

一起 220 kV GIS 特高频局放异常诊断分析

肖舒月¹,程梦盈²,龙国华²

(1.南昌工程学院,江西 南昌 330099;2.国网江西省电力有限公司电力科学研究院,江西 南昌 330096)

摘 要:近年来,GIS因其优良的性能被广泛应用于电力行业,然而其主要以带电检测为主,运维手段有限,一旦发生故障,检修处置困难且停电时间较长。文中基于时差定位法,排除外部环境干扰,成功诊断并处置了一起 220 kV GIS 设备内部特高频局部放电异常缺陷,进一步验证了局放带电检测 GIS 设备绝缘类缺陷的有效性,并提出了防范措施与建议,为 GIS 设备运行状态评估提供经验。

关键词:GIS 设备;局部放电;特高频法;时差定位法

中图分类号:TM 83 **文献标志码:**B **文章编号:**1006-348X(2025)02-0055-04

0 引言

气体绝缘金属封闭开关设备(GIS)具有集成度高、占地面积小、受外界环境影响小、维护工作量少等优点,在电力行业中被广泛应用,特别是在新建变电工程中逐步代替了传统的敞开式开关设备,因此其运行可靠性将直接关系到整个电力系统运行的稳定性^[1-3]。近年来,江西电网 110 kV 及以上新建输变电工程均采用 GIS 设备,但因 GIS 设备内部的电场相对集中,对绝缘件质量、制造及安装工艺要求较高,如存在绝缘件缺陷、关键组部件加工工艺不良、安装工艺不满足要求、清理不到位遗留金属异物等问题,往往会导致 GIS 设备内部产生局部放电,甚至主绝缘直接击穿。

局部放电现象是 GIS 设备内部缺陷发展劣化的重要表征,检测局部放电信号是判断 GIS 设备运行状态及故障预警的重要手段^[4-5]。在 GIS 设备局部放电检测方法中,特高频检测法具有较好的抗干扰和抗衰减能力,对尖端电极、悬浮电位、固体绝缘缺陷等类型的放电信号检测灵敏度高。文中对一起 220 kV GIS 在例行带电检测过程中发现的特高频局放检测异常情况进行现场诊断,通过时

差定位法,成功定位该特高频局放异常缺陷点,为 GIS 现场带电检测异常信号诊断分析和处置提供经验。

1 事件概况

2024 年 6 月 30 日,在对某 500 kV 变电站 GIS 设备进行带电检测时,发现 220 kV GIS IA 母间隔的母线 2 号气室、母线 3 号气室、2511A 隔离开关 A 相气室、IA 母避雷器 A 相气室均存在特高频局部放电异常信号,超声波局放检测无异常,SF₆ 气体组分、微水检测正常;进一步复测后,判断放电源位于该间隔 2511A 隔离开关、避雷器和电压互感器气室之间的四通气室处,如图 1 所示。

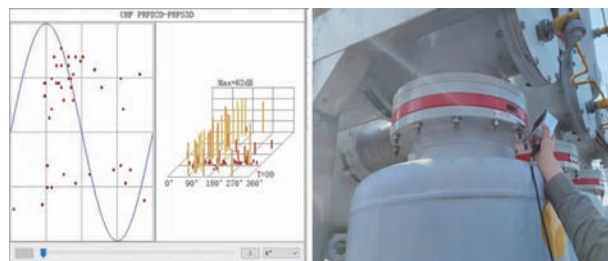


图 1 2511A 隔离开关局放信号(左)及疑似放电区域(右)

