

GIS 设备局部放电检测技术的应用研究

周 仨, 贺子翔

(国网湖南省电力有限公司桃江县供电分公司, 湖南 桃江 413400)

摘要: 在我国现代的电力系统配电网中, 开关柜往往发挥着不可替代的重要作用。在开关柜中通常会配备多种类型的一次设备, 例如电流互感器、电缆终端等。但这类设备在持续运行中, 极易出现绝缘性能问题, 导致绝缘事故, 影响其安全性和标准化。目前, 气体绝缘开关设备 (GIS) 的放电检测主要采用无创模式, 但存在一些不足, 例如检测结果的准确性不高, 时常会出现检测误差的问题, 造成该问题的主要原因是变电站在持续运行中会受到诸多因素的影响和干扰。为避免出现该问题, 相关工作人员要全面优化 GIS 设备的检测技术, 采用恰当合理的抗干扰措施, 不断提高检测工作效率以及检测结果的精准性。

关键词: GIS 设备; 局部放电; 检测技术; 应用

中图分类号: TP3

文献标识码: A

文章编号: 1674-1064 (2022) 03-222-03

DOI: 10.12310/j.issn.1674-1064.2022.03.075

1 GIS 开关柜常用局部放电检测方法及其优缺点

GIS 开关柜采用全封闭结构, 检测手段较为单一, 检测效果不理想。目前, GIS 开关柜常采用的检测手段为局部放电检测, 常规方法主要有特高频法、高频法、超声波法等。基于 GIS 开关柜全封闭的特点, 常规局部放电检测方法一是与主导电回路无法形成直接的电气联系, 二是在铁路复杂的运行工况下干扰较大, 影响检测结果, 存在较大局限性^[1]。

特高频法灵敏度高、抗干扰性较强, 设备要预留专用检测“窗口”, GIS 开关柜采用金属封闭式结构, 特高频法检测难以实现。

瞬态接地电压法是通过检测由放电辐射的电磁波在金属柜表面和地面之间形成的瞬态接地电压实现的。GIS 开关设备具有良好的接地特性, 对地暂态电压持续时间短, 不易检测。

超声波法广泛应用于空气绝缘开关设备。空气绝缘开关柜不密封, 信号可以通过间隙传输到外部, GIS 开关柜的金属封闭结构会影响信号传输。

2 GIS 设备局部放电检测技术

2.1 紫外线检测技术

在外周局部放电过程中, 击穿因子会导致放电并使周围气体电离。放电频率与光波类型有关, 电离后还会产生氮离子, 光谱会下降到紫外波段, 可以充分利用紫外线的特殊强度观察介质的叠加位置, 也可以透过介质看到紫外线。一般来说, 紫外线检测技术对现场检测具有辅助作

用, 能够更好地发现局部放电信号。

2.2 超声波检测技术

GIS 设备局部放电检测中, 超声波传感设备会释放超声波, 收集并分析信号附带的各类信息, 获取检测结果。采用该种检测策略, 技术人员无需接触电网系统便可确定具体放电位置, 可以准确探测局部位置的放电量大小。检测工作中, 相关工作人员要将超声波信号频率控制在标准范围内。检测工作期间, 超声波信号往往不受电磁干扰, 这类信号属于机械波, 技术人员可借助时差法等确定具体放电位置^[2]。

2.3 脉冲电流检测技术

目前, 在我国的电网系统 GIS 设备检测工作中, 脉冲电流检测法是一种较为常见、应用较为频繁的检测手段, 世界各国都已逐步制定了较为完善的检测标准。应用该项检测技术时, 相关技术人员会预先为 GIS 设备加压, 如果出现放电, 那么设备两端的电压会同步发生变化。在此过程中, 电网的阻抗将被耦合以在电路中产生电流。最后, 在持续收集以及放大阻抗上的电流, 便能检测设备的基本放电状况^[3]。

检测工作中, 脉冲电流检测技术通常有两种方法。第一, 直接采用测量法在运行中难免受到不同情况的干扰, 图像检测结果在较为复杂的施工环境中, 还会产生更加复杂的干扰问题。第二, 施工过程中, 平衡法应用较为广泛, 该方法具备抵抗外界不良因素干扰的优势, 提高检测结果的精准度。

2.4 超高频局部放电定位技术

在局部放电检测中发现特殊信号后, 要先判断信号源, 在后续检测前消除非外部干扰, 比较检测到的频谱与

作者简介: 周仨 (1995—), 男, 湖南益阳人, 本科, 助理工程师, 研究方向: 变电检修。

典型干扰信号的频谱。可以通过滤波、屏蔽带等方法监测特殊信号，监测GIS中是否存在异常放电。如果在GIS盆式绝缘子中发现UHF异常信号，应使用传感器进行外部检测。如果检测到的信号频谱与喷涂绝缘子的信号频谱一致，且信号源强，则表明是外部干扰。

