

开关柜局部放电检测技术的发展与应用

韩韬 吴涛

国网冀北电力有限公司秦皇岛供电公司 秦皇岛市海港区 066000

DOI: 10.12238/ems.v7i4.12734

[摘要] 本文先介绍了开关柜局部放电检测技术的基本原理,然后分析了当前技术发展与应用中存在的难题,包括检测技术的灵敏度与准确性问题、传统检测方法的局限性、环境干扰的影响以及高压系统中检测技术的适应性问题。最后,提出了提高检测灵敏度与准确性的技术创新、引入新型检测方法与仪器、利用智能化与数字化技术减少环境干扰以及开发适用于高压系统的检测技术和设备等策略,以期推动开关柜局部放电检测技术的发展与应用。

[关键词] 开关柜;局部放电;检测技术

引言:

随着电力系统规模的不断扩大和设备老化问题的日益凸显,开关柜局部放电检测技术在保障电力系统安全稳定运行方面发挥着越来越重要的作用。局部放电是指电气设备在正常运行电压下,由于绝缘缺陷等原因产生的局部放电现象,它可能导致设备绝缘性能下降,甚至引发事故。因此,提高开关柜局部放电检测技术的灵敏度、准确性和适应性,减少环境干扰,对于电力系统的安全运行至关重要。本文旨在探讨开关柜局部放电检测技术的发展与应用,分析当前技术面临的挑战,并提出相应的解决策略。

1. 开关柜局部放电检测技术的基本原理

开关柜局部放电检测技术,主要是依靠监测设备来检测和分析电气设备内部产生局部放电信号。局部放电指的是在高压电气设备中,由于绝缘不是完全的,导致局部区域发生电气击穿并释放能量的情况。这种现象可以产生高频电磁波,声波或者化学反应,这些都可以反映设备内部绝缘材料是否老化或者破损。对这些放电信号进行捕获和分析能够及时发现电气设备中存在的安全隐患,从而避免因设备故障而造成停机或者意外。开关柜局部放电的检测技术由传感器检测,信号放大及滤波,数据分析,状态评估组成。当前,局部放电检测技术逐渐朝着数字化,智能化以及高精度等方面发展,并通过实时监测与分析局部放电信号,可实现电气设备在线监控,提高了设备运行安全性与可靠性。

2. 开关柜局部放电检测技术的发展与应用难题

2.1 检测技术的灵敏度与准确性问题

开关柜局部放电检测技术灵敏度高,准确性差,一直以来都是限制该技术广泛推广使用的关键。尽管局部放电可以在早期阶段提供设备故障的预警信号,但在实际检测中,由于检测系统的灵敏度受限,很多微小的放电现象难以被捕捉。现代开关柜结构比较复杂,工作环境多变,局部放电信号通常比较微弱,而且易受很多因素影响,比如设备内电气噪声,外电磁干扰等等。这样传统检测方法通常很难准确识别实际局部放电信号,特别是当信号强度很弱时,检测设备就可能出现误判或者漏检。灵敏度不够高的检测系统既耽误了设备故障预警时间,又可能造成错误数据分析而影响运行和维护决策。

2.2 传统检测方法的局限性

尽管传统局部放电探测方法在某种程度上能提供设备运行状态监测的数据,但是由于电气设备的日益发展以及工作环境复杂化等原因,这类方法也渐渐显露出诸多局限性。传统的方法大多依靠人工设置与运行,实时性不足,无法进行在线监测。电气设备运行中任何微小变化均会对设备安全造成影响,常规局部放电检测方法通常很难及时捕捉。传统的

检测手段往往只依赖于单一的测量参数,例如电流和电压等物理参数,这导致它们在各种复杂的环境条件下的适应能力相对较弱。电气设备不同种类的局部放电信号在频率和幅值上可能存在较大差别,而传统方法通常不能完整地捕捉全部有关信号。传统检测方法灵敏度及精度比较低,不能有效地区分正常电气噪声和真实局部放电信号且易产生假阳性或者漏检。这些问题既影响局部放电检测结果,又影响装置运行的可靠性,制约着装置的广泛使用。

