

一起 363 kV GIS 充电闪络故障的原因分析

徐世山, 孟可风, 刘文泉

(青海电力试验研究所, 青海 西宁 810008)

Analysis of 363 kV Gas Insulated Switchgear Charging Flashover Fault

XU Shi-shan, MENG Ke-feng, LIU Wen-quan

(Qinghai Power Test and Research Institute, Xi'ning 810008, China)

摘要: 分析了一起 363 kV GIS 充电时闪络故障的原因, 提出了 GIS 交接试验中做交流耐压试验的同时应进行局部放电的测量, 并在条件许可的情况下进行操作冲击电压试验, 以避免如绝缘子伤痕和裂痕、自由微粒、悬浮电位和异物遗留在 GIS 内部等原因而造成 GIS 故障。

关键词: 全封闭组合电器; 充电; 闪络; 故障

中图分类号: TM595

文献标识码: B

Abstract: The paper gives the analysis of flashover fault of 363 kV gas insulated switchgear, and put forward that partial discharge should be measured during alternating current withstand voltage test in GIS handover tests. If conditions permit, switching impulse withstand voltage test should be carried out, which can detect GIS defects caused by insulator scar, free particle, suspension electric potential, and remain substance in GIS etc. effectively.

Key words: gas insulated switchgear(GIS); charging; flashover; fault

0 引言

青海桥铝二期安通开关站 363 kV 户外 GIS 于 2005 年 6 月 21 日晚投运时发生内部盆式绝缘子闪络故障, 363 kV 桥安线 3312 开关跳闸, 全站失压。根据事故后的试验及检查情况, 结合当时的运行条件, 从技术角度对该次事故的原因进行了认真分析并提出了处理意见。

1 运行方式

事故前, 363 kV 安通开关站母联 3300 开关、桥安线 3312 开关、黄安线 3311 开关处于合位, 其余各分支开关均处于断开位置, 见图 1。

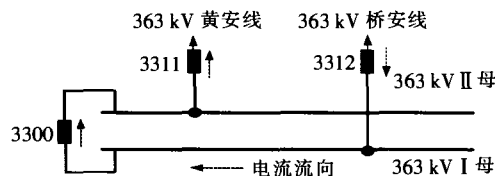


图 1 330 kV 安通开关站运行方式

2 事故过程

2005 年 6 月 21 日, 330 kV 安通开关站桥安线, I、II 母线及黄安线带电; 约 1 600 ms 后, I 母线 B 相发生接地故障, 40 ms 后 A 相发生接地故障; 又经过 40 ms, 363 kV 桥头电厂侧充电保护动作, 跳开桥头电厂侧 363 kV 母联 3300 开关; 再经过 3 900 ms, 安通开关站桥安线 3312 开关跳开。

3 事故后检查处理情况

3.1 绝缘电阻测试

事故后对 363 kV GIS 进行绝缘电阻测试, 三相分别为 6 500, 2 500, 9 500 MΩ, 较低, 但很快就恢复到 200 000 MΩ, 表明事故后绝缘受到了一定的损坏, 但由于 GIS 的结构特点, 绝缘在短时间内又有所恢复。因绝缘电阻测试仪的电压太低, 无法进行进一步的判断。

3.2 工频耐压试验

根据故障时保护动作情况及现场检查情况, 初步分析认为故障可能在 363 kV 母线内, 故对两段母线分别进行了工频耐压试验, 试验设备为 600 kV 调感式串联谐振试验系统, 现场试验电压为 408 kV。

(1) 363 kV I 母线 B 相

试验前测试 B 相绝缘电阻为 100 000 MΩ, 但电

压只能加到 10 kV, 在全部试验结束后再次进行了 B 相工频耐压试验, 电压仍然加不上去, 复测 B 相绝缘电阻为 1 MΩ。

(2) 363 kV II 母线 B 相

试验前测试 B 相绝缘电阻为 100 000 MΩ, 但电压加到 280 kV 时闪络, 经过仔细辩声, 判定故障在 8 间隔。

(3) 363 kV II 母线 A 相

试验前测试 A 相绝缘电阻为 100 000 MΩ, 电压加到 340 kV 时在黄安线间隔共听到 3 次放电声, 随后声音消失, 电压继续升到 408 kV, 持续 1 min 通过。

(4) 其它各相均一次顺利通过了工频耐压试验。

根据以上测试情况, 分析后认为桥铝 II 期 330 kV GIS I 母、II 母均有故障, I 母故障较为严重, 可能盆式绝缘子或支持绝缘子已受到不可恢复的损坏, II 母故障可能是母线筒内有异物或微尘所致。

