 DOI: https://doi.org/10.12345/dlynyqy.v2i12.22625

Diagnostic Analysis of 220kV HGIS Local Signal Based on Audio-electric Combined Localization Technology

Xiaolong Chen Yanguo Wang

Inner Mongolia Power (Group) Co., Ltd., Hohhot, Inner Mongolia, 010000, China

Abstract

As an effective local discharge detection technology, UHF and ultrasonic detection technology has been widely used in the local discharge detection of HGIS equipment. In this paper, the ultrasonic wave and UHF abnormal signals of the circuit breaker gas room found in the local discharge live detection of 220kV HGIS are diagnosed and analyzed, and it is preliminarily judged that there is suspended discharge in the HGIS gas room. Combined with ultrasonic, UHF homology analysis and acoustic and electric joint positioning technology, the possibility of shielding loosening, connector deviation or bolt loosening in HGIS gas chamber is comprehensively judged. Such defects will cause a series of faults such as discharge and discharge generation in the operation, which will affect the normal power supply of the equipment. It is suggested to cut out power immediately for maintenance.

Keywords

local discharge; live detection; acoustic and electric joint positioning

基于声电联合定位技术的 220kV HGIS 局放信号诊断分析

陈小龙 王延国

内蒙古电力（集团）有限责任公司，中国 · 内蒙古 呼和浩特 010000

摘 要

特高频、超声波检测技术作为一种有效的局放带电检测技术已广泛应用于HGIS设备的局部放电检测当中。论文针对一起在220kV HGIS的局部放电带电检测中发现的断路器气室超声波、特高频异常信号进行诊断分析，初步判断为HGIS气室内存在悬浮放电。结合超声波、特高频同源分析及声电联合定位技术，综合判断HGIS气室内存在屏蔽松动、接插件偏离或螺栓松动等缺陷的可能性。该类缺陷会引起设备在运行中发生放电、产生放电生成物等一系列故障，影响设备正常供电，建议立即停电检修处理。

关键词

局部放电；带电检测；声电联合定位

1 引言

HGIS 作为一种不带充气母线的相间空气绝缘 GIS，因其造价低、结构清晰简洁、运行可靠性高的优点在电力系统中得到了广泛应用 [1]。由于 HGIS 采用封闭的结构，不能直接看见其内部故障现象，所以为了保障 HGIS 的正常运行，对 HGIS 进行局部放电带电检测具有重要意义 [2]。超声波和特高频作为两种公认的行之有效的局部放电带电检测技术，不仅可以检测到 HGIS 在制造、运输、安装以及运行中产生的缺陷，还能够检测出绝缘故障的类型及其严重程度 [3,4]，在故障产生的早期阶段就发出报警，能够及早安排检修维护计划，避免因故障扩大而造成的设备损坏。声电联合精确定位技术融合了特高频及超声波检测技术的优点，既有超声波检测的灵敏度高、定位精度高的特点，又有特高频检测的不受机械振动影响、定位快速的优点 [5,6]。因此现场干扰对声电联合定位法影响很小，能够更加有效、准确地判断故障类型及精确位置。

论文针对在 220kV HGIS 的局部放电带电检测中发现的断路器气室超声波、特高频异常信号，综合应用超声波、特高频同源分析及声电联合定位技术，综合判断 HGIS 气室内存在屏蔽松动、接插件偏离或螺栓松动等缺陷的可能性。

2 声电联合检测技术

局部放电是一种在电场作用下，绝缘内部局部区域发生仅被部分桥接的电气放电现象。它会在电力设备内部和周围空间产生一系列的光、声、电和机械振动等物理现象和化学变化，通过检测这些信号可以判断电力设备内部绝缘状态。通常单一的检测方法无法准确判断故障类型以及实现故障定位，因此在实际中多采用几种不同方法相结合的方式。

【作者简介】陈小龙（1987–），男，中国河南内黄人，硕士，高级工程师，从事电气工程高电压与绝缘技术研究。

特高频法和超声波法是目前国际上公认的、最适合现场使用的局部放电检测技术，两者结合使用既具有特高频法不受设备机械振动等环境影响、定位快速的特性又具备了超声波法的抗电磁干扰能力强、定位准确的优点。

2.1 超声波局部放电检测技术

在电力设备外壳或设备附近安装超声波传感器，耦合该超声波信号，可以判断电力设备的局部放电情况，进而间接地反映设备的绝缘状况。超声波技术抗电磁干扰能力强，便于实现放电源定位，但存在对绝缘内部缺陷不敏感、受机械振动干扰较大、放电类型模式识别难度大、检测范围较小等问题 [7]。

2.2 特高频局部放电检测技术

绝缘内部发生局部放电时，会产生陡度较大的电流脉冲，并激发出特高频电磁波信号。通过特高频传感器测量局部放电所激励的特高频信号，实现局部放电测量和定位。特高频局部放电检测灵敏度高、抗电晕干扰能力强、可实现放电源定位缺陷类型识别 [7]。