该 500 kV 变电站内 220 kV GIS IA 母间隔设备型号为 ZF11-252(L),电压互感器型号为 SVR-20B,

收稿日期:2024-12-24

作者简介:肖舒月(2006),女,本科在读,主要从事电力设备故障诊断研究。

故障分析 FAULT ANALYSIS

避雷器型号为 Y10WF1-204/532, 出厂时间为 2016 年 1 月。设备结构及各气室分布如图 2 所示。

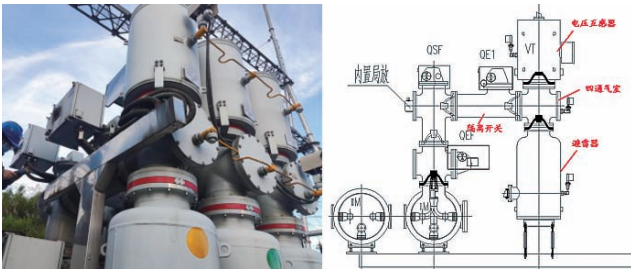


图 2 | A 母间隔实物图(左)及 | A 母间隔断面结构图(右)

2 现场检测情况

为进一步判断设备异常部位, 2024 年 7 月 26 日, 对该特高频局部放电异常信号开展现场诊断分析。

2.1 超声波局放检测情况

分别对该间隔的电压互感器气室、避雷器气室、四通气室、隔离开关气室进行超声波局放检测, 经过罐体的轴向和径向多点测量对比, 测试值最大约 2.3 mV, 与背景值接近, 无明显的 50 Hz/100 Hz 频率相关性。检测结果如图 3 所示。

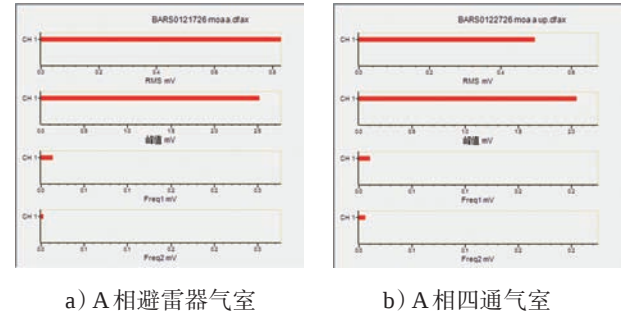


图 3 超声波局放检测情况

2.2 特高频局放检测情况

在 IA 母避雷器 A 相气室及电压互感器 A 相气室盆式绝缘子浇注口处测得特高频信号幅值为 57~64 dB, 无明显的极性效应。按隔离开关气室及母线气室特高频内置式传感器测试, 2511 隔离开关 A 相处信号幅值最高 (62 dB), 2511 隔离开关 B 相与 3 号 I 母线信号幅值接近 (约 54 dB)。测得空气中该间隔背景信号中存在特征相似的特高频信号, 而测试相邻间隔的背景均无此特征信号, 判断该间隔区域存在一个特高频异常信号源。测试图谱如图 4 所示。

