

开关柜局部放电暂态地电压的检测特性研究

介绍了现阶段运用比较广泛的测量开关柜局部放电的暂态对地电压法 (Transient Earth Voltage, TEV) 分析TEV检测技术的特性, 利用模拟开关柜的密封箱模型, 在其内设置尖端放电, 悬浮电位等典型故障, 采用TEV对其在不同电压值下进行测量, 通过电压值和dB值的对应数据绘制定量曲线分析了两种测量方法在不同测量工况下的利弊及有效性。

陈剑光/广东电网有限责任公司

0 引言

随着国民经济的快速发展, 对电网中供电设备的要求也越来越严格。金属封闭开关作为供电系统中不可或缺的设备, 其运行状况对电力系统的安全运行起着重要作用。因此, 需要对开关柜运行状态进行在线监测和在线检测, 以确保其可靠运行。开关柜带电检测方法测量效率高, 能在不停电的情况下有效地检测开关柜的绝缘情况, 及时发现局部放电缺陷, 达到检修前和检修时预警的效果, 可大大提高开关柜设备运行稳定度^[1]。

研究发现绝缘缺陷的产生主要是由局部放电发展而来, 目前开关柜局部放电检测的主要手段有红外热像检测、超声波局部放电检测和暂态地电压检测等。最为实用的技术为暂态对地电压 (Transient Earth Voltage, TEV) 法, 是一种非侵入放电活动的电检测方法^[2-4]。2010年国网公司下发了相关文件, 对于带电检测有了具体的检测周期和数值要求, 越来越多的现场测量结果反映了此种方法确实有效, 但对于开关柜带电检测理论和具体数值的研究却一直未深入探讨。

1 TEV测量原理

开关柜发生局部放电时产生电磁波, 金属柜壁接收到电磁波后, 便将在柜壁上激发脉冲电流, 产生感应电流, 而这个感应电流的频率和电磁波电源的频率是一样的。若金属封闭式开关柜是连续的, 脉冲电流将只会沿柜体的内表面以最小扰动的形式传送至大地, 无法在开关柜的外柜壁上检测到放电信号。然而事实上, 开关柜通常会由于各方面的原因, 例如电缆终端等部位出现裂缝、柜壁间的绝缘垫及接触不良等造成柜体是非连续的, 根据电磁屏蔽的基本原理, 感应电流将从非连续处传到外柜壁上, 而不会越过不连续处直接到达大地, 因此感应电流最终将会在外柜壁上形成一个暂态地电压^[5]。

开关柜发生局部放电时激发的电磁脉冲频率最高可达数吉赫兹, 在开关柜外壳上产生暂态对地电压, 这样就可以通过检测在其他导体上产生的感应电流从而了解电磁波产生源的幅值、大小等数据情况。通过在开关柜外柜壁上安装特制的容性传感器便可检测到TEV信号, 由于放电源产生的电磁波和柜面产生的感应电流为同步且频率相同, 两者之间存在固定的逻辑关系, 故利用检测其暂态低地电压的幅值和变化情况可了解开关柜内的放电情况。TEV的检测原理如图1所示。

TEV测量方法所测得的信号值非直接所测的电信号值, 而是通过电磁感应原理转换过多次的信号。现表现形式为



陈剑光/高级工程师

关键词/Keywords

开关柜 ·
局部放电 ·
暂态地电压 ·

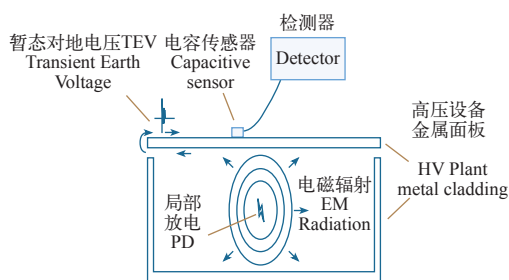


图1 TEV的产生及检测示意图

dB值，可在3~100 MHz范围内开展测试。由于电磁波信号随着检测距离的增加会明显衰减，且在通过多个屏蔽层和绝缘件后，电磁感应产生的暂态地电压就会减小。所以在离局部放电源较远的部位进行测量时，与靠近放电源测量的值是有差异的。利用此原理，TEV检测方法能够对故障部位进行初步的判断，该方法具有一定的故障定位功能，因此可用专用传感器捕捉TEV信号来检测局部放电。当利用多个传感器在不同位置进行检测时，由于远近位置不同，在同一个放电源的影响下所测得数据是可以找到故障点的。

