

开关柜局部放电检测技术的应用研究

谢寅志 高金茹 张敬涛 刘超

天津平高智能电气有限公司 天津 300300

摘要: 采用带电检测技术可以有效发现开关柜内部局部放电缺陷。综合使用多种检测方法分析诊断,可避免单一检测方法的不足,为开关柜的状态检修提供可靠依据。随着大数据、云计算、物联网、移动互联网、人工智能及区块链等新兴技术的快速发展,电力系统数字化已渐成趋势。局部放电已成为开关柜局部运行状态数字化的重要参量。局部放电检测也在保障开关柜可靠运行方面将发挥愈发重要的作用。

关键词: 开关柜;局部放电检测;放电检测技术

Application of Local Discharge Detection Technology of Switchgear

Yinzhi Xie, Jinru Gao, Jingtao Zhang, Chao Liu

Tianjin Pinggao Intelligent Electric Co., Ltd. Tianjin 300300

Abstract: Using the live detection technology can effectively find the local discharge defects inside the switch cabinet. The comprehensive use of various detection methods for analysis and diagnosis can avoid the deficiency of a single detection method and provide a reliable basis for the state maintenance of the switchgear. With the rapid development of emerging technologies such as big data, cloud computing, the Internet of Things, mobile Internet, artificial intelligence and blockchain, the digitalization of power system has gradually become a trend. Local discharge has become an important parameter for the digitization of switch gear. Local discharge detection will also play an increasingly important role in ensuring the reliable operation of the switchgear.

Keywords: switchgear; local discharge detection; discharge detection technology

引言

开展开关柜局部放电带电检测及诊断具有重要意义。开关柜内部发生局部放电时,一般伴有光、电、声、热等现象,因此可采用紫外成像、红外成像、特高频(UHF)、暂态地电压(TEV)、高频(HF)、超声波(AE)等多种方法开展检测与诊断。高频法需要在带电显示器处加装高频电流传感器(HFCT),而开关柜带电运行时禁止打开柜门,导致该方法现场使用受到限制。紫外成像法及红外成像法适用于敞开式设备,而开关柜密封性好,导致这两种方法使用效果不佳。特高频、暂态地电压及超声波法,作为目前开关柜局部放电检测中应用最广泛的方法,已成功发现多起放电缺陷,但这几种方法具有一定的局限性,往往需要将多种方法综合运用才能实现局部放电缺陷的检测、识别与定位。

一、局部放电缺陷发现过程

某变电站开关柜型号为KYN61-40.5,额定电压为40.5kV,额定频率为50Hz,额定电流为1250A,出厂时间为2014年7月。2020年7月,在对该变电站内35kV开关柜开展带电检测时,发现335开关柜超声波数据异常,具有典型绝缘类局部放电信号特征,最大值出现在335开关柜后部下半部分区域,即电缆室下半部分。为进一步确认该异常信号,采用了暂态地电压、特高频等检测手段综合

分析^[1]。暂态地电压法未发现明显异常;特高频法检测到明显局部放电信号,且具有典型绝缘类局部放电信号特征,与超声波法检测结果相对应。通过定位分析,最终判断信号来自开关柜后下部电缆室,靠近A相区域,为固体绝缘类放电。

二、开关柜带电检测数据分析

1. 超声波检测结果

检测人员采用超声波法对开关柜进行局部放电检测,在335开关柜后柜门缝隙处检测到异常超声波信号。信号有效值及周期最大值分别为7.8mV、16.8mV,均大于背景值的2mV和2.5mV,信号具有50Hz及100Hz相关性,且后者大于前者。在一个工频周期内有两簇放电信号,呈“驼峰”状,信号幅值较分散,相位分布较广。在一个工频周期内存在两个“峰值”。综合判断,该信号具有典型固体绝缘放电特征。通过横向对比发现,335开关柜后下部分超声波信号幅值最大,初步判断局部放电信号来自335开关柜内部。

2. 特高频检测结果

采用特高频法进行局部放电检测,在335开关柜后下部分缝隙处检测到明显的特高频信号。可以看出,在工频相位的正、负半周均有放电信号,放电次数较多,信号幅

值变化较大,最大值将近 54dB。放电信号相位主要集中在 90° 及 270° 附近,具有对称性,疑似固体绝缘类放电,与超声波检测结果相对应。在 335 开关柜附近空间背景中及相邻开关柜缝隙处,均未检测到异常特高频信号。通过横向对比,判断局部放电信号来自 335 开关柜内部。

