

高压试验中的局部放电检测技术在电力电缆中的应用

吴寅

海宁市金能电力实业有限公司 浙江嘉兴 314000

DOI:10.12238/ems.v7i6.13822

[摘要] 本文详细探讨了高压试验中局部放电检测技术在电力电缆中的应用。首先介绍了电力电缆局部放电产生的原因及危害,阐述了局部放电检测对于保障电力电缆安全运行的重要性。接着深入分析了几种常见的局部放电检测技术,包括脉冲电流法、超声波检测法、特高频检测法等,对其原理、特点及应用场景进行了全面剖析。同时,讨论了局部放电检测技术在实际电力电缆检测中的实施流程与要点,以及检测数据的分析与处理方法。通过实际案例分析展示了局部放电检测技术在发现电缆潜在故障、评估电缆绝缘状态方面的有效性。最后,对局部放电检测技术的未来发展趋势进行了展望,旨在为电力电缆的可靠运行提供更有力的技术支持。

[关键词] 高压试验; 局部放电; 检测技术; 电力电缆; 应用

引言

电力电缆作为电力系统中不可或缺的一部分,承担着传输和分配电能的重要任务。随着电力需求的不断增长和电网规模的日益扩大,电力电缆的应用越来越广泛。然而,由于长期运行在高压环境下,电缆绝缘容易受到各种因素的影响而逐渐老化,其中局部放电现象是导致电缆绝缘性能下降的关键因素之一。局部放电不仅会加速绝缘材料的劣化,严重时还可能引发电缆击穿,造成停电事故,给电力系统的安全稳定运行带来极大威胁。因此,准确检测电力电缆中的局部放电,并及时评估电缆的绝缘状态,对于保障电力系统的可靠供电具有重要意义。高压试验中的局部放电检测技术为实现这一目标提供了有效的手段。

一、电力电缆局部放电产生的原因及危害

(一) 局部放电产生的原因

电场分布不均匀: 在电缆制造过程中,由于工艺缺陷或材料不均匀等原因,可能导致电缆绝缘内部电场分布不均匀。当局部电场强度超过绝缘材料的耐受场强时,就会发生局部放电现象。例如,电缆绝缘层中的气隙、杂质等部位,电场容易集中,成为局部放电的起始点。

电压作用: 施加在电缆上的高压是引发局部放电的直接原因。随着运行电压的升高,绝缘内部的电场强度增大,当达到一定程度时,局部区域的气体或液体介质会发生电离,形成局部放电。此外,电压的波动和冲击也会加剧局部放电的发生。

环境因素: 环境温度、湿度、污秽等因素也会对电缆绝缘性能产生影响,进而促使局部放电的产生。例如,高温会加速绝缘材料的老化,降低其绝缘性能;高湿度环境可能使绝缘受潮,增加局部放电的可能性;污秽物质附着在电缆表面,会改变电场分布,引发沿面放电。

(二) 局部放电的危害

绝缘材料劣化: 局部放电过程中会产生高温、高能粒子和化学活性物质,这些都会对绝缘材料造成损伤。高温会使绝缘材料热分解,降低其机械性能和电气性能;高能粒子会破坏绝缘材料的分子结构,导致绝缘性能下降;化学活性物质如臭氧等会与绝缘材料发生化学反应,加速绝缘老化。

绝缘击穿: 持续的局部放电会不断侵蚀绝缘材料,使绝缘缺陷逐渐扩大。当绝缘材料的绝缘性能下降到一定程度时,在高压作用下就可能发生绝缘击穿,导致电缆短路,引发停电事故,严重影响电力系统的正常运行。

缩短电缆使用寿命: 局部放电的存在会大大缩短电力电缆的使用寿命。由于绝缘材料的加速劣化,电缆需要提前更换,增加了电力系统的运维成本和建设投资。

二、常见局部放电检测技术

(一) 脉冲电流法

原理: 脉冲电流法是基于局部放电时会在回路中产生脉冲电流这一现象进行检测的。当电缆绝缘发生局部放电时,放电电荷会在回路中形成脉冲电流,通过检测该脉冲电流信

号来判断局部放电的情况。通常采用耦合电容器将脉冲电流信号耦合到测量电路中,然后利用示波器等仪器对信号进行采集和分析。

特点: 脉冲电流法具有较高的灵敏度,能够准确测量局部放电的脉冲电流大小和放电次数。它可以直接反映局部放电的电特性,对于判断局部放电的严重程度有重要参考价值。但是,该方法容易受到外界电磁干扰的影响,在现场应用时需要采取有效的抗干扰措施。

