

高压开关柜局部放电带电检测技术及典型缺陷诊断

许志豪

南京博凯电力科技有限公司

摘要: 本文主要对高压开关柜局部放电带电检测技术、其典型缺陷的分析诊断等方面展开了研究, 首先对局部放电带电检测技术进行了简述, 对局部放电、局部放电原理、带电检测原理、局部放电检测技术等方面进行了介绍, 然后对高压开关柜局部放电局放带电检测技术进行了介绍, 对局部放电检测方法、常用局部放电检测方法等进行了介绍, 之后对局部放电带电检测设备仪器进行了简述, 对部分放电带电检测设备仪器组成部分、原理、常用仪器等进行了详细介绍。然后对常用缺陷诊断方法进行了简述, 对高压开关柜常用缺陷、缺陷诊断基本流程方法进行了详细介绍。最后对局部放电带电检测技术常见的问题、前景进行了简述。

关键词: 高压开关柜; 局部放电; 带电检测技术; 缺陷诊断; 发展趋势

一、局部放电带电检测技术概述

1.1 局部放电的定义与原理

局部放电, 是指在电场作用下, 在绝缘介质中的局部, 其发生的放电现象, 但也没有将导体全部击穿。在电场作用下, 当电场达到一定程度时, 在绝缘介质中的局部, 产生击穿现象, 形成通道, 在电阻体中发生放电脉冲, 产生放电脉冲, 造成绝缘介质的劣变, 甚至发生绝缘故障, 影响电力系统的安全运行。

1.2 带电检测技术的重要性与应用领域

带电检测能够实现在不产生点的情况下完成高压开关柜的局部放电检测, 对电力系统的供电运行质量进行了很好的提升, 避免了停电维修的成本, 应用范围较为广泛, 不仅仅能够对发电厂、变电站等电力产生、传输地区的高压开关柜进行检测, 还能够对城市配电网、工业用电设备等高压开关柜进行切换, 在铁路、石油化工、钢铁等供电可靠性要求较高的领域有着良好的作用, 避免了安全事故的产生。

二、高压开关柜局部放电检测技术

2.1 常用的局部放电检测方法

主要有脉冲电流法、超声波检测法、特高频检测法以及超高频与超声波联合检测法等。脉冲电流法是通过检测局部放电产生的脉冲电流来获取放电信息, 具有灵敏度高的优点, 但易受外界电磁干扰。超声波检测法则是利用局部放电产生的超声波信号进行检测, 能准确定位放电位置, 不过对微弱放电信号的检测能力有限。特高频检测法可检测局部放电产生的特高频电磁波信号, 具有抗干扰能力强、检测灵敏度高的特点。超高频与超声波联合检测法结合了前两者的优势, 能更全面准确地检测局部放电情况。

脉冲电流法在实际应用中, 需采用合适的传感器和信号处理电路, 以提高检测的准确性和可靠性, 同时要采取有效的屏蔽措施来降低外界电磁干扰的影响。超声波检测法在检测时, 要合理布置传感器位置, 并且需要根据不同的设备结构 and 环境条件, 调整检测参数以获得最佳检测效果。特高频检测法对于检测环境要求相对较高, 要避免金属屏蔽等对特高频电磁波信号的阻挡, 同时要准确识别和排除其他干扰源产生的特高频信号。超高频与超声波联合检测法虽然优势明显, 但设备成本较高, 且对操作人员的技术水平要求也较高, 需要操作人员同时掌握两种检测方法的原理和操作技巧。

在实际的高压开关柜局部放电检测工作中, 选择合适的检测方法至关重要。对于脉冲电流法, 由于其灵敏度高, 常被用于对检测准确性要求较高的场景, 但需要投入更多精力在屏蔽措施上。超声波检测法凭借其能准确定位放电位置的特点, 在需要明确故障点位置的检测中发挥着重要作用, 只是对于微弱信号的捕捉能力有待提升。特高频检测法因其抗干扰能力强和检测灵敏度高的优势, 适用于电磁环境较为复杂的检测环境, 不过要严格把控检测环境条件。超高频与超声波联合检测法尽管成本较高且对操作人员要求严格, 但在对检测全面性和准确性要求极高的关键设备检测中, 是较为理想的选择, 能够提供更丰富、准确的局部放电信息, 为后续的缺陷诊断和处理提供有力依据。

2.2 高压开关柜局部放电检测技术的分类

高压开关柜局部放电检测技术按照检测原理和信号特征可分为电检测法、声检测法、化学检测法等。电检测法主要基于局部放电产生的电脉冲信号进行检测, 如脉冲电流法, 通过对电脉冲信号的分析处理, 获取局部放电的相关信息,