2.3 环境干扰对局部放电检测的影响

在局部放电检测过程中,环境干扰问题是个不容忽视的关键问题。特别在开关柜这类电气设备实际使用时,其测试过程经常会遇到许多干扰源,这不仅会影响到对局部放电信号精确采集,而且也会加大信号处理难度。开关柜所处工作环境中往往充斥着各种电磁波,噪声等不规则信号源,对局部放电信号传输及分析产生直接干扰,造成检测结果错误。电气设备特别是高压设备工作时,经常会发出很大的噪声信号,而且这些噪声接近放电信号的频率,不易分辨。特别是在复杂的电气设备运行环境中,局部放电信号和其他电磁干扰信号的重叠现象是非常常见的。这使传统局部放电检测设备很难准确地区分有用放电信号和环境噪声,影响检测系统准确性及稳定性。在某些比较苛刻的工业环境下,例如有大量电机和重型设备的地方,环境噪声一般都比较严重,而且局部放电信号清晰度也进一步下降。此外,电气设备运行时产生电磁波、高频放电信号等都会对外界电磁干扰造成互相影响,而这些高频信号、噪声等干扰都会使设备性能不稳定。比如在某些高功率设备或者重负载设备运行环境下,所产生的强电磁场以及电气活动等因素对于局部放电信号会造成特别明显的扰动。伴随着电气设备在运行时信号之间的叠加,使得局部放电信号的精确捕捉及提取难度加大,并最终影响到设备健康状态实时监测及分析。

2.4 高压系统中检测技术的适应性问题

高压电气设备运行环境比较复杂,系统参数如电压,电流和频率随负载变化波动大。这些涨落不仅对局部放电信号提取产生干扰,而且可能直接影响检测设备运行的稳定性及检测结果准确性。由于高压系统电气活动一般都比较激烈,常规局部放电检测技术常常不能有效地处理这一波动性与复杂性,给信号提取带来了一定难度。在高压电气设备中,局部放电信号通常较为微弱,且容易受到其他电气活动(如电弧、电气噪声等)的干扰。所以如何高效捕捉微弱放电信号和分析放电信号就成了高压系统局部放电检测的一大难题。特别当高频信号干扰时,常规检测设备通常很难区分局部放电信号等无关信号,造成漏检或者误检。另外高压系统的电气设备还需具有很强的抗干扰能力以及耐高压能力等,

这些需求对于局部放电检测设备的技术要求也越来越高。很多传统的检测设备不能耐受高压系统普遍存在的高电压、强电磁场等问题,从而很难适应其工作环境。在此情况下开展局部放电监测,不仅要求装置运行平稳,而且要求装置防干扰能力强、检测精度高,保证检测结果实时准确。由于高压系统发生故障会造成严重的后果,如何实现对该环境下局部放电的准确检测成为确保电力系统安全运行的一个重要技术难点。

3. 开关柜局部放电检测技术的发展与应用策略

3.1 提高检测灵敏度与准确性的技术创新

传统局部放电检测技术虽能有效地确定设备内部故障点,但是存在灵敏度不够高,误报与漏报现象,特别是在复杂电气环境下,常常不能准确地反映设备可能面临的危险。为此,为了解决这一难题,近几年出现了许多技术创新,最突出的有信号放大技术,滤波技术和多传感器融合技术等。信号放大技术能够通过弱小放电信号幅度进行强化来提高装置检测灵敏度和避免信号微弱造成漏检。滤波技术的改进又有效地减少环境噪声对于检测结果的影响,保证检测信号纯净,使放电信号识别率得到提高。基于此,采用多传感器融合技术使多个检测点信号进行融合,提高局部放电检测可靠性与准确性。另外,数字化信号处理的发展对提高灵敏度与准确性至关重要。通过运用数字信号处理器(DSP)和快速傅里叶变换(FFT)等先进算法,我们能够对信号进行精准的时频分析,并在特定的频段内识别局部放电信号,从而显著提升了故障检测的灵敏度和准确度。综合运用这些技术创新,使开关柜局部放电检测技术性能显着提高,对设备运行安全有更可靠保证。

3.2 引入新型检测方法与仪器,克服传统检测的局限性

传统开关柜局部放电的检测手段主要依靠电压,超声波和红外,不过能够在一定的范围内发现局部放电,然而,这类方法一般都具有灵敏度不够,检测精度不高,对环境适应性较差的局限性。为攻克上述难题,近年新的检测方法与仪器的推出逐渐成为人们关注的焦点。以电磁波局部放电探测方法为例,利用高频电磁波探测技术可以对开关柜在复杂电场环境中产生的弱局部放电信号进行有效辨识。与传统技术相比,该方法在复杂电气环境中检测能力更强,可在高噪声、高电压情况下保持高准确度检测性能。另外采用光纤传感器、振动传感器等现代传感器技术为局部放电检测带来新思路。光纤传感器抗干扰能力强、灵敏度高、能在装置工作的多种情况下都能稳定运行,振动传感器可以通过采集装置内微小振动信号来间接猜测是否存在局部放电。与此同时,在智能化技术不断发展的背景下,利用基于人工智能与机器学习相结合的方法进行检测也成了当前的新潮流。通过训练模型可以实现局部放电信号实时识别与归类,增强检测精度,有效降低误报率。采用多通道数据采集系统等新型仪器还显着提高了局部放电检测实时性及全面性,对现场诊断及故障预警具有更准确地技术支撑。

