高电压技术

某 330 kV 变电站 110 kV GIS 母线故障原因分析

相中华[1],周秀[2],丁培[2],李秀广[2],马飞越[2],闫振华[2],徐玉华[2],田禄[2],何宁辉[2],马波[2],牛勃[2]

(1. 国网宁夏电力有限公司,宁夏 银川,750001;

2. 国网宁夏电力有限公司电力科学研究院,宁夏 银川 750011)

摘　要: 针对一起 330 kV 变电站 110 kV GIS 母线的故障原因进行分析,通过故障后的现场试验,并对故障气室进行开盖检查及返厂后的设备打磨和出厂试验,验证故障的主要原因是母线气室内存在异物。从 GIS 设备出厂、现场安装及投运后的运行情况提出了防范措施。

关键词: 110 kV;GIS;母线故障

中图分类号: TM 855　　**文献标志码:** B　　**文章编号:** 1672 - 3643(2018)02 - 0024 - 04

有效访问地址: http://dx.doi.org/10.3969/j.issn.1672 - 3643.2018.02.006

Causes analysis on 110 kV GIS bus failure in 330 kV substation

XIANG Zhonghua[1], ZHOU Xiu[2], DING Pei[2], LI Xiuguang[2], MA Feiyue[2], YAN Zhenghua[2], XU Yuhua[2], TIAN Lu[2], HE Ninghui[2], MA Bo[2], NIU Bo[2]

(1. State Grid Ningxia Power Co., Ltd., Yinchuan Ningxia 750011, China;

2. Power Research Institute of State Grid Ningxia Power Co., Ltd., Yinchuan Ningxia 750011, China)

Abstract: The fault causes of 110kV gas insulated switchgear (GIS) bus in 330kV substation are analyzed. Through the post - failure field test, the opening inspection of the faulty gas chamber and the equipment grinding and routine test after the recovery, it is verified that the main reason for this failure is the existence of unknown things in the bus gas chamber. Finally the countermeasures are presented from the aspects of GIS equipments, site installation and operation after the commission.

Keywords: 110 kV;GIS; busbar fault

DOI: 10.3969/j.issn.1672 - 3643.2018.02.006

收稿日期:2018 - 02 - 12

作者简介:相中华(1982)男,硕士研究生,高级工程师,从事开关类设备管理工作。

某 330 kV 变电站于 2016 年 8 月投产，330 kV、110 kV 侧均采用敞开式 GIS 设备，330 kV 采用 2/3接线方式，110 kV 采用双母双分段接线方式。110 kV 设备区正常运行时，110 kV IA 母、110 kV IB 母、110 kV ⅡA 母、110 kV ⅡB 母并列运行；1 号主变 101 送 110 kV ⅠA 母带 111、120、11A－9 电压互感器运行；3 号主变 103 送 110 kV ⅠB 母带 122、IB－9 电压互感器运行，110 kV ⅡA 母母线及 12A－9 电压互感器、110 kV ⅡB 母母线及 12B－9 电压互感器运行。2018 年年初，该站 110 kV ⅠA 母母线差动保护动作，111、1 号主变 101、120、母联 100 Ⅰ、分段 100Ⅲ断路器跳闸。

1　故障跳闸后现场检查情况

1.1　一次设备的检查

当日天气晴朗，环境温度－5 ℃，微风。站内未发生异物挂塔等异常现象，110 kV 区设备外观检查正常。

1.2　二次设备的检查

根据事件列表、故障波形及保护动作情况分析，11 ms 时 IA 母 A 相差动动作，42 ms 时 IA 母 B 相差动动作，59 ms 时 IA 母 C 相差动动作，60 ms 时故障电流消失。本次故障，故障录波图完整，110 kV IA 母母线 A 相、B 相、C 相先后发生接地故障，110 kV IA/IIA 母母差保护正确动作。