应用场景: 脉冲电流法适用于实验室环境下对电缆样品的局部放电检测,以及在变电站等相对封闭、电磁环境较好的场所对电力电缆进行定期检测。

(二) 超声波检测法

原理: 局部放电过程中会产生超声波信号,这是由于放电时的能量释放引起周围介质的振动所致。超声波检测法就是利用超声传感器接收这些超声波信号,通过分析信号的特征来检测局部放电。超声传感器将超声波信号转换为电信号,经过放大、滤波等处理后,由检测仪器进行显示和分析。

特点: 超声波检测法具有非接触、抗电磁干扰能力强等优点。它可以在不破坏电缆结构的情况下进行检测,适用于现场复杂环境。而且,超声波信号传播距离有限,能够较准确地定位局部放电的位置。然而,该方法的灵敏度相对较低,对于一些微弱的局部放电信号可能无法有效检测。

应用场景: 超声波检测法常用于户外电缆线路、电缆终端头和中间接头等部位的局部放电检测,尤其适用于对电缆局部放电位置的初步定位。

(三) 特高频检测法

原理: 局部放电时会产生频率高达数百 MHz 甚至数 GHz 的特高频电磁波。特高频检测法通过特高频传感器接收这些电磁波信号,利用信号的幅度、频率、相位等特征来检测局部放电。特高频传感器具有很宽的频带响应,能够捕捉到局部放电产生的特高频信号,并将其转换为电信号进行分析。

特点: 特高频检测法具有很高的灵敏度和分辨率,能够检测到非常微弱的局部放电信号。它对局部放电的定位精度较高,可以准确判断放电部位。此外,该方法受外界低频干扰较小,适用于强电磁干扰环境。但特高频检测设备价格相对较高,且对检测人员的技术要求也较高。

应用场景: 特高频检测法广泛应用于高压变电站、大型电缆隧道等复杂电磁环境下的电力电缆局部放电检测,对于发现电缆内部早期的局部放电缺陷具有重要作用。

三、局部放电检测技术在电力电缆检测中的实施流程与要点

(一) 检测前的准备工作

资料收集: 在进行局部放电检测之前,需要收集电力电缆的相关资料,包括电缆的型号、规格、敷设方式、运行历史、维护记录等。这些资料有助于了解电缆的基本情况,为后续的检测和分析提供参考。

检测设备选择: 根据电缆的类型、运行环境和检测要求,

选择合适的局部放电检测设备。例如,对于室内电缆,可以优先考虑脉冲电流法检测设备;对于户外电缆,超声波检测法或特高频检测法设备可能更为适用。同时,要确保检测设备的精度和可靠性满足检测要求。

现场勘查:对检测现场进行勘查,了解现场的电磁环境、电缆敷设路径、电缆终端和中间接头的位置等情况。这有助于确定检测点的位置和检测方法的实施,避免因现场环境因素影响检测结果。

(二) 检测过程实施

检测点布置:根据电缆的长度、结构和运行情况,合理布置检测点。对于较长的电缆线路,应适当增加检测点的数量,以确保能够全面检测电缆的局部放电情况。在电缆终端头、中间接头等易发生局部放电的部位,要重点设置检测点。

检测操作:按照所选检测技术的操作规程进行检测操作。在使用脉冲电流法时,要注意正确连接检测回路,设置合适的测量参数;使用超声波检测法时,要确保超声传感器与电缆表面良好接触;使用特高频检测法时,要调整好传感器的位置和方向,以获取最佳的检测信号。

数据采集:在检测过程中,要及时采集局部放电检测数据,包括脉冲电流大小、放电次数、超声波信号强度、特高频信号特征等。采集的数据应准确、完整,以便后续进行分析和处理。

(三) 检测数据的分析与处理

数据分析方法:采用多种数据分析方法对采集到的局部放电数据进行处理。常用的方法包括统计分析法、频谱分析法、时域分析法等。通过统计分析可以得到局部放电的平均电量、放电次数等统计参数,评估局部放电的严重程度;频谱分析可以了解局部放电信号的频率分布特性,判断放电类型;时域分析可以观察局部放电信号的波形特征,分析放电的发展趋势。

缺陷判断与评估:根据数据分析结果,结合相关标准和经验,对电缆是否存在局部放电缺陷以及缺陷的严重程度进行判断。一般来说,当局部放电量超过规定的阈值,或者放电次数明显增加时,表明电缆可能存在绝缘缺陷。同时,要综合考虑电缆的运行历史、环境因素等,对缺陷进行全面评估,确定是否需要采取进一步的措施。

报告编制:将检测结果整理成详细的检测报告,报告内容应包括检测目的、检测方法、检测数据、分析结果、缺陷判断与评估结论等。检测报告是对电缆局部放电情况的直观反映,对于指导电缆的维护和检修具有重要意义。

