

一起 220 kV GIS 闪络故障分析及建议

杜晓平¹, 李涛¹, 陈瑞林²

(1. 山东临沂供电公司, 山东 临沂 276003; 2. 山东临清供电公司, 山东 临清 252000)

摘要: 针对临沂供电公司的一起 GIS 组合电器事故, 运用常规与非规化学、电气试验手段, 对 GIS SF₆ CT 气室中闪络故障前后气体成份及 CT 气室内的材料进行排查试验, 分析了事故原因, 指出事故是由内置式 CT 气室内的丁腈橡胶板中的腐蚀性硫与气室内触头等镀银件反应形成硫化银, 最终形成导电通道, 引起 CT 气室闪络击穿。对此类典型故障进行了详细的分析总结, 具有典型的指导意义。

关键词: 组合电器; 六氟化硫; 组分分析; 闪络击穿

Analysis and suggestions for flashover fault of 220 kV gas insulated switchgear

DU Xiao-ping¹, LI Tao¹, CHEN Rui-lin²

(1. Linyi Power Supply Company, Linyi 276003, China; 2. Linqing Power Supply Company, Linqing 252000, China)

Abstract: Recently, the gas insulated switchgear(GIS) flashover faults happened in Linqing Power Supply Company. By chemical and electrical experiments, thorough inspections are carried out on the gas components and chemical materials in the GIS SF₆ CT air chamber before and after flashover faults. It is testified that butyronitrile rubber plate existed in CT air chamber with frequent flashover faults, the caustic sulphur in the plate reacted with silver-gilt items and produced silver sulphide, which was the cause of flashover in CT chamber. This paper makes particular description and detailed summary to this kind of faults. It has important instruction meaning to make an accurate judgement rapidly and handle faults in time when we meet this kind of GIS faults.

Key words: GIS; SF₆; proximate analysis; flashover

中图分类号: TM56 文献标识码: B 文章编号: 1674-3415(2010)03-0128-02

0 引言

GIS 组合电器以其结构紧凑、绝缘性能良好、维护量小等优点, 在近年城市电网建设中被广泛采用。但 GIS 组合电器发生事故时处理难度较大, 恢复供电慢^[1], 事故处理费用高, 为 GIS 组合电器的使用带来了隐患。临沂电网 2007 年间投产的平顶山高压开关厂生产的 LW105—252W 型 GIS 设备, 于 2008 年 7 月间 1 个间隔的 CT 气室出现闪络击穿故障, 母差保护动作。事故的过程、现场调查结果、事故原因分析值得重视和借鉴。

1 设备试验及投运情况

1.1 故障前试验情况

2007 年, 220 kV 甲变电站(简称甲站)由电建公司完成了全部电压等级 GIS 组合电器的安装工作, 电建试验所对组合电器的 SF₆ 气体压力、微水量、泄漏量、密度控制器检测合格, 电气单元设备试验合格, 老练试验、耐压试验执行 220 kV 的电器

设备标准, 其中耐压试验使用电压为 395 kV, 时间为 1 min, 各项试验全部通过。甲站 2007 年 3 月投运。

2008 年 3 月 11 日(春检), 故障间隔所有气室微水试验数据合格且压力无异常变化。

1.2 故障后试验情况

故障后, 经检查各气室 SF₆ 气体压力正常, 录波仪记录事故前运行电流 80~140 A, 故障电流 10~13 kA, 对检出 SO₂、H₂S 气体的 CT 气室解体后发现 CT 气室内有大量白色粉末物, 靠断路器侧绝缘盆子上附着大量黑色粉末物, 电连接变黑, 电连接基座有少量金属灼伤痕迹。

(1) SF₆ 微水测试

故障气室微水严重超标, 达 800 ppm。

(2) SF₆ 气体 SO₂、H₂S 检测

故障后对故障间隔用 SO₂、H₂S 进行定量检测, 结果两次故障均在检出 SO₂、H₂S 的 SF₆ CT 气室中, 解体后找到故障闪络部位。

(3) CT 气室气体成分组份分析

动态离子分析仪迁移波谱峰值差与样气杂质含量及污染等级关系见表 1^[2]。本次试验采用 GAS 动态离子分析仪进行试验, 试验果见表 2。

表 1 迁移波谱峰值差与样气杂质含量及污染等级关系

Tab.1 The relation of drift time and concentration of SF₆ decomposed products

污染等级	迁移波谱峰值差值/ms	样气中总杂质含量/(1 × 10 ⁻⁶)
无污染	0~1.5	<500
低度污染	1.5~3	500~1000
中度污染	3~6	1 000~2000
高度污染	>6	>2 000