1.3　现场检测试验

对 110 kV GIS IA 母 17 个气室依次进行 SF_6 气体分解产物测试，仅 IA 母 GM11 气室氟化氢、二氧化硫超警示值（氟化氢 20 μL/L，二氧化硫 2 020 μL/L），其他气室未见异常。判断 IA 母 GM11 气室内部存在放电故障[1-2]。

1.4　故障气室解体检查

现场打开故障气室手孔盖，气室内部存在大量白色粉末，气室中的两个通盆子表面均存在黑色放电痕迹，换相导体及其筒内壁有放电灼伤痕迹，如图 1 所示，DES11 气室为本次故障气室。

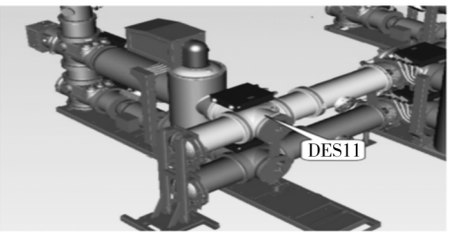

图 1　故障气室位置

在 DES11 母线气室发现 DES11 短筒侧盆子通气孔表面有异常现象。图 2 为打开故障气室后 DES11 短筒侧盆子通气孔的具体情况，在盆子表面发现沿面放电引起的烧蚀、熏黑现象。

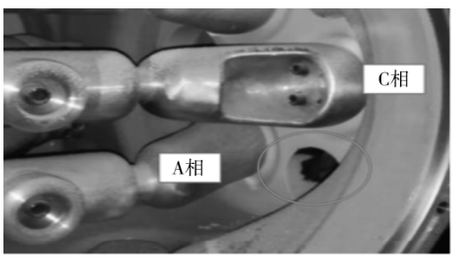

图 2　DES11 短筒侧盆子通气孔

在 DES11 母线气室发现 DES11 长过渡母线筒手孔看向短筒侧盆子通气孔表面有异常现象。图 3 为打开故障气室后 DES11 长过渡母线筒手孔看向短筒侧盆子通气孔的具体情况，在盆子表面发现沿面放电引起的烧蚀、熏黑现象。

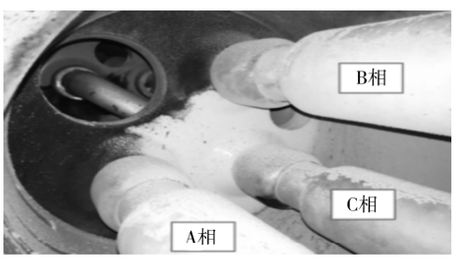

图 3　长过渡母线筒手孔看向短筒侧盆子通气孔

2　故障原因分析

2.1　故障现象分析

根据故障录波图显示：故障时首先为 A 相接地，之后发展为 B 相、C 相接地。解体检查结果显示，故障严重的部位为长过渡母线筒与母线短筒之间的绝缘盆子，长过渡母线侧的盆子沿面烧蚀、熏

黑严重,且该位置 A 相触头烧蚀也较严重,在与烧蚀触头对应的壳体位置存在一处铝液烧蚀点[3-4]。

根据上述检查结果,从该部位零部件的烧蚀痕迹及情况来判断,本次故障的发展过程为 A 相发生对地放电后,故障生成的污染物随后引起该盆子表面 B 相导体位置盆子沿面放电,同时 B 相触头气隙击穿对壳体放电,壳体出现另一处烧蚀点。故障生成物继续通过通气绝缘盆子孔进入短筒气室,污染短筒气室及盆子表面,造成该盆子另一侧 A、B 相触头对壳体放电,对应短筒内壁出现烧蚀、熏黑痕迹,同时母线短筒另一侧绝缘盆子表面 A 相、C 相出现沿面放电[5]。至此,GM11 气室内部相继出现 A 相、B 相、C 相接地故障,至保护动作,故障持续时间 60 ms。

