

DOI:10.13296/j.1001-1609.hva.2015.10.034

一起气体绝缘金属封闭开关设备悬浮放电缺陷分析

李兴旺, 刘 军, 刘梦娜

(广东电网有限责任公司电力科学研究院, 广州 510080)

摘要:文中分析了一起典型的气体绝缘金属封闭开关设备悬浮放电缺陷。通过局部放电特高频检测确定了故障位置,根据信号特征判断缺陷类型为悬浮放电。经解体检查,发现隔离开关动触头U型座套与绝缘拉杆之间的连接销钉位置存在明显放电痕迹,销钉尺寸不满足设计要求。销钉与U型座的在隔离开关分闸状态下,由于配合不当造成连接不良,形成了悬浮电位。

关键词:气体绝缘金属封闭式开关设备;局部放电;特高频法;悬浮放电

Analysis on a Floating Discharge Defect in GIS Disconnecting Switch

LI Xingwang, LIU Jun, LIU Mengna

(Electric Power Research Institute of Guangdong Power Grid Corporation, Guangdong 510080, China)

Abstract: A typical floating discharge defect in GIS disconnecting switch was analyzed. UHF detection method of partial discharge was adopted to locate the defect position, and the type of the defect was judged to be floating discharge according to the feature of UHF signal. Disassembly inspection showed apparent imprint of discharge at the position of connecting pin of the moving contact and insulating rod. Because the size of pin didn't meet the design demand, insufficient connection of the moving contact and pin resulted in the floating discharge in the open state of the disconnecting switch.

Key words: gas insulated switchgear(GIS); partial discharge; ultra-high frequency method; floating discharge

0 引言

气体绝缘金属封闭式开关设备(gas insulated switchgear, GIS)指全部或者部分采用绝缘气体而不采用大气压下的空气作为绝缘介质的金属封闭式开关设备^[1],其运行可靠性高、占地面积小、安全性高,在电力系统中得到广泛的应用。但近年来随着GIS数量的增多,生产工艺不良、安装调试不当、运行维护不周等原因引起的GIS停电事故越来越多,对电网稳定运行的影响越来越大^[2-8]。据统计,在不同缺陷引发的GIS故障中,微粒及异物占20%,接触不良占29%,绝缘子缺陷占10%,导体尖刺占5%,其他占36%^[9-10]。

实际运行过程中,因接触不良引起悬浮放电,导致GIS设备短路的事件时有发生。文[11]中分析过一起气体绝缘全封闭组合电器(GIS)罐式MOA交接试验过程中因导电杆接触不良引起的放电情

况;文[12]中对一起LW25-126型SF₆断路器绝缘拉杆接头断裂原因进行过分析,认为悬浮放电释放的能量使得销孔变形、尺寸变大,圆柱销直径变小,最终导致拉杆接头断裂;文[13]中通过电场计算分析过一起550 kV GIS的隔离开关在进行绝缘试验时,发生放电击穿的事件。但是,如何及时高效发现这些缺陷,避免设备发生停电事故,已成为提高GIS可靠性的关键,也一直是国内外学者关注的重点。

局部放电(partial discharge, PD)是指发生在GIS绝缘结构中局部区域内的放电现象,包括:自由金属颗粒放电、悬浮电位体放电、沿面放电、绝缘件内部气隙放电、金属尖端放电等。局部放电能够有效反映GIS绝缘性能的变化,是衡量GIS绝缘性能的关键指标之一。根据局部放电的物理、化学特性,检测技术主要分为电测法和非电测法。以气体成分检测法为代表的非电气检测法由于气体分解较为缓慢,且存在吸附和复合作用,目前主要作为现场辅助测试手段。以特高频(ultra-high frequency,