3 局放带电检测

检测人员在对某变电站 220kV HGIS 设备进行局部放电带电检测时，发现该变电站 220kV HGIS 设备某间隔 B 相断路器分支气室局放超声波、特高频信号异常。为确定设备缺陷类型，再次对该气室进行了局放复测及局放源精确定位，以及局放图谱定性分析。

3.1 超声波数据分析

在对 220kV HGIS 设备 B 相进行超声波局放检测时，选取断路器气室基座金属架构进行超声波背景值检测，背景值检测位置选为基座架构，超声波背景检测幅值为 0dB，频率成分未见异常，未见背景噪声干扰。

检测过程中多个检测位置均发现超声波异常信号，信号幅值较大，相位图谱显示存在明显的相位聚积效应，呈现双驼峰状，工频周期内脉冲信号聚集为两簇，最大信号幅值为 20dB，频率成分 2 大于频率成分 1，仪器耳机中有明显放电音频信号。波形图谱有明显的工频相关性，一个工频周期内稳定出现两簇脉冲波形。

3.2 特高频数据分析

检测人员在该间隔 B 相断路器气室上部电流互感器气室绝缘盆子浇筑孔处检测到特高频异常信号，将特高频传感器面对 B 相盆式绝缘子并紧扣在浇筑孔处，PRPD&PRPS 图谱出现两簇稳定脉冲信号，高通带宽信号幅值 62dB，单周期图谱稳定出现 2 根脉冲，PRPD 图谱中脉冲幅值分布集中。为排除外部信号干扰，将特高频传感器背对 B 相盆式绝缘子，空间背景 PRPD&PRPS 图谱出现两簇稳定脉冲信号，信号幅值减小，高通带宽信号幅值 52dB，PRPD 图谱中脉冲幅值分布集中。B 相浇筑孔处信号与空间背景信号特征一致，判断两信号为同源信号浇筑孔处信号幅值大于空间背景信号幅值，初步判断信号来自气室内部。

将特高频传感器面对该间隔其他相别相同盆式绝缘子测点位置进行检测，紧扣在浇筑孔处，PRPD&PRPS 图谱出现两簇稳定脉冲信号，高通带宽信号幅值 36dB，同 B 相盆子处为同一信号源，信号强度变弱、幅值减小。综合运用幅值比较法及定相法，初步分析特高频信号来自 B 相气室内部，为悬浮放电信号，需使用局放精确定位诊断系统诊断分析。

4 局部放电异常信号诊断分析及精确定位

使用局放精确定位诊断系统对该 220kV HGIS 间隔局部放电异常信号进行超声波、特高频同源性分析及声电联合精确定位。

4.1 超声波、特高频信号同源性分析

图 1 为示波器 20ms/10ms 波形图，黄色通道为 B 相断路器气室超声波信号、红色通道为 B 相断路器气室上部绝缘盆子浇筑孔特高频信号，由图可知，特高频脉冲与超声波脉冲一一对应，为同源信号。根据波形图对信号定性分析，超声波信号峰值 40mV、特高频信号峰值 250mV。一个工频周期（20ms）内出现两根脉冲，正负半周各 1 根，符合悬浮放电信号特征。