3. 暂态地电压检测结果

使用暂态地电压法对 335 开关柜进行局部放电检测,分别选取开关柜前(中、下)、侧(上、中、下)、后(上、中、下)等多个点位进行测试。开关柜暂态地电压检测结果与背景值相近,约为 15dB,未见明显异常。

4. 综合分析

考虑到单一检测手段的局限性,在现场采用了超声波法、特高频法、暂态地电压法等手段,检测表明 335 开关柜内部存在放电信号。该信号在一个工频周期内存在两簇放电脉冲,其 100Hz 相关性大于 50Hz 相关性,信号幅值变化较大,相位分布较宽,疑似为固体绝缘类放电。

三、开关柜局部放电检测技术的应用

1. 超声波(AE)检测技术的应用

随着声波传播,传播区域内的气体被加热,形成一个等温区,其温度高于环境温度。当等温区气体冷却时,气体收缩产生较低频率和强度的后续波,其可以是可闻声波或超声波。超声波法通过在设备腔体外壁上安装接触式超声波传感器或采用开放式超声波传感器来测量局部放电信号^[2]。该方法的特点是传感器与电气设备的电路无连接,不受现场电磁环境干扰,但在现场使用时容易受到环境噪声或设备的机械振动的影响。由于 AE 检测的为机械波,相比于 TEV 技术,无需待测设备有信号外泄缺口,能较好适用于全封闭金属外壳的设备内部放电的检测。

2. 特高频检测技术的应用

特高频法的基本原理是通过特高频传感器检测电力设备局部放电时产生的特高频电磁波(300MHz~3GHz)信号,从而获取局部放电的相关信息,以实现局部放电的检测。该方法主要利用电磁波检测的方法,检测中需要待测设备有电磁波外泄通道,且可以实现非接触式检测。根据电磁波空间传播特点,对开关柜局部放电 UHF 技术优点分析如下:①检测灵敏度高。②抗低频电晕干扰能力较强。UHF 法的检测频段通常为 300 ~ 3000MHz,有效避开了现场电晕等干扰(主要在 200MHz 以下),具有较强的抗干扰能力^[3]。③可实现局部放电源定位。④利于绝缘缺陷类型识别。不同类型绝缘缺陷的局部放电所产生的 UHF 信号具有不同的

谱图特征,可根据这些特点判断绝缘缺陷类型。

3. 暂态对地电压(TEV)检测技术的应用

开关柜内部的局部放电主要包括绝缘沿面放电、气隙放电、尖端放电及金属颗粒放电等。一般而言,在放电过程中,放电脉冲会激发频率高达几 GHz 的电磁波。电磁波传输通过金属盒的关节或气体绝缘开关的垫片,并继续传播以及设备的金属盒的外表面,而产生一定的暂态对地电压脉冲信号,即为暂态对地电压。通过在设备的外表面安装专用的电容式传感器,可以检测到 TEV 信号,并获得开关柜内部的局部放电。

4. 综合检测技术的应用

鉴于变电站现场干扰源较多,单一的检测方法不能全面、客观和真实地反映被测设备的运行状态。在实际应用中,一般采用多种检测手段综合的方法实现对设备状态的检测、诊断及评估^[4]。国家电网公司积极探索推广应用基于 AE、TEV 和 UHF 检测的开关柜局部放电综合检测技术。通过将维修工作的重点转移到设备状态的检测分析和预控上,实时掌握开关柜设备的状态信息,并利用 TEV、AE 和 UHF 来确定 PD 是否存在,并定位 PD 电源。

四、结束语

综上所述,开关柜是配网系统的核心设备,其可靠性直接决定了终端用户的供电质量。局部放电是设备绝缘劣化的征兆,对其检测可有效预警设备的突发性绝缘故障。开关柜在长期运行过程中,内部绝缘不可避免地会出现劣化,导致电气绝缘强度降低,甚至失效。通过局部放电的检测,可有效诊断开关柜的运行状态和绝缘水平,提高开关柜运行的可靠性。

参考文献:

- [1] 徐兆丹. 10 kV 开关柜局部放电检测技术分析[J]. 电工技术,2020,(24):102-104.
- [2] 杨京渝,彭丽,朱仁,邓力凡,彭桥清. 高压开关柜局部放电联合定位带电检测技术[J]. 湖南城市学院学报(自然科学版),2020,29(06):63-67.
- [3] 罗思敏,田妍,郑服利,钟少泉,杨森,林艺. 开关柜局部放电检测技术应用[J]. 高压电器,2020,56(04):204-208.
- [4] 牛勃,马飞越,丁培,陈磊,田禄,刘威峰,魏莹. 臭氧浓度检测技术在开关柜局部放电检测中的应用[J]. 绝缘材料,2018,51(08):69-74.