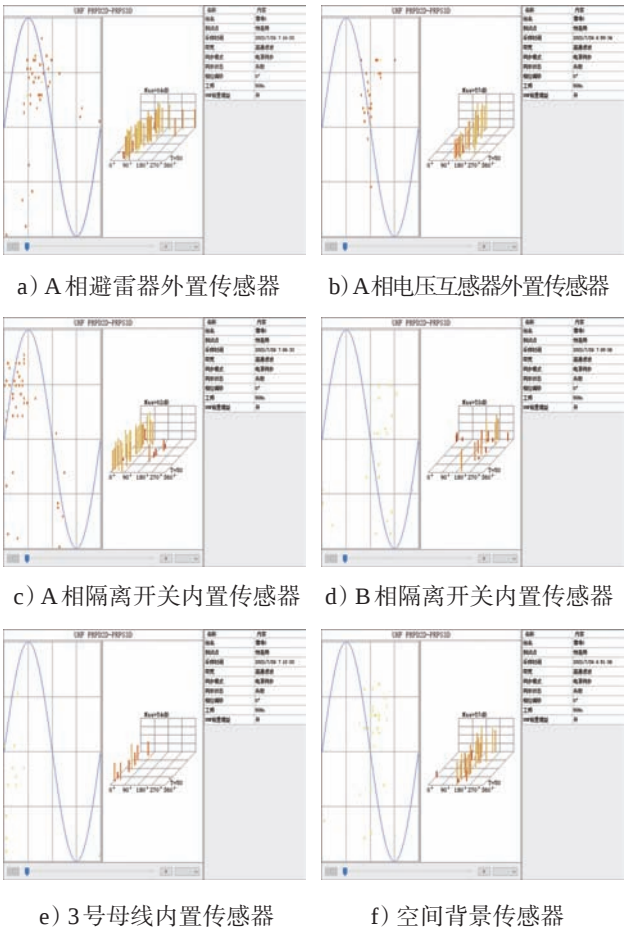


图 4 特高频局放检测 PRPS 和 PRPD 图谱

综上所述, 该间隔 A 相存在异常特高频局放信号, 其相位分布较宽、放电幅值较为分散, 参考《气体绝缘金属封闭开关设备局部放电带电测试技术现场应用导则 第 2 部分: 特高频法》(Q/GDW 11059.2—2018) 中典型图谱, 初步判断为绝缘类放电缺陷。

2.3 特高频异常局放信号定位

2.3.1 时差定位法原理

通过幅值大小比较, 确定信号源位于某位置附近后, 可在临近两侧盆式绝缘子上分别放置特高频外置传感器, 或直接连接 GIS 设备内置特高频传感器, 并测量两个测试点之间的轴向距离 L , 利用示波器通过两侧传感器采集放电信号, 读取放电信号的时差 Δt , 可计算出信号源距离时间领先的测试点的距离 x 。时差定位法原理如图 5 所示。

$$\Delta t = t_1 - t_2 = (L - x) / c - x / c \tag{1}$$

$$x = 1/2 (L - c \Delta t) \tag{2}$$

式中: c 为电磁波等效传播速度, 取 3×10^8 m/s。

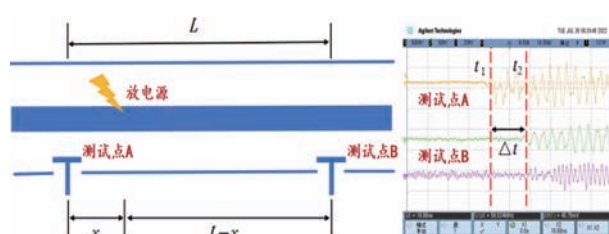


图5 时差定位法原理图

2.3.2 特高频异常局放信号定位结果

为确定异常信号来源,分6次开展时差定位,测试取点如表1所示,现场分布及距离如图6、7所示。

表1 时差定位法测试取点

测试点序号	测试点部位
测试点1	避雷器气室水平盆式绝缘子浇注口
测试点2	隔离开关竖直盆式绝缘子浇注口
测试点3	电压互感器气室水平盆式绝缘子浇注口
测试点4	2511隔离开关A相内置传感器
测试点5	2511隔离开关B相内置传感器
测试点6	3号1母线内置传感器

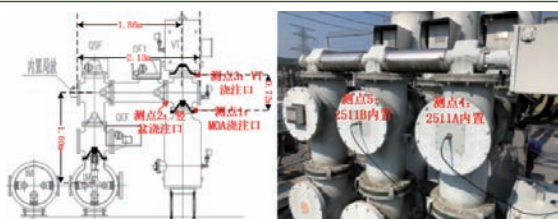


图6 时差定位测点分布图1



图7 时差定位测点分布图2

1) 将背景信号、测点4及测点6接入高速示波器,测点4与测点6可探测到明显的周期性放电信号,且前者超前后者约16.8 ns,折算至直线距离为5.04 m,与两测点间信号传播的距离5.28 m相近,表明信号源靠近测点4即2511隔离开关A相气室部位,空气背景中无周期性放电信号。定位图谱如图8所示。