表 2 SF₆ 测试数据比较

Tab.2 On site test data of SF₆

设备名称	样气杂质总含量(体积比)/(1 × 10 ⁻⁶)
甲站甲乙一线下位 CT (故障后)	>2000
甲站甲乙一线上位 CT	1 000~2 000
甲站甲乙一线断路器	500~1 000
甲站 1 号主变下位 CT	500~1 000
甲站 1 号主变断路器	500~1 000
甲站 1 号主变上位 CT	1 000~2 000
甲站丙甲一线上位 CT	>2 000
甲站丙甲一线下位 CT	1 000~2 000
甲站丙甲一线断路器	500~1 000
甲站 1 母线#1 气室	<500
甲站 1 母线#2 气室	<500

动态离子对 SF₆ 气体杂质总含量及污染情况检测结果表明:

- 1) 1 母线#1#2 气室均无杂质污染;
- 2) 甲乙一线断路器, 1 号主变下位 CT, 1 号主变断路器气室, 丙甲一线断路器低度污染;
- 3) 甲乙一线上位 CT, 1 号主变上位 CT, 丙甲一线下位 CT 气室中度污染;
- 4) 甲乙一线下位 CT (故障后), 丙甲一线上位 CT 气室高度污染。解体检修时发现, 丙甲一线上位 CT 气室 (未发生故障) 断路器侧绝缘盆子上附着少量黑色粉末物, 电连接变黑, 该气室已处在将要发生事故的临界状态。

黑色固体粉末成分为 Ag₂S, 故障后黑色固体粉末主要成分为硫化银、碳等。

2 故障原因分析、腐蚀机理与验证

2.1 故障原因分析

平高 CT 互感器气室与母线刀闸气室相通 (CT 内

置), 在该气室内触头、绝缘子、电连接、基座等处均采用镀银工艺 (Ag), 其电连接杆采用铝合金材料 (AL), SF₆ 气体中含有元素 S。SF₆ 在常温常压下具有高稳定性^[3], 只有在有局放、电晕放电、电弧放电等情况下, 才可能分解形成化学性质不稳定的具腐蚀性的硫化物, 进而最终与 SF₆ 气室中镀银件形成硫化银。常规 CT 气室中使用的化工材料如化学脂、漆包线、聚脂薄膜 (或绝缘纸)、酚醛层压板等均不应含腐蚀性硫, 与平高厂沟通后确认在 CT 气室内还使用了 2 张硫化橡胶板 (又名无油橡胶、丁腈橡胶)。

最终确定 CT 气室中的腐蚀性硫应来自于橡胶板中未胶链好的硫磺。

2.2 腐蚀性硫化银形成机理

CT 气室中主要金属材料除了有镀银件外, 还有铝合金导电杆及其他金属成分, 当气室中所有镀银层全部被腐蚀并饱和后, 其他金属成分会进一步腐蚀。银可与很微量的硫离子或硫化氢气体, 发生下列化学反应:



产生灰黑色硫化银, 随着反应加剧, 硫化银增多增厚, 银表面颜色便逐步由白变黄变灰最后变黑。

2.3 机理验证

针对 2006-2007 年间投产的平高生产的 LW105—252W 同型号 GIS 设备, 进行监督排查。结果发现 220kV 220kV 丙站丙午二线下位 CT 气室高度污染, 解体检修时发现, 其下位 CT 气室 (未发生故障) 断路器侧绝缘盆子上附着少量黑色粉 Ag₂S 末物, 电连接变黑, 该气室已处在将要发生事故的临界状态。

3 结论与建议

220 kV GIS CT 气室在运行 1 年后频繁闪络故障是由于使用了丁腈橡胶板而引起。建议使用电工绝缘纸板代替丁腈橡胶板, 并对运行设备的 CT 气室进行 SF₆ 分解气体产物试验, 并对设备检修后运行情况进行跟踪。

(1) 带电检测故障气室的 SO₂, H₂S 气体的含量。

(2) 在故障气室的 SO₂, H₂S 气体的含量, 不严重超标的情况下, 带电检测故障气室 SF₆ 气体的污染物含量。

(3) 根据以上两项的检测数据分析, 可以引进专用气相色谱技术进行进一步故障诊断及处理。

SF₆ 气体设备运行中, 由于载流体接触不良、绝缘老化等原因, 会出现过热、局部放电等故障。便携式 SF₆ 专用气相色谱仪可快速、准确、可靠地

(下转第 132 页 continued on page 132)