3.3 GIS 内部检查情况

(1) I 母

首先对在 6 月 21 日母线充电过程中故障现象最为明显的 3 气室进行检查, 发现 B 相绝缘支撑及导体连接支撑有电弧烧损痕迹, 见图 2 和图 3。在随后的两天内对该气室绝缘损坏的部件进行了更换处理, 对其它 3 个气室进行复检和清理, 未发现故障点, 但均有不同程度的灰尘。

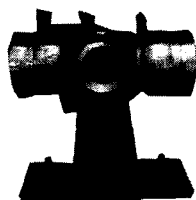


图2 363 kV GIS I 母 3 气室烧损的支撑绝缘子



图3 故障时高温电弧下 SF₆ 气体的分解物及电弧烧伤导体后的黑色金属烧熔物

(2) II 母

对 II 母各个气室进行了清理。事故检查过程中发现, II 母 4 气室 B 相的一个支撑绝缘子沿面闪络, 见图 4。其它气室无故障点。

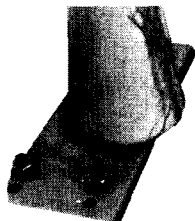


图4 363 kV GIS II 母 4 气室烧损的支持绝缘子

(3) 分支母线

分支母线无异常, 清洁度较母线要好。

(4) 隔离开关

对母线侧所有进线、出线、保护间隔的 42 个隔

离开关进行开盖检查, 隔离开关气室的清洁度良好, 再次清理后进行封盖。

(5) 断路器

对断路器抽样检查, 未发现异常。

3.4 GIS 解体检修后的试验情况

3.4.1 试验过程

GIS 解体检修后, 对处理后的 GIS 再次进行了工频耐压试验, 试验情况如下: I 母 A, B, C 相加压 408 kV 全部一次顺利通过, 未发生过放电; II 母 B 相加压 408 kV 一次顺利通过, 未发生过放电; II 母 C 相电压加到 306 kV 时, 在 3 气室发生一次放电, 随后 408 kV 1 min 通过; II 母 A 相电压加到 360 kV 时连续闪络, 经确认故障点在 3301A 开关 A 相分支的盆式绝缘子处, 见图 5, 建议再次进行处理。



图5 3301A 开关 A 相分支故障的盆式绝缘子

对 3301A 开关 A 相的分支盆式绝缘子更换后的 GIS II 母进行了工频耐压试验, 同时检测局部放电, 试验情况如下: II 母 A, B 相加压 408 kV 一次顺利通过, 未发生过放电; II 母 C 相电压加到 320 kV 时在 3 气室发生一次放电, 随后加压 408 kV 1 min 通过, 再次升压无放电声; 局部放电检测时发现 II 母 3 气室处局放量偏大, 有效值 2.5 mV, 峰值 30 mV, 放电后恢复正常; 桥安线间隔出线分支 A 相处局放量偏大, 有效值 2.5 mV, 峰值 30 mV, 其余各部分均正常, 有效值 0.2~0.3 mV, 峰值 1.5~2.5 mV。经与厂家协商后决定对 3312 出线分支进行清理, 两天后再次进行试验。

两天后, 对 363 kV GIS II 母清理 3312 出线分支后, 再次进行了工频耐压试验, 并检测局部放电, 试验情况如下: II 母 C 相加压 408 kV 一次顺利通过, 未发生过放电; II 母 B 相电压加到 300 kV 时在 2 气室发生 1 次非贯穿性的放电, 随后加压 408 kV 1 min 通过; II 母 A 相电压加到 300 kV 时在 2 气室发生 2 次非贯穿性的放电, 随后加压 408 kV 一次 1 min 通过; 局部放电检测处理后的分支局放量恢复正常; 局部放电检测试验发现 II 母 2 气室局放量偏大, 有效值为 4 mV, 峰值为 30 mV; 其余各部分均正常, 有效值 0.2~0.3 mV, 峰值 1.5~2.5 mV。鉴于 II 母 1, 2, 3 气室均出现过异常现象, 建议对 II 母再进行

一次彻底的清理。

对 363 kV GIS II 母 1,2,3 气室清理后进行了工频耐压试验,并检测局部放电,试验情况如下:II 母 C,B 相加压 408 kV 一次顺利通过,未发生过放电;II 母 A 相电压加到 408 kV 时在 1 气室发生 1 次闪络,再次加压至 360 kV 连续闪络;局部放电检测 II 母 1 气室局放量偏大,有效值 3 mV,峰值 20 mV;其余各部分均正常,有效值 0.2~0.3 mV,峰值 1.5~2.5 mV。根据试验情况及前次的处理情况,认为故障应在桥安线间隔 3312 开关与母线连接的盆式绝缘子的上部,打开后发现一道细微的爬电痕迹,处理后再次进行试验,加压 408 kV 一次顺利通过,未发生过放电,局放检测也正常。