长过渡母线筒内 A 相放电原因存在两种可能:一是盆子表面 A 相发生沿面放电,引发 A 相触头气隙击穿对壳体放电,造成 A 相导体位置壳体出现烧蚀点;二是首先 A 相触头气隙击穿对壳体放电,随后引发盆子 A 相位置沿面放电。故障绝缘盆子拆除后经初步检查,绝缘盆子表面未见明显脱落、裂纹等现象,仅为沿面放电引起的烧蚀、熏黑现象,未见明显的放电通道。气室内发生放电故障时,SF_6气体会分解、劣化,最终形成粉末状的白色物质[6],这是 SF_6气体在电弧作用下,铝质导体和分解物化学反应形成的物质。

2.2　返厂解体及试验检查

2.2.1　绝缘盆子清理及打磨检查

对沿面放电的绝缘盆子进行表面处理,但未在绝缘盆子表面发现明显脱落、裂纹现象。图 4 为 DES11 长过渡母线筒手孔看向短筒侧盆子在工厂处理时的表面情况。

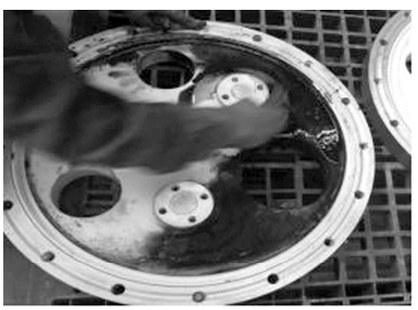

图 4　工厂处理前 DES11 长过渡母线筒手孔看向短筒侧盆子

在工厂处理过程中,DES11 短筒侧盆子通气孔表面可以通过打磨、擦拭等方法进行清理,图 5 为 DES11 短筒侧盆子清理过程中表面情况。

图 5　DES11 短筒侧盆子清理过程

经处理后,图 6 的两只通气盆子的两面都无树枝状的爬电痕迹,只有个别部位有微量喷溅物质,故障部位需进一步查找和分析。

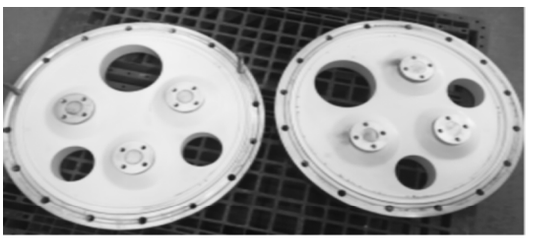

图 6　清理后两个绝缘盆子表面

2.2.2　X 射线探伤试验检查

对两只绝缘盆子分别进行 X 射线探伤试验,但未在绝缘盆子中发现任何微小气泡或裂纹,试验结果正常。

2.2.3　工频耐压及局部放电试验

为进一步确定绝缘盆子质量,对其分别进行工频耐压及局部放电试验,A、B、C 相均通过 230 kV/min,,A、B、C 相局放值均小于 3 pC,试验结果合格。

2.3　故障分析结果

(1)通过以上检查、试验分析,确定盆式绝缘子内部无气隙、缝隙、开裂、杂质等浇筑缺陷,绝缘盆子电气性能满足国标相关的要求,未发现明显的电气缺陷[7]。

(2)绝缘盆子表面无放电通道痕迹,绝缘盆子非故障主因,故障起始点为长母线筒内 A 相导体端头位置对壳体的气体间隙击穿,具体见图 7 所示。

(3)在均匀电场下,SF_6 气体击穿电压较高,但如场强畸变,击穿电压迅速降低,导体端头为电场集中处,采用屏蔽罩对其电场进行优化,电场设计及绝缘性能满足相关标准要求,并通过了出厂及交接试验[8]。

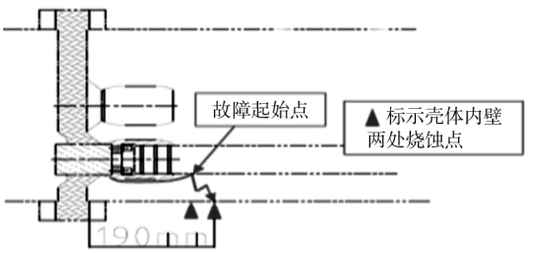

图 7　放电起始位置

(4)在 GIS 生产、安装内部清理过程中,清理不彻底,内部遗留粉尘颗粒等,运行过程中粉尘颗粒等随着电场向高电场区域迁徙移动,造成局部电场畸变,SF_6 气体击穿电压下降造成导体对壳体闪络放电,最终导致本次母线绝缘故障[9]。