该方法技术成熟,应用广泛。声检测法则是利用局部放电产生的超声波信号来检测放电位置和强度,像超声波检测法,能较为准确地定位放电点,为故障排查提供直观依据。化学检测法是通过检测局部放电产生的气体成分和含量变化来判断放电情况,不过目前该技术在高压开关柜局部放电检测中的应用相对较少,还需进一步研究和发展。此外,还有一些综合检测方法,如特高频与超声波联合检测法,结合了多种检测方法的优点,能更全面准确地检测局部放电。

除了上述几种主要分类,还有一些新兴的检测技术也逐渐应用于高压开关柜局部放电检测领域。例如光检测法,它是利用局部放电产生的光信号进行检测,通过特定的光学传感器捕捉放电时产生的微弱光辐射,进而分析局部放电的特征,这种方法具有抗电磁干扰能力强的优点。另外,红外热成像检测法也受到一定关注,它基于局部放电会导致设备局部温度升高的原理,利用红外热像仪获取设备表面的温度分布图像,从而发现潜在的局部放电故障点,为设备的状态评估提供重要参考。

三、局部放电带电检测设备与仪器

3.1 检测设备的组成与工作原理

检测装置主要包含传感器、信号采集与数据处理、计算分析与显示几部分,其中传感器是整个检测装置的前端,通过采集高压开关柜局放产生的超声波、特高频电磁波信号等,它的性能决定检测的灵敏度和准确性。信号采集与数据处理即对前端信号进行放大、滤波等处理,针对无序的原始信号进行处理使其变成能够分析的数字信号。计算分析与显示主要是利用内置的算法和软件对采集到的信号进行分析,从中提取出局放的相关特征值,如放电深度、放电次数等,方便检测人员通过图形、数据等展现高压开关柜柜局放的状态。

3.2 常见的局部放电检测仪器介绍

局部放电检测仪的种类很多,其中超声波局部放电检测仪的应用最为广泛,它将高压开关柜局部放电发出的超声波信号经由超声波传感器接收,经过信号处理后,将超声波信号转换成可检测的弱电信号,以此检测高压开关柜局部放电。它具有抗干扰能力强、测不准度高等优势,可在电磁环境中接收、检测局部放电信号,给工作人员提供检测数据。

特高频局部放电检测仪也是常用的检测仪器之一。它通过特高频传感器检测局部放电产生的特高频电磁波信号,由于特高频电磁波在传播过程中衰减较小,因此该仪器能够实现较远距离的检测,并且对局部放电的定位精度较高。通过

分析特高频电磁波的时域和频域特征,检测人员可以深入了解局部放电的性质和严重程度。

还有是脉冲电流法局部放电检测仪,其原理是运用脉冲电流法检测高压开关柜局部放电所输出的脉冲电流信号,对高压开关柜的局部放电进行了检测,量程范围大、测量速度快。能够及时检测高压开关柜的局部放电情况,可以检测修理局部放电的状态。

四、典型缺陷的诊断方法

4.1 高压开关柜常见缺陷类型

高压开关柜的主要缺陷有:绝缘缺陷、导电回路缺陷、机械结构缺陷等等。高压开关柜的绝缘缺陷主要是高压开关柜的绝缘材料故障,例如:受潮腐蚀、制作技术,局部放电造成高压开关柜击穿;导电回路缺陷指的就是高压开关柜的触头松动,接触不良导致接触面电阻增大,局部发热影响正常工作;机械结构缺陷是指高压开关柜柜体变形、机械装置失效造成,直接降低高压开关柜的工作。

具体来说:绝缘方面:由于绝缘子开裂;绝缘介质不好等等绝缘不良,局部多闪;导电回路方面:接触不良;触头、导电杆弯曲变形、接触氧化等等无法通电、头过热、发热等;机械方面:柜体变形(冲击力;轻重不平衡);操作机构卡阻(磨损、润滑不良)等等,开关柜分合闸等等。

此外,绝缘缺陷还可能包括绝缘油性能下降等情况。绝缘油在高压开关柜中起着绝缘、散热和灭弧等重要作用,当其性能下降时,会降低整体的绝缘水平,增加局部放电的风险。导电回路缺陷中,触头烧蚀也是一种较为常见的问题,触头在长期使用过程中,由于电弧的作用会发生烧蚀,导致接触面积减小,接触电阻进一步增大,产生更多的热量,形成恶性循环。机械结构缺陷方面,门锁故障也不容忽视,门锁损坏会使开关柜的门无法正常关闭或锁定,影响柜体的密封性和防护等级,给设备的安全运行带来隐患。

4.2 缺陷诊断的基本流程与方法

首先,要全面收集高压开关柜的相关信息,包括设备型号、运行参数、历史检修记录等,这些信息能为后续诊断提供基础数据支持。接着,运用多种局部放电检测方法,如超声波检测、特高频检测、暂态地电压检测等,对高压开关柜进行全面检测,获取局部放电的相关数据,如放电强度、放电频率等。然后,对检测数据进行详细分析,结合设备的历史运行状况和故障特征,判断是否存在缺陷以及缺陷的类型。对于疑似缺陷部位,进行进一步的精确检测和定位,可采用