图2为TEV定位技术示意图，由于局部放电信号源产生的电磁波传输至各个柜面时会出现衰减，故同一个放电源在不同柜体放置传感器能检测到不同的dB数值。若在同一柜面进行测量，由于电磁脉冲到达两个传感器的时间不同，通过两个传感器不同位置测得的瞬间电压到达时间，以及比较放电程度的大小可确定放电位置。先检测到信号的传感器则比后检测到信号的传感器要更加靠近信号源，利用这一原理可以实现同一柜面的定位功能。

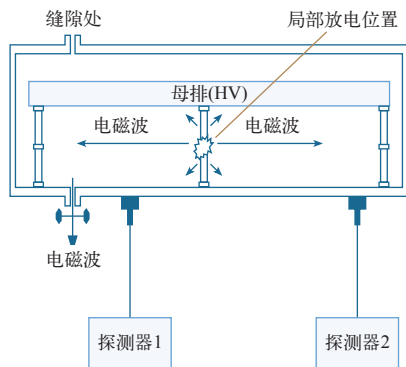


图2 TEV定位技术示意图

2 实验结果及分析

2.1 实验回路

本文搭建的测试回路如图3所示，用以模拟缺陷的箱体加压，同时利用数字高压表监测电压情况，利用TEV检测仪器随时记录不同电压下的测量值。

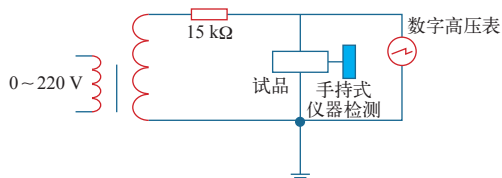


图3 试验测试回路图

开关柜内绝缘分布复杂，无法模拟出实际尺寸和工况的开关柜模型。但通过模拟开关柜外型结构，采用同类型金属材料，大致同位置的开口缝隙，可以测得TEV检测方法的基本特性。

2.2 不同箱体体积下的检测结果

选用2个箱体型号：10 cm×7 cm×11 cm的封闭不锈钢盒（小尺寸模拟装置）和90 cm×85 cm×98 cm的封闭不锈钢体箱（大尺寸模拟装置）。将尖端放电缺陷和悬浮电位缺陷放置在各金属体内，测量不同电压下的测量数值其检测结果如图4所示。

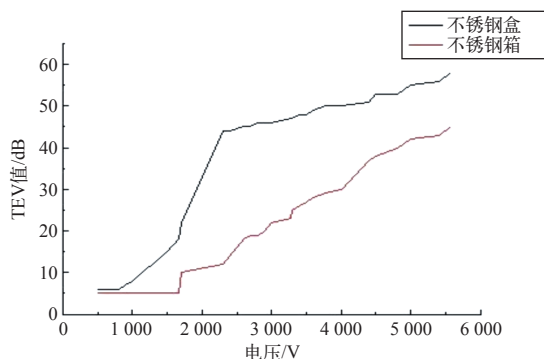


图4 不同体积金属体下TEV检测结果

实验结果发现随着电压的升高，所测得的dB值也在同步增长，说明电压升高后，内部缺陷所产生的信号源信号更加强烈，TEV检测法可以检测出局部放电信号的强弱；在相同的电压情况下，空间小的检测结果要大于空间大的检测结果，说

明在不同大小的空间内,由于衰减特性的不同,所测得的TEV值也会不同,空间越小,测量值越明显。

2.3 尖端放电缺陷特性

为测量验证尖端放电对于距离的敏感性以及利用PDL1定位仪准确地定位局部放电产生点,将尖端放电模型缺陷放置在封闭金属箱的不同位置来分析TEV的特性。故障布置点如图5所示,从A点处开始为起点测量,其中测得A点的坐标为(20, 20, 20) cm(长,宽,高),B坐标点为(40, 20, 20),C坐标点为(60, 20, 20)。