UHF)法为代表的电气检测方法得到了国际标准 IEC 62271-203—2011 和 CIGRE TF15/33.03.05 的推荐使用。UHF 法对局部放电辐射出的特高频电磁波信号进行检测,抗干扰能力较强,检测效率较高,可实现在线监测、模式识别及故障定位。因此 UHF 法被越来越多的电网用户所采用,成为最主要的 GIS 局部放电检测手段^[14-20]。

笔者利用特高频检测法,发现一起典型的 GIS 隔离开关气室悬浮放电缺陷,并通过解体验证,为 GIS 绝缘缺陷的诊断及特高频检测积累了一线生产经验。

1 事件概述

2014 年,某变电站 220 kV GIS 进行例行局部放电测量,发现 1 号主变间隔存在明显局放信号,经跟踪测量发现,局部放电特高频信号增长趋势明

显,且二氧化硫组分超标。采用特高频检测方法定位发现局放缺陷位于 5M 侧隔离开关气室,此时 5M 侧隔离开关处于分闸位置,6M 侧隔离开关处于合闸位置,1 号主变间隔结构图见图 1,局部放电特高频图谱见图 2。

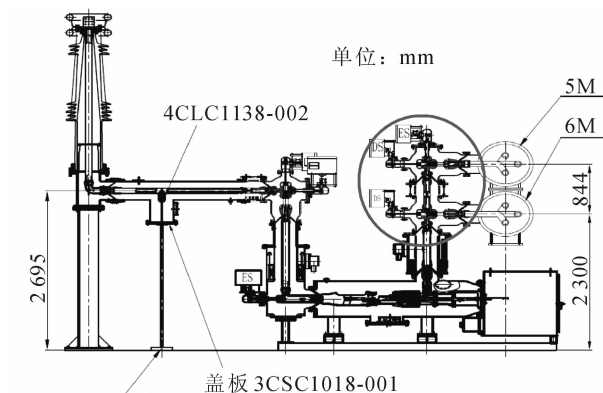


图 1 1 号主变间隔结构图

Fig. 1 The structure figure of No.1 transformer interval

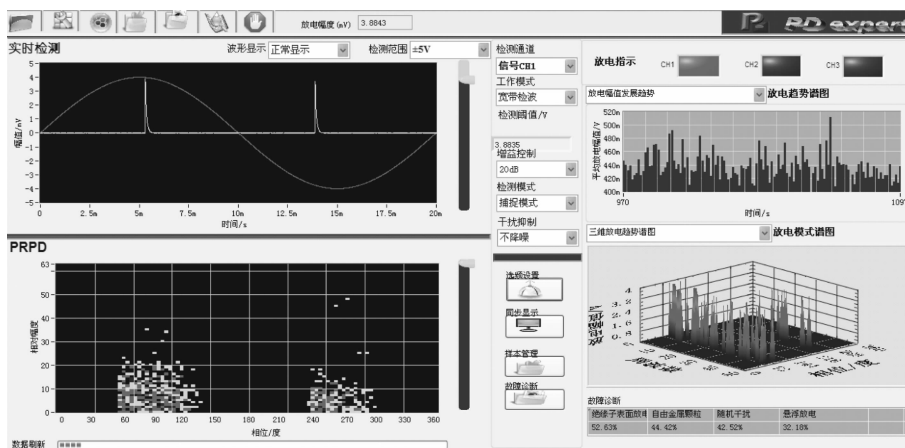


图 2 局部放电特高频信号谱图

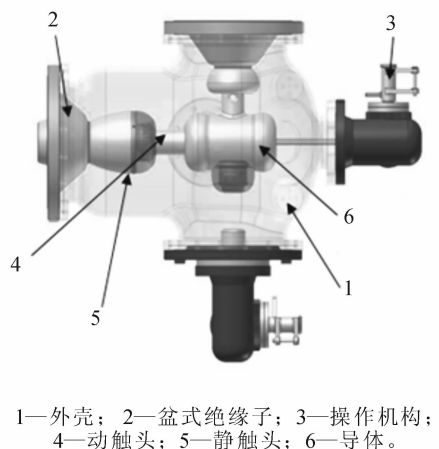
Fig. 2 The discharge signal spectrum

采用特高频在线监测装置,对局放信号进行长期监测,发现该信号相位特征明显,具有双极性、且存在较为明显的随机性特点,放电信号相对幅值较大,判断为 5M 侧隔离开关气室发生悬浮放电。