加在第四只 PT 电压即为相电压。

此时, $3U_0=U_1=100\text{ V}$,

如果要满足以上条件, 那么第四只 PT 的变比

一定是 $\frac{10}{\sqrt{3}}\text{ kV}/\frac{100}{\sqrt{3}}\text{ V}/100\text{ V}$ 。

3 另一种接线探讨

通过以上分析, 可以得出另一种接线 (图 5)。

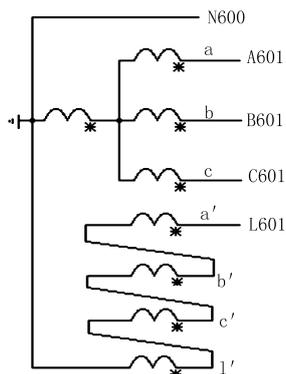


图 5 另一种 4PT 接线二次回路原理图

Fig.5 The another kind of elementary secondary circuit of 4 single-phase voltage transformer

假如有三只变比为 $\frac{10}{\sqrt{3}}\text{ kV}/\frac{100}{\sqrt{3}}\text{ V}/\frac{100}{3}\text{ V}$ 的 PT

和一只变比 $\frac{10}{\sqrt{3}}\text{ kV}/\frac{100}{\sqrt{3}}\text{ V}/100\text{ V}$ 的 PT 去构成 4PT

接线, 就可以开口三角形接线正极性串接入第四只 PT 辅助二次绕组, 由于第四只 PT 辅助二次绕组额定电压为 100 V, 如图 5 所示能够满足

$$3U_0=U_A+U_B+U_C= U_a+U_b+U_c+3U_1$$

但在实际工程中, 4 只 PT 一般使用同一厂家、同一批出厂的同型号产品。故很少有四只 PT 变比不同的。所以这种接线在工程应用中很少见。

4 结语

在 10 kV 电网中, 由于长期使用三只单相 PT 接线, 接线原理比较固定。随着新技术的应用, 在改造 10 kV 电网中, 电压互感器二次接线设计时, 可能会忽略电压互感器的变比, 忽视现场设备情况, 套用其它电压互感器二次接线图纸, 造成设计错误, 在设计 10 kV 电压互感器二次接线时, 一定要先查明互感器型号和变比。在施工时, 一定要检查互感器变比, 分析设计图纸接线的合理性, 以避免设备带着缺陷加入运行而带来的麻烦。

收稿日期: 2009-02-27; 修回日期: 2009-04-06

作者简介:

索保锋 (1977-) 男, 助理工程师, 长期从事继电保护设备管理与维护工作; E-mail: zzsjjdsbf@163.com

王洪峰 (1980-) 男, 助理工程师, 长期从事继电保护设备运行维护工作;

闫志勇 (1982-) 男, 助理工程师, 长期从事继电保护设备运行维护工作。

(上接第 129 页 continued from page 129)

进行在线气体样品分析, 通过检测 SF₆ 分解物总量及 SO₂、H₂S、CO、CO₂、HF 等特征气体含量, 判断内部故障的性质及准确的故障定位。

参考文献

[1] 梁之林, 时朱大铭, 张英杰, 等. 两起 GIS 组合电器事故原因分析及建议[J]. 电力设备, 2007(7): 68-70.
LIANG Zhi-lin, ZHU Da-ming, ZHANG Ying-jie, et al. Case Study and Improving Suggestions for two Faults of GIS Switchgear Assembly[J]. Electrical Equipment, 2007 (7): 68-70.

[2] IEC 60480-2004, Guidelines for the Checking and Treatment of Sulfur Hexafluoride (SF₆) Taken from Electrical Equipment and Specification for Its Re-use[S].

[3] 张晓星, 姚尧, 唐炬, 等. SF₆ 放电分解气体组分分析的现状和发展[J]. 高电压技术, 2008(4): 37-42, 120.
ZHANG Xiao-xing, YAO Yao, TANG Ju, et al. Actuality and Perspective of Proximate Analysis of SF₆ Decomposed Products Under Partial Discharge[J]. High Voltage Engineering, 2008(4): 37-42, 120.

收稿日期: 2008-12-01; 修回日期: 2009-01-18

作者简介:

杜晓平 (1978-), 女, 硕士, 研究方向为电力系统调度自动化;

李涛 (1977-), 男, 硕士, 研究方向为电力系统高压技术监督与设备维护; E-mail: litao4541@126.com

陈瑞林 (1975-), 男, 工程师, 研究方向为电力系统技术管理与设备维护。