多种检测方法相互印证的方式,提高定位的准确性。最后,根据诊断结果制定相应的处理措施,对于轻微缺陷,可加强监测,适时安排检修;对于严重缺陷,应立即停运设备,进行检修处理,确保高压开关柜的安全稳定运行。

在分析检测数据时,需充分利用专业软件和数据库资源,将实时数据与历史数据进行比对,同时参考同类型设备的运行经验,以提高判断的准确性。对于复杂缺陷,还需组织专家进行会诊,综合多方面意见形成最终诊断结论。精确检测和定位过程中,可结合设备结构特点和放电信号传播规律,运用时差定位、方向定位等技术手段,缩小缺陷范围。处理措施的制定应遵循安全优先、经济合理的原则,既要消除缺陷隐患,又要考虑设备运行的连续性和经济性,必要时可制定多套处理方案进行比选。

在实际应用的过程中,在进行全面收集信息的过程中,要保证收集的信息完整、准确,可以通过查看设备档案、同运行人员接触了解等。在使用多种检测方法时根据高压开关柜的情况和现场的情况,合理选取检测方法组合方式来获取全面、准确的局部放电数据。

分析检测结果,作为一名专业人员使用的软件,本身自带强大的数据分析处理功能,可以看出数据的及时性,数据库本身对一些常用故障的设备数据都有相应的收集了解功能,同时对于一些问题很复杂的专家,应征求一些资历深厚的专家。做相应的诊断,保证诊断的科学性和正确性。

五、局部放电检测技术的挑战与发展趋势

5.1 当前局部放电检测面临的技术难题

一是检测信号容易被干扰。高压开关柜工作环境相对恶劣,电磁干扰源众多,例如母线电流本身产生的电磁波、开关柜其他用电设备产生的电磁波或其他电磁干扰等可能比较容易耦合到局部放电检测信号当中,干扰信号的出现会导致局部放电检测信号失真,难以从中提取有效的局部放电信号,缺陷检测难度大。

二是放电类型识别困难。局部放电具有多种类型,如内部放电、沿面放电、电晕放电等,不同类型的放电产生的信号特征存在差异,但在实际检测中,由于设备结构、运行工况等因素的影响,放电信号特征往往不够典型,难以准确区分放电类型,进而影响对缺陷性质和严重程度的判断。

三是缺陷定位精度有待提高。虽然目前已有一些定位技术手段,但在实际应用中,由于设备内部结构复杂、信号传播路径多样等因素,定位结果往往存在一定误差,难以精确

确定缺陷的具体位置,给后续的检修工作带来不便。

四是检测设备通用性差。各个厂家高压开关柜本身结构、尺寸、材料等都不尽相同,现有的局部放电检测设备基本都是针对某一型号或某一类的设备设计,具有较差的设备通用性,难以满足对不同类型高压开关柜的检测的通用要求,提高了检测成本和设备管理的困难。

5.2 局部放电检测技术的发展方向与前景

随着科学技术成熟性提高发展完善,局部放电检测将成为智能化、精准化、准确率高、通用化程度高、科技含量高的复杂高技术。智能化 AI、大数据自动识别或辨识、区别、分类放电信号类型、缺陷严重程度、智能化算法定位缺陷的高度准确率高;精准化,新材料新传感器新技术,微级放电信号干扰度低,定位精度高;通用性程度高,规范编制通用化设备产品,适应不同厂家不同型号高压开关柜,降低检测成本、设备管理难度高通用性程度高;远程监测技术、在线诊断技术,对高压开关柜局部放电实时性监测预警、电力系统安全运行预警具有很好的应用价值。

结语

总而言之,作为电力系统能否安全运行的重要依据,高压开关柜局放的带电检测技术方法随着科技的发展以及变革,向着智能化以及更加高精度、检测通用等能够提高检测效率、保证检测精度的要求、降低运维成本和难度、发展远程检测在线诊断对局放更加直接实时、越来越有利于电力系统运行的便利检测的检测方向发展,而且未来对于高压开关柜的局放带电检测还会进一步的发展。

参考文献

- [1] 查建中;周迅. 高压开关柜局部放电检测方法及相关案例[J]. 电气开关, 2024(01): 96-101.
- [2] 邵春;谢珂;李飞;张辉;杨航康;金哲宇. 开关柜局部放电检测方法及应用[J]. 电力设备管理, 2022(09): 54-56.
- [3] 赵晟茹;李丽娜. 开关柜局部放电检测技术及发展前景分析[J]. 光源与照明, 2022(09): 96-98.
- [4] 刘嘉欣;于浩;莫中岳. 高压开关柜局部放电故障缺陷诊断技术分析[J]. 机械设计与制造工程, 2022(10): 97-100.
- [5] 施海灵. 高压开关柜的故障诊断技术浅析[J]. 上海节能, 2024(05): 765-769.