

GIS中局部放电超声波检测定位方法及应用分析

通过分析现有GIS局部放电在线检测定位技术的优缺点,提出基于超声波法的局部放电定位方法。介绍GIS中超声波检测定位原理,以及现场应用,并结合现场测试及案例分析,验证该检测技术和定位技术的准确性,提高了设备检修维护的效率,为GIS安全维护提供有力保障。

孙 帆 马瑞龙/国网新疆电力公司电力科学研究院 梁乃峰/国网新疆电力公司 宋 方/上海华乘电气科技有限公司



孙 帆/工程师

电力设备的绝缘系统中,只有部分区域发生放电,而没有贯穿施加电压的导体之间,即尚未击穿,这种现象称之为局部放电。它是由于局部电场畸变、局部场强集中,从而导致绝缘介质局部范围内的气体放电或击穿所造成的。局部放电可能发生在导体边上,也可能发生在绝缘体的表面或内部。在绝缘体中的局部放电甚至会腐蚀绝缘材料,并最终导致绝缘击穿^[1]。因此,进行局部放电检测,预防绝缘事故的发生,对维护设备安全和电力系统稳定运行有着十分重要的意义。

局部放电是一种脉冲放电,它会在电力设备内部和周围空间产生一系列的光、声、电气和机械的振动等物理现象和化学变化。这些伴随局部放电而产生的各种物理和化学变化可以为监测电力设备内部绝缘状态提供检测信号。

本文对GIS进行局部放电监测,通过超声波检测方法进行局部放电点准确定位,发现了颗粒缺陷放电点,通过设备解体,验证了测试的有效性。

局部放电检测原理

特高频的基本原理是通过特高频传

感器对电力设备中局部放电时产生的特高频电磁波($300\text{ MHz} \leq f \leq 3\text{ GHz}$)信号进行检测,从而获得局部放电的相关信息,实现局部放电监测。由于现场的晕干扰主要集中在300 MHz频段以下,因此特高频法能有效地避开现场的电晕等干扰,具有较高的灵敏度和抗干扰能力,可实现局部放电带电检测、定位以及缺陷类型识别等优点。

电力设备内部产生局部放电信号时,会产生冲击的振动及声音。超声波法通过在设备腔体外壁上安装超声波传感器来测量局部放电信号。该方法的特点是传感器与电力设备的电气回路无任何联系,不受电气方面的干扰,但在现场使用时易受周围环境噪声或设备机械振动的影响^[2]。由于超声信号在电力设备常用绝缘材料中的衰减较大,超声波检测法的检测范围有限,但具有定位准确度高的优点^[3-4]。

由于各种测试方法对不同缺陷的灵敏度不同,因此不可能覆盖所有的局部放电缺陷。两种测试方法优缺点及局限性如表1所示。

实践证明,大部分GIS采用特高频法、超声波法,灵敏度足够。其中部分测试灵敏度存在不足情况,如表2所示。

案例分析

2014年8月,乌鲁木齐供电公司对其110 kV变电站GIS进行带电超声巡检(该站GIS为金属屏蔽,特高频传感器检测无明显信号),检测中发现15851隔离开关

关键词/Keywords

GIS ·
超声波 ·
局部放电 ·
检测定位 ·

表1 两种测试方法优缺点及局限性

测试方法	优点	缺点	局限性
特高频法分析	能够灵敏发现金属悬浮、针尖、表面爬电和绝缘内部缺陷，放电灵敏度高，能发现较大的金属颗粒放电；可定位	只能对非金属屏蔽绝缘盘式绝缘子进行测试；信号衰减快，需对每个非金属屏蔽盘式绝缘子测试	对全金属屏蔽盘式绝缘子无法测试；对观察孔或注塑孔最长直径小于40 mm的灵敏度太低
超声波法	对GIS外壳的局部放电灵敏度较高，当有较强的内部金属悬浮、针尖和颗粒的局部放电时也能够测到；采用非电量测试方法，抗电场干扰能力强；定位准确	对GIS内部局部放电不如特高频法灵敏；容易受机械振动信号的干扰；信号衰减较快，测试点多，工作量大	对绝缘内部的局部放电灵敏度较低

表2 部分测试灵敏度存在不足情况

GIS类型	测试方法	灵敏度不足及说明
金属屏蔽盘式绝缘子，接地隔离开关盘式绝缘子	接地图盘式绝缘子上超高频测试	离测试点最远的位置为3~4个盘式绝缘子
金属屏蔽盘式绝缘子，有观察窗	观察窗上超高频测试	采用观察窗测试的孔径在10 cm以上，离测试点最远的位置为3个盘式绝缘子
全金属屏蔽	采用超声波测试	由于测试点可以随意设置，不存在远离测试点情况，考虑测试效率问题，在较容易发生局部放电的隔离开关、接头等部位布置测试点，基本上保证大的局部放电能够发现；但由于测试原理的问题，对内部局部放电灵敏度较超高频原理低