超高频定位技术的应用有很多技术方法。常用方法有振幅比较法、时差法和平分线法。

振幅比较法是指在现场检测中如果发现多个UHF局部放电信号，且信号最强的位置距离辐射源最近，虽然振幅比较法具有最准确的检测结果，但它也受到许多限制。如果检测到的信号特别强，信号强度在小范围内没有显著变化，则会增加定位难度^[4]。来自当地辐射源的电磁波信号很快，可以与光速相比。不同传感器的同声传译可以在不同的时间和距离进行。辐射源的测量可以在超高频电磁波到达的时间和方向上进行，或者通过信号与气室两侧传感器之间的时间差确定传感器之间的距离和位置，然后定位缺陷。

传感器放置在靠近GIS的两个检测点上，根据信号的时差，通过公式计算确定辐射源位置。将局部放电源与前传感器之间的距离设为 X ，传感器之间的距离设为 l ，电磁波速设为 C ，传感器时域信号起始边缘的时差设为 Δt 。计算公式为 $X = 1/2 (l - C \Delta t)$ 。

平分线定位法主要用于消除外部干扰，当信号内部和外部没有明显差异且信号很强时，确定局部辐射源的位置。

2.5 综合检测法的应用

综合检测技术是将多种不同检测方法有机融合，在相互配合、相互协调的检测中，提高检测效率及检测结果的精准性。

首先，使用UHF检测技术从开关设备室进行初始检测，如果发现异常信号，可通过电磁波信号确定检测方向，并通过振幅检测方法确定信号源的位置。

其次，技术人员采用瞬态检测技术，GIS设备局部放电检测会从开关柜过滤放电信号和信息，对比和分析异常数据信息，发现可能出现放电的本地电源，再运用超高频时差法，准确定位开关柜周围的信号，掌握异常信号源的具体位置。除此之外，相关工作人员要借助超声波检测技术，对开关柜的孔洞以及周围缝隙进行放电检测，如果发现异常信号立即对比分析，找出强信号源，判断信号为不对称悬挂方向^[5]。

最后，利用紫外检测技术检测开关柜的中间位置，并通过色谱比较找到可能的放电位置。

2.6 停电后放电部件的检测和应用

GIS设备局部放电检测中，关闭每个小房间的开关柜，检测异常开关柜。可以发现，母线引下线轻微受潮，容易影响设备的绝缘。通过壁套管在设备连接处有轻微放

电并标记，然后采用综合检测技术，通过多种不同检测技术的组合，确定并验证局部放电的位置。

3 局部放电智能预警技术研究

3.1 基于状态突变检测的局部放电严重性评估技术研究

根据缺陷模拟系统模拟局部放电特性。在加压过程中，收集和分析从缺陷放电到击穿的局部放电信号，放电次数 N ，计算了超高频局部放电信号从加压到样品击穿全过程中放电幅度的平均值 u_{ave} 和放电幅度的标准差 σ （5）和放电幅度熵 en （V）。通过施加不同的交流电压，进行了20组有效试验。结果表明，随着外加电压的降低，从表面放电到击穿的时间增加。

第一阶段总放电次数 n 较大，波动明显。流量发展一段时间后，趋势突然变化，流量急剧减少并保持在一个很低的水平，流量间隔大大延长并保持在非常稀疏的水平，振幅特征也表现出明显的阶段性。施加的电压越高，第一阶段在开发过程中占比越小。相反，施加的电压越低，占比越大，表明该阶段可以在电力设备的工作电压下长期稳定存在。属于电力设备的正常电老化范围，击穿或闪络风险很低。

第二阶段的放电表现出极其显著的长间歇特征。这一阶段的放电状态发生了重大变化。整体场强相对均匀，绝缘处于临界范围内。持续一段时间后，测试对象会崩溃。现阶段，电气设备的故障具有很大的随机性，属于高故障风险范围。当局部放电发展到这一阶段时，应及时预警。

3.2 拆卸分析

拆卸异常隔离开关，并采用目视法和X射线检测法进行检查。发现绝缘拉杆底部浇注部分开裂，表面有放电痕迹。同时，X射线检查发现拉杆中存在间歇性气隙。经分析，产生放电是由于浇注工艺不良导致绝缘拉杆底部开裂，导致绝缘拉杆间歇性局部放电。拆卸检测结果与局部放电检测和定位结果相匹配。

4 提高GIS设备现场检测技术的应用水平

4.1 加强高端现场检测仪器的研发与推广

为提高GIS设备流量检测技术的应用水平，相关技术人员要不断优化各类检测设备的检测精准度，将各类先进技术融入检测设备。由于检测设备的造价成本往往较高，我国相关电力部门要大力推进检测设备的自主研发事业，逐步减少高技术水平现场检测设备及仪器的制造成本。现场检测仪器设备研发以及制造中，电力企业不但要借鉴国内外较为先进的技术手段，不断创新，吸引高素质技术人才，投入专业设备研发，全面普及现场检测技术，发挥检