2 解体检查

该隔离开关结构见图 3。隔离开关动触头在绝缘拉杆带动下实现分合,动触头与绝缘拉杆连接结构见图 4。绝缘拉杆的金属嵌件通过销钉与动触头 U 型座套连接。

对 5M 侧隔离开关气室进行解体检查,发现绝缘拉杆与动触头连接位置存在明显放电痕迹,动触头表面颜色已发生明显变化,与绝缘拉杆连接位置存在大量粉尘,具体见图 5。



1—外壳; 2—盆式绝缘子; 3—操作机构;
4—动触头; 5—静触头; 6—导体。

图 3 隔离开关结构图

Fig. 3 The structure figure of disconnector

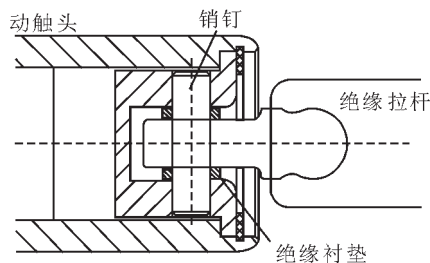


图4 隔离开关动触头和拉杆连接结构图

Fig. 4 The structure figure of moving contactor and insulating rod



(a)隔离开关动触头



(b)拉杆连接件



(c)销钉

图5 隔离开关动触头、拉杆连接件和销钉

Fig. 5 The moving contactor, insulating rod connector and pin

3 缺陷原因分析

解体发现金属销与U型座连接不紧密,存在松动,配合不良。该处采用两头均无限位结构的圆柱形销钉,易造成该部件来回滑动,导致连接不良,产生悬浮电位。该销钉与U型衬套(见图4)之间的配合,要求直径为 $12^{+0.014}$,而实测结果表明,该销钉尺寸为11.79,说明配合误差过大。

当隔离开关处于分闸状态时,金属销松弛,外部振动可导致金属销与U型座的接触不良,形成悬浮电位。而当隔离开关处于合闸状态时,由于绝缘导杆的作用,金属销与U型座处于连接良好状态,电位相等,因而不发生放电。

隔离开关在多次合分闸的过程中,销钉与动触头之间存在相对位移,可能导致销钉及动触头表面产生划痕甚至毛刺。由于销钉与动触头接触不良,导致两者之间存在一定电位差。因此当在电压负半周,金属销钉相对于动触头呈正极性,销钉毛刺处感应的正电荷增大了销钉与动触头之间的电场强度,此时会发生正极性流注放电并引发局部击穿。

同时流注会向销钉注入电子,中和销钉处的正电荷,从而削弱销钉与动触头间的电场强度,放电便会在持续一段时间后停止,此时销钉上带负电荷。随着电压进入正半周期,销钉毛刺处在上半周期放电残留负电荷增强销钉与动触头间的电场强度,负电晕放电就会产生。随着负电晕放电的发展,销钉处被注入正离子,中和原有的负电荷,从而阻碍了电晕放电的发展,放电停止,销钉带正电荷。等到下一个电压周期出现,便会重复上述放电过程。

4 结论

1)隔离开关绝缘拉杆与动触头装配连杆的连接是否牢固,会严重影响隔离开关的可靠性,厂家应在设计、零部件加工和装配过程中给予足够的重视,确保绝缘拉杆与动触头可靠连接。

2)定期开展局部放电检测,能够及时有效发现GIS绝缘缺陷,是了解设备运行状况、确保设备安全稳定运行的有效技术监督手段。

3)接触不良造成的悬浮放电,相位特征明显,具有双极性且存在较为明显的随机性特点,放电信号相对幅值较大。

参考文献:

- [1] DL/T 617—2010 气体绝缘金属封闭开关设备技术条件[S]. 2010.
DL/T 617—2010 Technical conditions for gas insulated metal enclosed switchgear[S].2010.
- [2] 卢启付,李兴旺,徐晓刚,等. 基于ANSYS的GIS隔离开关短路事故分析[J]. 高压电器,2012,48(8):76-79.
LU Qifu,LI Xingwang,XU Xiaogang,et al. Analysis of short circuit accident'analysis about for GIS isolating switch disconnecting switch based on ANSYS[J]. High Voltage Apparatus,2012,48(8): 76-79.
- [3] 卢启付,李兴旺,程养春,等. 一起装配清洁度不够导致的GIS隔离开关短路事故分析[J]. 广东电力,2011,24(11):106-108.
LU Qifu,LI Xingwang,CHENG Yangchun,et al. Analysis on short circuit accident of earthing switch of gas insulated metal-enclosed switchgear[J]. Guangdong Electric Power, 2011,24(11): 106-108.
- [4] 汪晓明,何萍,刘衍,等. 一起500 kV HGIS事故的分析与处理[J]. 高压电器,2014,50(1):129-132.
WANG Xiaoming,HE Ping,LIU Yan,et al. Analysis and analysisand treatmentof a 500 kV hybrid gas insulated switchgear accident[J]. High Voltage Apparatus,2014,50(1):129-132.
- [5] 徐世山,孟可风,刘文泉. 一起363 kV GIS充电闪络故