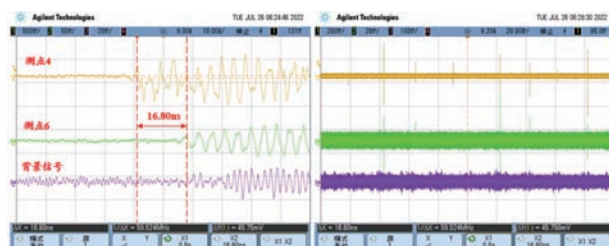


图8 第一次定位图谱(左)、周期性放电信号(右)

2) 将测点1、测点4及测点6接入高速示波器,测点1信号超前测点4约6.8 ns,折算至直线距离2.04 m,与测点1与测点4的实际距离2.18 m接近;测点1信号超前测点6约23.2 ns,折算至直线距离6.96 m,与测点1与测点6的实际距离6.46 m接近,表明信号源靠近测点1即避雷器水平盆式绝缘子部位。定位图谱如图9所示。

3) 将测点2、测点4及测点6接入高速示波器,测点2信号超前测点4信号4.9 ns,折算至直线距离为1.47 m,与测点2与测点4的实际距离1.59 m接近,表明信号源靠近测点2即隔离开关竖直盆式绝缘子部位。定位图谱如图9所示。

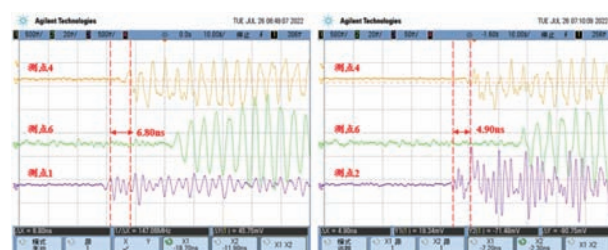


图9 第二次定位图谱(左)及第三次定位图谱(右)

4) 将测点1、测点3及测点4接入高速示波器,测点1信号超前测点3信号2.4 ns,折算至直线距离为0.72 m,与避雷器、电压互感器盆式绝缘子间的直线距离(0.72 m)吻合,表明信号源靠近测点1即避雷器水平盆式绝缘子部位。定位图谱如图10所示。

5) 将测点1、测点2及测点3接入高速示波器,测点1信号超前测点2信号1.1 ns,折算至直线距离为0.33 m,与两者实际距离0.38 m接近,表明信号源靠近测点1即避雷器水平盆式绝缘子部位。定位图谱如图10所示。

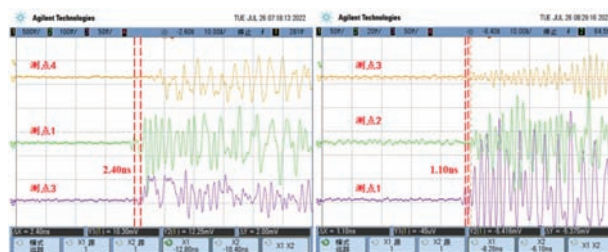


图10 第四次定位图谱(左)及第五次定位图谱(右)

6) 将测点1用屏蔽带包裹测试后,确定附近空气背景无异常信号,综合考虑此前示波器测试时背景未采集到周期性特征的放电信号,判断该异常特高频信号源于气室内,且可通过法兰面传播至空气中。测试图如图11所示。

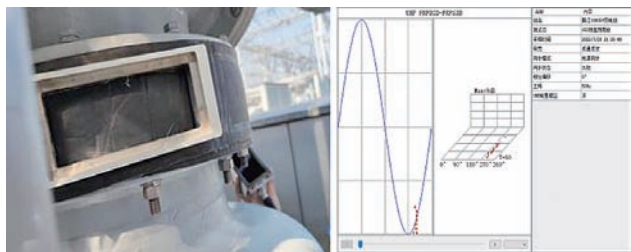


图 11 将避雷器法兰面屏蔽后测试背景特高频信号
定位结果如表 2 所示。

表 2 时差定位法测试结果

测试点序号	测试结果
测试点 4、6	信号源靠近测点 4
测试点 1、4、6	信号源靠近测点 1
测试点 2、4、6	信号源靠近测点 2
测试点 1、3、4	信号源靠近测点 1
测试点 1、2、3	信号源靠近测点 1
测试点 1、背景	信号源于 GIS 气室内部