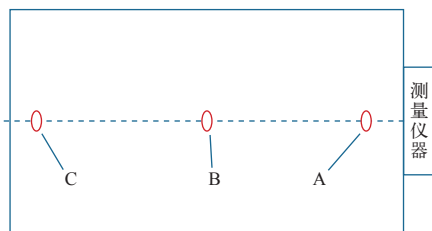


图5 故障点与测量仪器之间位置关系示意图

在不同的位置进行三点测量,并把不同位置下相对应的电压数据和TEV数据进行同步记录,测得TEV数值如图6所示。

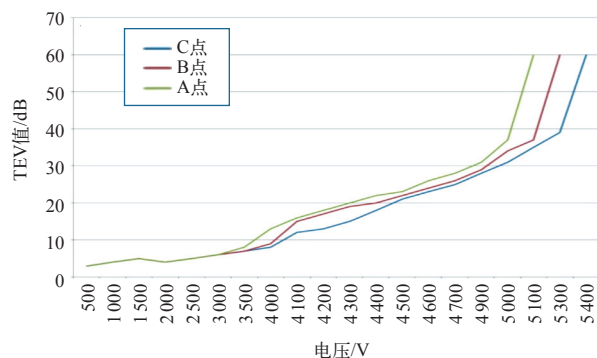


图6 尖端放电模型数据图

实验发现,在电压数值较低时,TEV测量值对于位置并不灵敏,基本为重合的曲线分布;当电压逐渐升高后,三点间的距离通过曲线反映出来相关规律,靠近检测源侧的缺陷数值同比最高,反映最为明显。

2.4 悬浮放电缺陷特性

悬浮电位条件下不同放电点得到的测量结果

如图7所示。

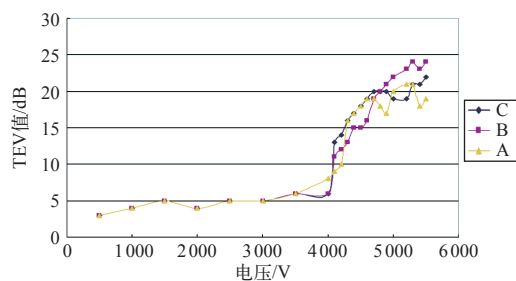


图7 悬浮放电模型数据图

实验结果发现悬浮放电的数据较尖端放电相比波动性更大,当电压值增高后数据已无法看出其相关规律,说明TEV方法对于悬浮放电缺陷测量数值不稳定,波动幅度大。

3 结束语

本文对TEV检测进行特性研究,发现TEV检测方法可以检测到不同程度的局部放电信号;电压相同的情况下,不同箱体体积下所测得的TEV值不同,空间越小,测量值越明显;不同位置缺陷所测得的TEV信号存在差异,越靠近缺陷位置测试数据越明显,悬浮放电受到绝缘材料放电时劣化的影响,数据值波动较大,在本次试验中其中尖端放电比悬浮放电信号更为稳定。

参考文献

- [1] 廖小平. 10 kV高压开关柜防跳回路应用问题分析与防止[J]. 机电工程技术, 2006(7): 95-97.
- [2] 刘尹, 周青, 龚之光. 开关柜局放在线检测应用探讨[J]. 华东电力, 20012, 40(6): 1088-1089.
- [3] 陈庆祺, 张永平, 刘勤锋. 开关柜局部放电暂态对地电压的分布特性研究[J]. 高压电器, 2012, 48(10): 88-93.
- [4] 叶海峰, 钱勇, 满玉岩, 等. 基于暂态地电压的开关柜局部放电仿真研究[J]. 高压电器, 2013, 49(7): 13-17.
- [5] 任明, 彭华东, 陈晓清, 等. 采用暂态对地电压法综合检测开关柜局部放电[J]. 高电压技术, 2010, 36(10): 2460-2465.

(收稿日期: 2015-06-15) EA