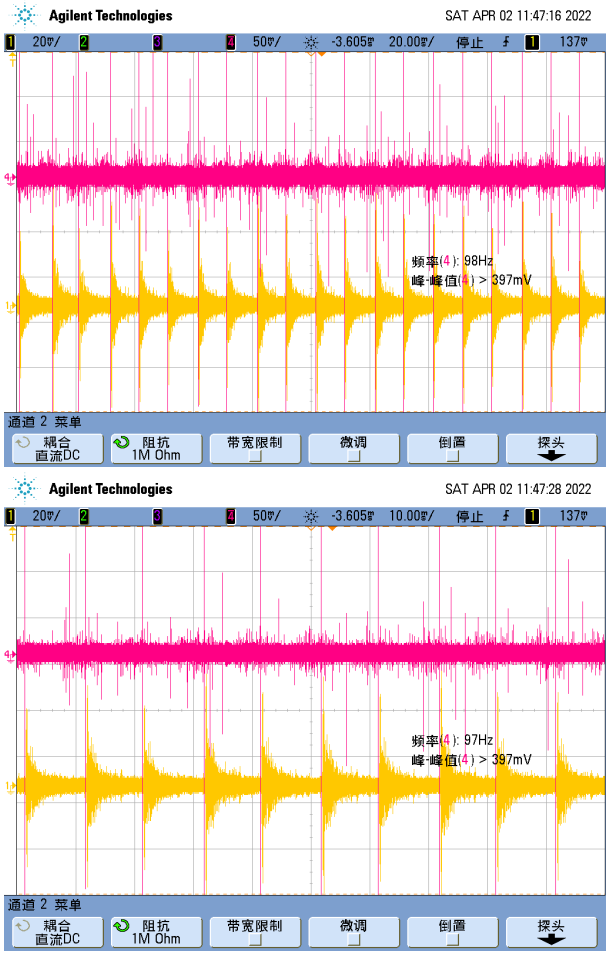

图 1 示波器 20ms/10ms 波形图

4.2 声电联合时差定位分析

声电联合时差定位法依据声信号与电信号的到达时间差完成电气设备内部放电缺陷的精准定位。按照图 2 中黄色箭头指示位置布置超声波传感器，按照红色箭头指示位置布置特高频传感器并进行检测。图 3 中黄色通道为 B相断路器气室超声波信号、红色通道为 B 相断路器气室上部绝缘盆子浇筑孔特高频信号。由图 3 示波器 5ms 声电联合定位波形图可知，特高频（电）与超声波（声）脉冲一一对应，为同源信号。特高频脉冲超前超声波脉冲起始沿 0.1ms。由声电联合定位法计算：0.1ms × 2600m/s=26cm（按纵波在环氧树脂绝缘件中传播速度计算），即放电源距离超声波传感器为 26cm。

图 2 传感器位置布置图（B 相测点位置示意图）

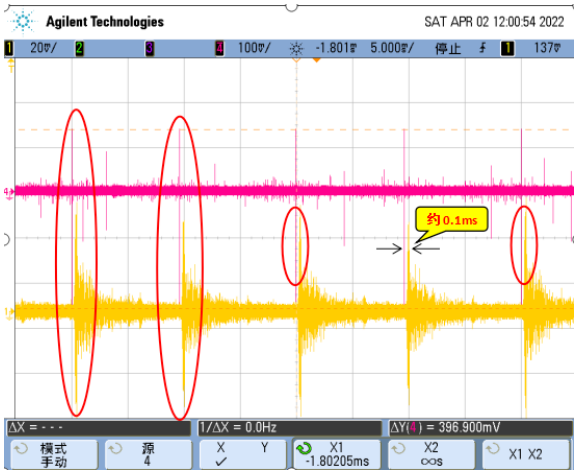

图 3 示波器 5ms 声电联合定位波形图

现场通过超声波时差法及声电联合法多次定位计算，放电源距离气室端部距离 20~40cm 之间。

4.3 诊断定位综合分析

综上定位分析，超声波与特高频信号为同源信号，来自该间隔 B 相断路器气室内部。放电源距离气室端部 20~40cm 之间，结合气室内部结构图纸，放电源位置如图 4 所示。

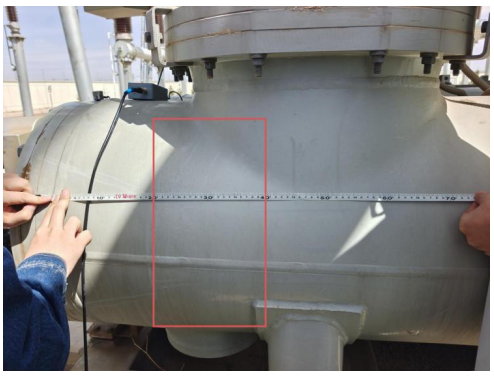

图 4 放电源位置示意图

5 结论及建议

通过对该 220kV HGIS 间隔断路器气室进行局部放电带电检测及声电联合精确定位，判断该气室内部存在悬浮放电，悬浮放电一般由断路器气室的屏蔽松动、接插件偏离或螺栓松动等导致。依据 Q GDW 11059.2-2018 GIS 设备特高频技术应用导则附录 D 悬浮放电典型图谱；Q GDW 11059.2-2018 GIS 设备特高频技术应用导则附录 A2.4 悬浮电位数据分析“对于 126kV GIS，如果 100Hz 信号幅值远大于 50Hz 信号幅值，且 Vpeak ＞ 20mV，应停电处理。对于 363kV 和 550kV 及以上 GIS 设备，应提高标准。”超声波信号峰值约 40mV，建议立即停电检修处理。

声电联合定位技术可以有效排除测试时的干扰信号，准确定位设备内部放电源位置，提高了检修效率。测试数据为积累设备状态量、综合评估设备状态提供了重要的参考信息，测试人员在对同类型设备进行放电类型诊断分析时，可以采取声电联合定位技术，分清各类放电谱图的主要特征，结合放电源位置等因素对放电缺陷进行综合分析、判断，以维护电网设备安全稳定运行。

参考文献

[1] 鲁旭臣,李爽,毕海涛,等.辽宁电网GIS与HGIS运行可靠性和实用性分析[J].东北电力技术,2014,35(9):4.

[2] 冯彩.基于声电联合的GIS局部放电检测与故障定位研究[D].淄博:山东理工大学,2018.

[3] 程实,陈道强,唐世虎,等.特高频带电检测技术在GIS设备中的应用研究和验证[J].电工技术,2021(11):4.

[4] 周波,胡与非,杨新春,等.特高频及超声波法在GIS设备带电检测中的应用[J].高压电器,2019,55(1):5.

[5] 王怀祥,郭剑雄,方政.声电联合带电检测发现一起500kVGIS严重缺陷[J].电工技术,2018(11):3.

[6] 倪宏坤,王立晶.声电联合检测技术在GIS中的应用[J].国网技术学院学报,2016,19(5):5.

[7] 国家电网公司运维检修部.电网设备带电检测技术[M].北京:中国电力科学研究院,2014.