期生产安装的各变电站伸缩节进行检查,如发现同样问题,应立即进行整改。运行人员加强对母线伸缩节的红外测温。

3)要求所有对郑州供电公司供货的GIS生产厂家对其导体插入深度进行明确,并在导体上进行画线明示。

4)建议工程监理人员今后依据对GIS母线安装环节的插入深度进行重点监督并做记录。

5)波纹管伸缩节长度测量纳入郑州供电公司GIS验收标准。

6)建议设计部门重视GIS设备的气室分割设计,对油气套管连接部位气室的分割应保证不超过8 m,所有气室接头都应是自封接头,便于拆装。

7)由于博1号主变导体插入深度不满足要求的缺陷,常规交接验收试验无法发现,建议采用较大电流或额定电流情况下测试回路电阻的方法。

参考文献:

- [1] 蔡文河,严苏星.电站重要金属部件的失效及其监督[M].北京:中国电力出版社,2009.
- [2] 黎斌. SF₆高压电器设计(第2版)[M].北京:机械工业出版社,2007.