3.3 利用智能化与数字化技术减少环境干扰

在智能化、数字化技术飞速发展的背景下,开关柜局部放电检测技术也逐渐由传统模拟检测向数字化、智能化的方向转变。这些新兴技术的运用有效地降低了环境干扰对于测试结果的干扰,增强了测试的准确性与可靠性。智能化技术通过检测参数的自动调节,系统状态的动态监控,检测算法的实时优化等,能够达到适应环境变化的目的。比如智能算法可以根据设备工作状态以及外部环境变化自动调节信号采集频率以避免因环境噪声过大或者频繁改变而导致误判。同

时采用智能化系统可实现多点监测及数据分析,使系统在出现局部放电时能及时报警及准确定位故障点。这样既提高了测试的准确性,又加强了智能响应能力。数字化技术的运用,同样也为环境干扰问题的解决提供了一种全新的思路。数字化传感器采集信号时抗干扰能力较强,经过高精度数字信号处理后,能够滤除周围环境噪声信号,保证检测结果准确。另外数字化技术使数据存储与传输效率更高,可将检测数据实时传输到监控中心,通过云计算技术对数据进行分析,从而对故障预警做出精准决策。这些智能化与数字化技术相结合为开关柜局部放电检测工作提供更稳定,更可靠的技术保证,降低外界环境对检测结果造成的扰动,促进设备运维智能化。

3.4 开发适用于高压系统的检测技术和设备

由于高压环境电磁场复杂多变,常规检测技术通常很难在此情况下高效运行。所以发展适合高压系统检测技术与装备就成了增强局部放电监测准确性与稳定性的关键所在。根据高压系统特性,近年研究重点是发展能工作于高压电场环境的检测技术。比如基于绝缘体局部放电检测技术能够有效地避免高压给传感器带来的扰动,而利用高压电场中的复合传感器则能够实现高压情况下放电信号的实时监测。这些传感器能在高压电场条件下稳定工作,对微弱局部放电信号进行有效探测,从而避免传统传感器不能适应高压电场环境。与此同时,考虑到局部放电检测设备的小型化和高精度特点,新的技术解决方案还结合了传感器和数字信号处理器,采用高频信号的采集和处理技术,保证了高压环境中局部放电信号可以准确辨识。这些专门用于高压系统的检测设备既提高检测灵敏度又加强对高压环境下的适应性,从而为高压电力设备安全工作提供更可靠的技术支撑。基于此,所研制的检测设备兼具实时数据传输与远程监控功能,能够实现对高压系统的连续监控,预先检测出可能出现的故障并减少故障产生的危险。这些专门针对高压系统的检测技术与装置为电力系统稳定运行提供有效保证,已经成为现代电力设备运行维护中的一个重要环节。

结束语:

开关柜局部放电检测技术作为电力系统安全运行的重要保障,其发展与应用对于提高电力系统的可靠性和安全性具有重要意义。通过技术创新和新型检测方法的引入,可以有效提高检测的灵敏度和准确性,减少环境干扰的影响,同时开发适用于高压系统的检测技术和设备,以适应不断变化的电力系统需求。未来,随着技术的不断进步和应用的深入,开关柜局部放电检测技术将更加成熟,为电力系统的安全稳定运行提供更加有力的技术支撑。

[参考文献]

- [1]任凯,徐炎斌,李瑞环,陈慧如,李佳琪.开关柜局部放电问题的讨论[J].设备管理与维修,2024,(22):176-179.
- [2]宋春勇.基于特高频信号的开关柜局部放电检测与分析[J].中国设备工程,2024,(22):201-203.
- [3]邵晨凡,牛勃,王东方,王晓康,吴志勇,伍弘.充气式开关柜局部放电多参量融合检测技术研究[J].宁夏电力,2024,(05):29-36+42.
- [4]闫志轩.高压开关柜局部放电故障的诊断技术研究[J].电力设备管理,2024,(19):291-293.
- [5]黄昊忆,庄汝栋,谢励耘,卢静文.高压开关柜局部放电带电检测技术分析及应用[J].电工技术,2024,(19):191-193.