下部检测到异常的超声波信号，现场测试点如图1所示，测试数据如图2所示。



图1 超声波现场测试照片

从图2 中可以看出，该区域内存在局部放电现象，该信号有明显的上升沿，但周期性较无规律，初步判断为颗粒放电。

用定位设备进行测试，现场测试照片如图3所示

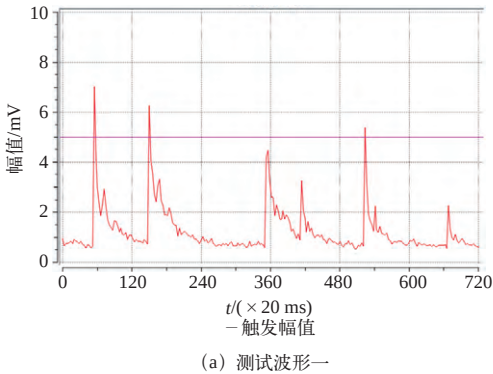
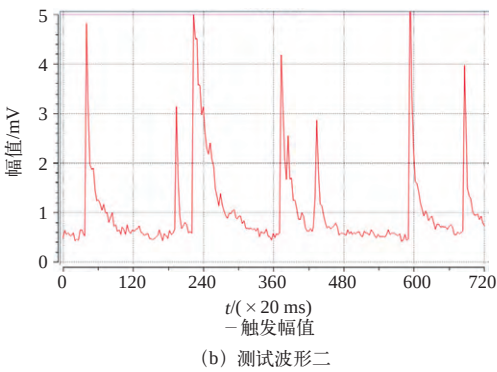


图2 超声波测试数据

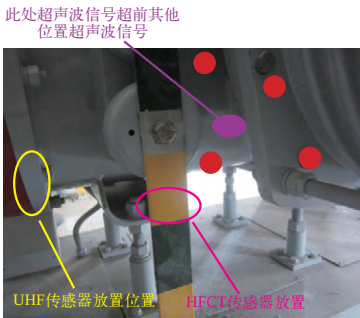


图3 超声波定位测试照片

示，多周期数据图谱如图4所示。

从图4可以看出，该信号无特高频信号（GIS盘式绝缘子为金属封闭结构），超声信号每周期出现2次、3次和4次，无明显相位规律，判断为颗粒放电。

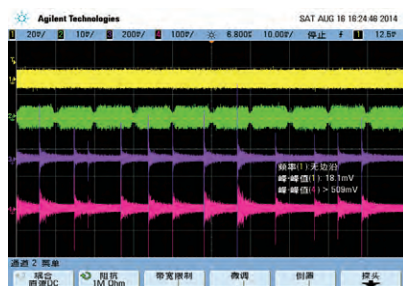


图4 多周期数据图谱

使用两路超声传感器对该信号进行定位，定位过程中保持紫色标识超声传感器不动，同时将红色标识超声传感器放置在周围不同位置，观察两个通道的时差，定位结果紫色标识传感器检测到的信号均超前红色标识传感器所检测到的信号，如图5所示，且两传感器的时差等效的距离与两路超声传感器的距离基本吻合。

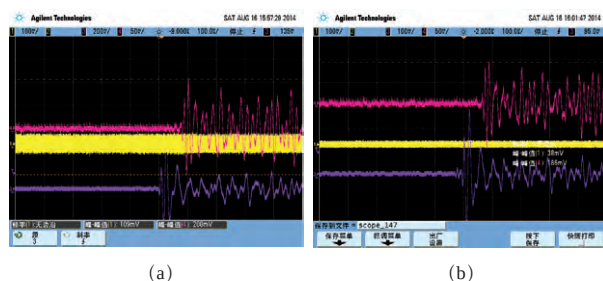


图5 超声波测试数据

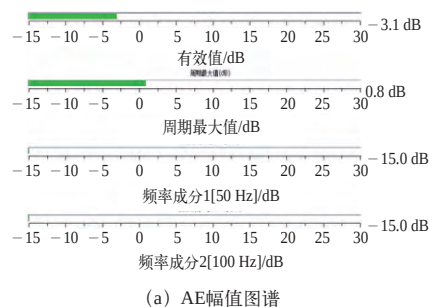
根据测试数据未检测到特高频UHF与高频电流HFCT信号；超声波AE信号筒体底部信号幅值最大；超声波AE信号定位脉冲起始沿较高且定位时延清晰；确定放电类型为颗粒放电，具体位置参见图3紫色标记处。

解体分析

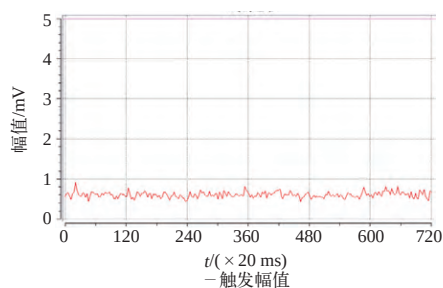
对该气室进行检修，打开盖板后发现测试定位的位置处有微小颗粒。检修后进行复测，采用PDS-T90手持巡检设备，在检修后进行超声波测试，在超声测试过程中，重点检测故障位置，发现检修后故障位置处未检测到异常超声波信号，检测数据如图6所示。

结束语

1) 特高频法和超声法对不同缺陷的灵敏度不



(a) AE幅值图谱



(b) AE波形图谱

图6 检修后的超声波测试数据

同，因此不可能覆盖所有的局部放电缺陷，现场测试过程中应使用超声波的检测法对GIS局部放电进行检测。

2) 通过某站GIS局部放电检测，发现颗粒放电现象，证明局部放电检测是一项有效的故障检测方法，为设备维护和安全运行提供了有力保障。

参考文献

- [1] Joint Working Group 33/23.12. Insulation coordination of GIS: return of experience, on site tests and diagnostic techniques [J]. Electra, 1998, 176(2): 67-97.
- [2] Pryor B M. Review of partial discharge monitoring in gas insulated substations [C]. Science, Education and Technology Division Colloquium on Partial Discharges in Gas Insulated Substations, London, 1994: 1-2.
- [3] 李燕青, 陈志业, 律方成, 等. 超声波法进行变压器局部放电模式识别的研究 [J]. 中国电机工程学报, 2003, 23(2): 108-111.
- [4] 方庆, 刘卫东, 邓维, 等. GIS设备内部缺陷的新型超声诊断技术 [J]. 高压电器, 2008, 44(6): 589-591, 595. (收稿日期: 2014-12-15) EA