四、实际案例分析

(一) 案例背景

某城市的一条110kV电力电缆线路,运行多年后出现了电压波动异常的情况。为了排查电缆是否存在绝缘问题,决定采用局部放电检测技术对该电缆进行全面检测。

(二) 检测过程

检测方法选择:考虑到电缆运行环境复杂,电磁干扰较大,同时需要对电缆整体进行检测,最终选择了特高频检测法和超声波检测法相结合的方式。

检测点布置:沿着电缆敷设路径,每隔一定距离设置一个检测点,重点对电缆终端头、中间接头等部位进行检测。共设置了20个检测点,确保能够覆盖电缆的主要部分。

数据采集与分析:在检测过程中,利用特高频检测设备和超声波检测设备分别采集局部放电数据。经过数据分析发现,在某一中间接头处,特高频信号强度明显高于其他检测点,且超声波信号也有异常。进一步分析特高频信号的频谱和时域特征,判断该中间接头存在局部放电缺陷。

(三) 处理措施

根据检测结果,对存在局部放电缺陷的中间接头进行了更换。更换后再次进行局部放电检测,结果显示各项检测指标均符合标准要求,电缆恢复正常运行。通过本次检测,及

时发现并消除了电缆的潜在故障隐患,避免了可能发生的停电事故,保障了电力系统的安全稳定运行。

五、局部放电检测技术的未来发展趋势

(一) 多技术融合

未来局部放电检测技术将朝着多技术融合的方向发展。将不同检测技术的优势相结合,如脉冲电流法的高精度、超声波检测法的定位能力和特高频检测法的高灵敏度等,能够更全面、准确地检测电力电缆的局部放电情况,提高检测结果的可靠性。

(二) 智能化检测

随着人工智能技术的不断发展,局部放电检测将向智能化方向迈进。利用机器学习、深度学习等算法对大量的局部放电检测数据进行分析 and 处理,实现自动识别放电类型、评估绝缘状态和预测故障发展趋势等功能。智能化检测系统能够提高检测效率和准确性,减少人为因素的影响。

(三) 在线监测技术的发展

为了实时掌握电力电缆的绝缘状态,在线监测技术将得到进一步发展。开发更加可靠、便捷的在线局部放电监测设备,能够长期连续地对电缆进行监测,及时发现局部放电的变化情况。同时,通过物联网技术将监测数据传输到远程监控中心,实现对电缆的远程管理和智能决策。

(四) 微型化与便携化

在当今电力行业蓬勃发展的大背景下,对于电力电缆运维工作而言,现场快速检测的需求愈发迫切且重要。在此形势下,局部放电检测设备正坚定不移地朝着微型化与便携化方向大步迈进。

科研人员致力于研发体积更小、重量更轻的检测设备。通过不断探索新型材料、优化内部结构设计以及采用先进的集成技术,力求在不降低检测精度的前提下,最大程度地减小设备的体积和重量。

这种发展趋势意义重大。体积小、便于携带的检测设备,能让检测人员轻松携带至各种复杂的现场环境中,无论是狭窄的电缆沟,还是高耸的杆塔上,都能自如开展检测工作。操作的便捷性也大幅提升,减少了因设备笨重带来的诸多不便。这无疑将极大地提高检测工作的灵活性和效率,使电力电缆的运维工作能够更加及时、精准地进行,从而更好地保障电力系统的稳定运行。

结语

高压试验中的局部放电检测技术在电力电缆的绝缘检测和状态评估中发挥着重要作用。通过对常见局部放电检测技术的原理、特点和应用场景的分析,以及实际案例的验证,表明这些技术能够有效地发现电缆中的局部放电缺陷,为保障电力电缆的安全运行提供有力支持。随着技术的不断发展,局部放电检测技术将朝着多技术融合、智能化、在线监测和微型便携化等方向发展,为电力系统的可靠运行提供更完善的技术保障。电力企业应重视局部放电检测技术的应用,加强检测人员的培训,不断提高电缆绝缘检测水平,确保电力电缆的长期稳定运行。

【参考文献】

- [1] 分布式局部放电检测技术在高压电缆交接试验中的应用. 周桂平; 唐佳能; 金鑫; 杨鹤; 毕海涛. 东北电力技术, 2021 (07)
- [2] 长距离330kV交联聚乙烯电缆交接试验研究. 林涛; 翟璐; 孙浩飞; 赵学风; 徐阳. 电网与清洁能源, 2022 (04)
- [3] 变频串联谐振技术在高压电缆交接试验中的应用. 赵金明; 段肖华. 电网与清洁能源, 2022 (04)
- [4] 国网辽宁电力圆满完成东北地区距离最长220kV电缆交接试验. 农村电气化, 2022 (05)
- [5] 大容量长距离交流XLPE电缆交接试验方法. 熊俊; 张强; 马国明; 王勇; 王伟; 李成榕. 高电压技术, 2021 (11)