3.4.2 试验结论

330 kV 安通开关站 330 kV SF₆ 全封闭组合电器解体检修后工频电压耐压试验通过,数据符合有关标准和规范的要求,确认合格。

3.5 烧损绝缘件返厂检查并试验

8 月 12 日~13 日,在制造厂对事故及工频耐压试验中烧损的 2 个支撑绝缘子和 1 个盆式绝缘子进行了射线探伤、工频耐压和局放试验。3 个绝缘子均进行了射线探伤试验,没有发现缺陷。盆式绝缘子通过了 510 kV 的工频耐压试验,在电压为 399 kV 下测得该绝缘子的局放量为 0.8 pC,支撑绝缘子通过了 570 kV 的工频耐压试验,在电压为 399 kV 下测得该绝缘子的局放量为 0.8 pC 和 1.2 pC。事故后的 3 个绝缘子经过表面处理并干燥后,均通过了试验,因此可以排除本次故障是因绝缘件质量而引发的。

4 事故原因分析

根据对事故前的运行情况与事故现场的检查、试验工作,对此次事故的原因进行了分析:

现场损坏的事故绝缘子(2 个支撑绝缘子和 1 个盆式绝缘子)在厂里进行表面清理后,全部通过了射线探伤、工频耐压和局部放电试验,表明本次故障并非因绝缘件质量而引发。分析认为,造成本次设备故障的原因是由于安装现场环境条件控制不良所致。

现场安装时未采取有效的防尘措施,是微尘进入的根本原因。现场安装是在 2~5 月份进行的,此时当地的气候条件是风沙大,且当时安装现场环境较差,周围水泥地坪未做,开关站周围均为裸露黄土地,不时有大型工程机械通过,车辆及大风吹起的尘土容易进入 GIS 内部。

安通开关站周围分布有火电厂、铝厂、炭素厂、水泥厂等工业设施,周围的空气和尘土中含有煤渣、

铝粉、炭粉、硅酸盐等粉尘,这些粉尘随着尘土进入 GIS 内部,在强电场作用下可视为导电微粒。

导电微粒附着在支撑绝缘子表面,相当于在支撑绝缘子表面增加了一个尖端电极,它的存在畸变了电场分布,引发放电,从而导致 GIS 充电时支撑绝缘子沿面闪络,造成单相接地故障,其放电机理见图 6。正是因为导电微粒的存在畸变了电场,引发放电,才使得放电通道并未沿最短路径,而是走了一个曲折的路径,事故后绝缘子表面的放电痕迹(见图 7)证明了这一点。

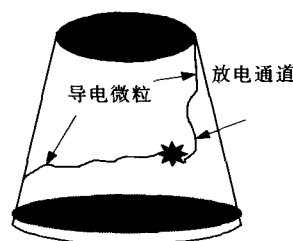


图 6 导电微粒引导放电示意图

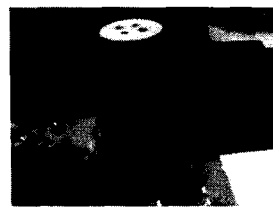


图 7 支持绝缘子放电痕迹

母线筒内三相排列为倒三角形,两段母线均为 B 相故障,A,C 相在上面,B 相在下面。GIS 安装时环境条件恶劣,有微尘进入,其中 B 相的积尘现象最为严重。

常规的工频耐压试验(80%的出厂试验电压)对 GIS 内部的微尘缺陷灵敏度不高,冲击电压试验才能更好地考核微尘,但现场进行冲击电压试验有一定的难度。GIS 内部残留的灰尘往往在投运一段时间后才形成放电通道,导致故障发生。

5 结语

(1)加强 GIS 现场安装的环境监控,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,避免灰尘等进入 GIS 内部。

(2)对导体进行表面绝缘处理(如进行绝缘涂覆等),以加强绝缘裕度,即使 GIS 内部存在个别缺陷也不致发生闪络事故。

(3)在壳体某些部位设置“颗粒陷阱”,当 GIS 内部存在导电颗粒时,由于震动使其掉入“颗粒陷阱”,不致影响设备的绝缘性能,从而保证 GIS 安全可靠运行。

(4)在本次事故原因分析及故障点确定过程中,GIS 故障检测仪起到了很重要的作用,它对 GIS 内部微尘等微小缺陷具有较高的灵敏度。GIS 现场做交流耐压试验的同时,应进行局部放电的测量,且条件许可的情况下进行操作冲击电压试验,以有效地发现如绝缘子伤痕和裂痕、自由微粒、悬浮电位和遗留外部物体在 GIS 内部等故障。