- 障的原因分析[J]. 高压电器, 2007, 43(1): 74-76.
- XU Shishan, MENG Kefeng, LIU Wenquan. Analysis of 363 kV gas insulated switchgear charging flashover fault [J]. High Voltage Apparatus, 2007, 43(1): 74-76.
- [6] 禹化然, 蒋伟毅, 徐 嵘. 一起 220 kV GIS 内部短路故障分析[J]. 高压电器, 2013, 49(8): 115-118.
- YU Huaran, JIANG Weiyi, XU Rong. Analysis of a short circuit fault in a 220 kV gas insulated switchgear[J]. High Voltage Apparatus, 2013, 49(8): 115-118.
- [7] 苏 煜, 王 薇, 张燕涛. 一起 GIS 三工位隔离开关故障原因分析及处理[J]. 高压电器, 2007, 43(3): 227-228.
- SU Yu, WANG Wei, ZHANG Yantao. Analysis and treatment of the fault in GIS disconnector with three positions[J]. High Voltage Apparatus, 2007, 43(3): 227-228.
- [8] 王静君, 黄瑜珑. 一起 500 kV GIS 隔离开关绝缘闪络的事故分析[J]. 高压电器, 2013, 49(9): 119-123.
- WANG Jingjun, HUANG Yulong. Analysis on an insulation breakdown accident of 500 kV GIS disconnector[J]. High Voltage Apparatus, 2013, 49(9): 119-123.
- [9] CIGRE Joint Working Group 33/23.12. Insulation coordination of GIS: return of experience, on site tests and diagnostic techniques [C]//International Council on Large Electric System. Paris, France: [s.n.], 1998: 67-97.
- [10] IEC 60071-2—1996 Insulation coordination Part 2: Application guide[S]. 1996.
- [11] 刘 艳, 黄松波, 何胜红. 一起 GIS 交接试验过程中的放电情况分析[J]. 高电压技术, 2004, 30(7): 73-74.
- LIU Yan, HUANG Songbo, HE Shenghong. Analysis of discharge in GIS during commission test[J]. High Voltage Engineering, 2004, 30(7): 73-74.
- [12] 孙 茁, 薛 源, 郭宏伟. 126 kV GIS 设备典型故障分析与处理[J]. 高压电器, 2010, 46(11): 95-98.
- SUN Zhuo, XUE Yuan, GUO Hongwei. Analysis and solution to a 126 kV GIS equipment fault[J]. High Voltage Apparatus, 2010, 46(11): 95-98.
- [13] 王 俊, 田刚领, 张国跃, 等. 悬浮电位引起电场放电的计算分析[J]. 电气开关, 2010(5): 70-71.
- WANG Jun, TIAN Gangling, ZHANG Guoyue, et al. The calculation and analysis of the electric field discharge caused by floating potential[J]. Electric Switcher, 2010(5): 70-71.
- [14] 丁登伟, 高文胜, 刘卫东. 采用特高频法的 GIS 典型缺陷特性分析[J]. 高电压技术, 2011, 37(3): 706-710.
- DING Dengwei, GAO Wensheng, LIU Weidong. Analysis on the typical partial discharge using UHF detection method for GIS[J]. High Voltage Engineering, 2011, 37(3): 706-710.
- [15] 钱 勇, 黄成军, 江秀臣, 等. 基于超高频法的 GIS 局部放电在线监测研究现状及展望[J]. 电网技术, 2005, 29(1): 40-43.
- QIAN Yong, HUANG Chengjun, JIANG Xiuchen, et al. Present situation and prospect of ultrahigh frequency method based research of on-line monitoring of partial discharge in gas insulated switchgear[J]. Power System Technology, 2005, 29(1): 40-43.
- [16] 李 信, 李成榕, 李亚莎, 等. 有限时域差分法对 GIS 局部放电传播的分析[J]. 中国电机工程学报, 2005, 25(17): 150-155.
- LI Xin, LI Chengrong, LI Yasha, et al. Analysis on partial discharge in GIS by FDTD method[J]. Proceedings of the Chinese Society for Electrical Engineering, 2005, 25(17): 150-155.
- [17] 张鸣超, 王建生, 邱毓昌. GIS 中局部放电测量用超高频传感器[J]. 电网技术, 1998, 22(8): 42-44.
- ZHANG Mingchao, WANG Jiansheng, QIU Yuchang. UHF sensors for partial discharge measurement in GIS[J]. Power System Technology, 1998, 22(8): 42-44.
- [18] 姚 勇, 岳彦峰, 黄兴泉. GIS 超高频/超声波局放检测方法的现场应用[J]. 高电压技术, 2008, 34(2): 422-424.
- YAO Yong, YUE Yanfeng, HUANG Xingquan. Field application of UHF and AE method for detecting PD in GIS[J]. High Voltage Engineering, 2008, 34(2): 422-424.
- [19] 张 磊, 林 群, 丁登伟, 等. GIS 中局部放电特高频信号传播特性的仿真分析[J]. 高电压技术, 2011, 37(3): 726-731.
- ZHANG Lei, LIN Qun, DING Dengwei, et al. Simulation analysis on the attenuation characteristics of partial discharge ultra-high frequency signals in GIS[J]. High Voltage Engineering, 2011, 37(3): 726-731.
- [20] 唐 炬, 侍海军, 许高峰, 等. GIS 局部放电两种内置传感器响应特性分析[J]. 高电压技术, 2003, 29(2): 29-31.
- TANG Ju, SHI Haijun, XU Gaofeng, et al. Two couplers for detection of partial discharge in gas-insulated substations[J]. High Voltage Engineering, 2003, 29(2): 29-31.
- 李兴旺(1985—), 男, 工程师, 主要从事高压设备试验及绝缘诊断技术研究工作。

版权声明:

本刊已许可中国学术期刊(光盘版)电子杂志社在中国知网及其系列数据库产品中以数字化方式复制、汇编、发行、信息网络传播本刊全文。该社著作权使用费与本刊稿酬一并支付。作者向本刊提交文章发表的行为即视为同意我编辑部上述声明。