综上所述,根据定位结果,判断该特高频异常局放信号源于避雷器气室。

3 现场处理及返厂检查情况

3.1 现场处理情况

2024年9月24日,对220 kV GIS IA 母间隔避雷器气室进行更换处理。现场检查电压互感器、避雷器气室盆式绝缘子,发现表面无异常磨损、裂纹、尖端等异常情况,判断缺陷位于盆子内部或避雷器气室。如图12所示。

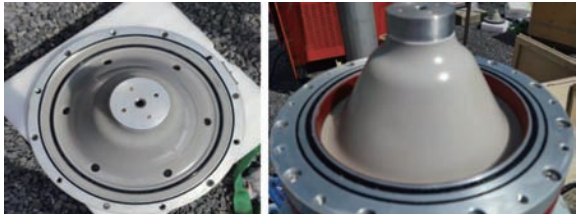


图 12 检查电压互感器、避雷器盆式绝缘子表面无异常

更换后,对该间隔开展现场交流耐压及局部放电检测,耐压试验通过,且特高频及超声波局部放电检测均无异常。特高频检测图谱如图 13 所示。

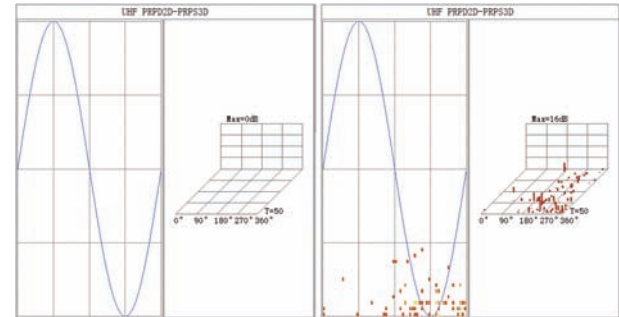


图 13 更换后特高频测试图谱(左)及背景测试图谱(右)

3.2 返厂检查情况

将更换下来的避雷器气室返厂,模拟设备现场安装方式及运行情况,接入试验工装,在额定运行电压下对该气室开展局放检测,异常特高频信号复现,超声波检测无异常。

对避雷器气室进行解体检查,未发现异常情况,将盆式绝缘子更换后再次开展局放检测,该异常特高频局放信号消失,判断该避雷器气室盆式绝缘子内部疑似存在绝缘缺陷;再对该盆式绝缘子开展工业CT检测,发现其内部存在微小气泡,如图14所示。

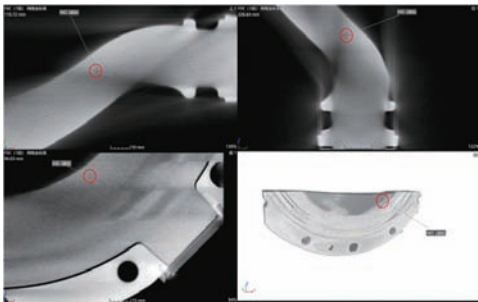


图 14 盆式绝缘子内部存在微小气泡

4 结语

文中采用时差定位法成功诊断并及时处置了一起220 kV GIS 内部局部放电隐患,为类似潜在缺陷地分析和处理提供参考。本次事件也暴露出厂家对绝缘件质量管控不到位,导致关键组部件带病入网的问题。针对本次异常事件,提出如下防范措施与建议:

1) 加强组部件质量管控,提升 GIS 设备出厂试验质量。GIS 绝缘件应逐只进行 X 射线探伤试验、工频耐压试验和局部放电试验;并建议在工频耐压试验及脉冲电流法局放检测时,同步增加特高频局部放电监测,对存在异常特高频局放信号的气室,应解体检测确认异常原因并进行处理,杜绝问题设备出厂。