3　防范措施

(1)GIS 安装调试阶段,应确保现场安装和对接环境的洁净度。宁夏属多风沙地区,应避免现场安装过程中带入异物引发放电,建议 110 kV GIS 现场安装工作采取防尘措施,所有单元的开盖、内检及连接工作应在可移动防尘棚内进行,对于未按要求施工的单位,应加大处理力度。

(2)绝缘裕度设计应充分考虑异物对电场分布造成的影响,不应盲目追求设备的“小型化”。目前国外 GIS 基本应用于户内站,ABB、西门子推行的 GIS 小型化是建立在户内 GIS 运行经验的基础上,对运行环境、安装工艺均有要求。宁夏地处西北,昼夜、冬夏温差较大,与户内运行环境差异较大。西开等厂目前推行的 GIS 小型化,缺少环境运行经验,压缩设备绝缘预度,降低了设备运行的可靠性,建议暂停小型化设备进入宁夏电网[10]。

(3)母线侧三工位开关气室与母线气室应相互独立。母线气室的三工位开关初期母线气室的三工位开关应用于紧凑型户内 GIS 中,三工位布置于母线气室的结构最初在紧凑型户内 GIS 中使用,以节省布置空间。目前厂家在未解决大温差环境下 GIS 关键技术的情况下,套用本结构用于户外 GIS 设备,降低了设备运行可靠性,建议三工位结构采用独立气室与母线进行隔离。

(4)建议开关类设备在研究、设计、制造、安装、检修水平下,采用更为成熟的 HGIS 结构,暂时规避 GIS 设备在大风沙、大温差环境下的故障率偏高的问题[11]。

(5)项目管理单位及试验单位务必严格按照标准进行交接试验,严把入网关,不得随意降低标准,把隐患排除在投运前。建议逐步试点推广 GIS 的现场冲击试验,加大对内部场强及洁净度的考核,各单位进一步加强 GIS 的带电测试工作,做到早发现、早处理。

参考文献

[1] 陈楷,王卉. 220 kV GIS 母线事故处理方法探析[J]. 电气技术,2010(12):53 – 57.

[2] 李晓梅. GIS 设备盆式绝缘子放电故障分析[J]. 电力安全技术,2015,12(17):25 – 27.

[3] 郭伟,刘韧强. SF_6分解产物检测在 GIS 故障诊断中的应用[J]. 电力安全技术,2017,19(5):26 – 28.

[4] 张焕青,王浩. 湖北电网 GIS 常见故障分析及诊断实例. 湖北电力,2014,38(2):55 – 57.

[5] 田凤兰,赵珩. 两起油气套管变压器跳闸原因分析. 华中电力,2009,22(1):58 – 61.

[6] 黄金剑,杨宝琨. 一起 11 kV GIS 三相短路故障的原因分析. 广西电力,2014,37(2):65 – 67.

[7] 李超,陶蓉. 一起 126 kV GIS 设备故障后的检测实例分析[J]. 高压电器,2015,51(1):145 – 149.

[8] 叶建祥,刘志杰. 一起 220 kV GIS 母线跳闸事故分析[J]. 电力安全技术,2013,15(10):28 – 30.

[9] 肖华,刘圣辉. 一起 220 kV GIS 内部微粒放电引起母线跳闸的原因分析[J]. 电力应用,2015,34(9):76 – 78.

[10] 张继龙, 杨博超. 一起 220 kV GIS 设备故障跳闸原因分析[J]. 河北电力技术,2010,29(4):49 – 51.

[11] 郭雷,张海杰. 一起 220 kV GIS 设备内部放电故障分析及处理措施[J]. 电气技术,2016(1):127 – 133.