测设备的真实应用价值^[6]。

4.2 加强信息沟通和参考

目前,现场测试仪器的生产中并没有非常明确的规范,也没有国家统一的标准可供参考。因此,检测技术精准性的不断提高,技术人员要在不断实践及经验积累中精进,提高各类检测仪器设备的质量水平,推进现场检测技术的信息共享功能。

4.3 实现现场检测技术的专业化管理

现场测试设备和仪器的维护和管理是使用后一项非常重要的工作。在日常工作计划中,要更加重视现场检测仪器的管理,安排专人管理,使设备、仪器的使用、维护和保管合理、科学,建立严格的规范和管理制度,提高员工的责任意识,对管理人员进行专项培训,加强现场检测仪器的管理。

4.4 超声波干扰的消除

用超声波法检测局部放电时,相关技术人员要提前屏蔽或消除检测位置周围的振动干扰信号,如果无法快速消除和解决,要选择恰当的检测时间规避干扰信号的不良影响。测试工作人员还要结合具体情况,获取异常点周围的环境信息内容,包括异常点周围的气体数据,异常点周围的支撑结构数据内容。测试工程师应使用融合振幅法和时差法等定位方法,确定超声波信号的近似来源,随后要对比情况数据信息和异常点的数据信息,如果发现异常点位置的信息明显超过态势数据信息,可以根据频率相关性和相位差的特性判断超声波信号来自设备内部。如果不是此种状况,就可判断超声波信号是来自外部干扰信号^[7]。

针对各类外部干扰信号的不良影响,相关技术人员可采取去除干扰信号的方法提高检测成果的精准度。例如,某些设备结构中的螺丝出现松动,会产生振动信号,相关工作人员便可结合超声波信号反馈的信息,定位螺丝钉松动的具体位置,再将松动全部凝聚。除此之外,还会有多种不良因素干扰信号。再加上大多超声波会影响HGIS的母线槽曲线以及外围设备,该类电磁波干扰是无法从根本上得到解决的,需要相关工作人员绕过该类干扰,选择合适的时间及频带开展测试工作^[8]。

现场使用的具体方法如下:第一,在异常点附近安装设备,或重新检查底座的状态值;第二,相关工作人员要将测量距离内的各个测量点以及相邻距离的同一部分进行水平化比较;第三,如果背景值在抗压强度、相位差和特性方面都与异常信号周围的其他检测点信号保持一致,技术人员就可判断异常数据信号是来自外部空

间的不利干扰。如果异常信号源位于GIS设备中,要准确定位缺陷位置。

结合当前的检测和定位方法,有以下几种消除方法:第一,消除干扰信号或绕过干扰时间段;第二,通过屏蔽断开干扰路径;第三,用滤波器滤除干扰信号;第四,消除探测器信号分析中的干扰,干扰较强时,屏蔽方法的效果较差;滤波器将滤除与干扰信号频率范围相同的内部电子信号。一般来说,屏蔽法和滤波法更受欢迎,绕过强干扰周期。

5 结语

为推动我国电力系统持续稳定运行,相关技术人员要定位和处理GIS设备局部放电问题,检测技术主要包含GIS超声波以及HF局部放电定位法等。上述两种检测方法虽然在应用时能够发现一些放电缺陷,但会受到检测时间的限制,在检测中极易错过弥补缺陷的良好检测时间段,导致各类设备频繁出现故障问题。因此,相关技术人员要不断提高各类设备局部放电定位的准确性,与先进的检测技术紧密结合,将其作为GIS局部放电定位检测工作的重要手段。

参考文献

- [1] 司文荣,黄华,傅晨钊,等.超声检测进行气体绝缘组合电器典型绝缘缺陷识别[J].高压电器,2011(12):11-18.
- [2] 李忠,陈杰华,胡迪军,等.基于超高频检测技术研究GIS中的局部放电[J].电力系统自动化,2004(1):41-44.
- [3] 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(1):40-43,55.
- [4] 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(3):706-710.
- [5] 全江涛,蔡静,陈敏.GIS特高频和超声波局放检测技术现场综合应用[J].湖北电力,2012(6):20-21,52.
- [6] 何成文,王龙龙,夏善德,等.GIS超声波局部放电检测技术的应用分析[J].科技风,2019(20):208.
- [7] 刘航,熊浩,王海飞,等.局部放电带电检测技术在GIS设备缺陷诊断中的应用[J].重庆电力高等专科学校学报,2019(2):8-11.
- [8] 高明.GIS设备局部放电检测技术的应用研究[D].镇江:江苏大学,2019.