2) 加强隐患设备运行维护。结合例行带电检测试,对在运该批次盆式绝缘子进行跟踪检测,及时发现并处理异常;针对老旧 GIS 设备,可适当增加检测频次,提升缺陷发现的机率。

3) 提高带电检测质效。GIS 局放带电检测可较好地反映设备的绝缘故障、异物颗粒等缺陷,在现场检测中应充分排除干扰,采用多种原理检测手段综合分析,并进行精确定位,有效判断缺陷部位。(下转第 71 页)

近两年来不断实践摸索总结出来的经验,具有普遍性,可供公司其他单位参考借鉴;在管理机制层面:“带保停”作业计划审批机制与台停指标考核体系高度契合,既能保障检修工作有序开展,又能兼顾供电可靠性,具有良好的推广价值,可供其他单位借鉴,实现检修与供电的平衡,进一步提升供电服务质量。

参考文献:

- [1] 岑梁,叶尚杰,卢峰.地下配电房环境变量远程监控系统的开发应用[J].上海电力学院学报,2014,30(增刊1):18-20,28.
- [2] 胡新福,林金亮.物联网传感技术在智能配电房中的应用分析[J].光源与照明,2023(6):111-113.
- [3] 高小容.物联网传感技术在智能配电房中的应用探索[J].长江信息通信,2021,34(8):69-71.
- [4] 张影侠.地下式配电房设计的重点[J].南方农机,2017,48(10):174.
- [5] 满振梅.电力物联网在智能配电网状态监测中的应用研究[J].电气技术与经济,2024(2):332-334.

- [6] 谷智伟.泛在电力物联网在智能配电系统中的应用[J].通信电源技术,2020,37(5):146-147.
- [7] 刘兵.物联网技术在智能配电网故障定位中的应用[J].现代信息科技,2020(13):27.
- [8] 余梅梅,李炳要,黄令忠.泛在电力物联网在智能配电系统应用综述及展望[J].电工技术,2020(18):88-89,92.
- [9] 惠晓林,孙振权.智能配电网与物联网的融合[J].物联网技术,2011,1(8):31-35.
- [10] 高速公路智能配电房监控物联网系统应用浅析[J].陈锦滨.中国交通信息化,2020(08)
- [11] 尤纳,张帆,刘泉辉,等.智能配电房标准化建设及规范化管理应用研究[J].设备管理与维修,2024(1):44-46.
- [12] 李林强.基于智能配电房的关键技术研究[J].科技展望,2014(18):157.
- [13] 田茂学.电力物联网下智能配电房状态监测及故障防范研究[J].江西电力职业技术学院学报,2023,36(12):17-19.
- [14] 周战波.5G技术智能配电网发展方向研究[J].中国科技投资,2021(11):62,91.
- [15] 王晓冰,杨金双,李伟,等.面向大型城市综合体的泛在电力物联网建设思路[J].电气技术,2020,21(2):71-76.

(上接第58页)

参考文献:

- [1] 高竣,邱炜.某110 kV GIS盆式绝缘子局部放电检测与解体分析[J].四川电力技术,2023,46(5):86-90.
- [2] 周电波,许本茂.GIS固体绝缘缺陷所激发特高频信号时频

特征研究[J].高压电器,2021,57(2):33-41.

- [3] 徐洋,刘卫东.GIS绝缘子内部缝隙的局部放电特性和机理研究[J].高压电器,2020,56(7):116-122.
- [4] 马飞越,王沛.GIS母线支撑绝缘子气隙放电综合诊断与分析[J].高压电器,2018,54(1):147-152.
- [5] 宋东波,秦少瑞.几起GIS绝缘件局部放电缺陷的检测与分析[J].高压电器,2018,54(11):153-159