

带电检测技术在配网电力设备运检中的应用研究

蔡嘉楠

浙江大有实业有限公司 浙江 杭州 310012

摘要: 本文探讨了带电检测技术在配网电力设备运检中的应用,文章概述了配网电力设备运检的核心需求及带电检测技术的核心特性与常用分类。详细分析了带电检测技术在配电变压器、开关柜、电力电缆及架空线路等关键设备运检中的具体应用。针对技术应用中存在的检测精度受环境干扰、老旧设备适配性差及检测标准不统一等问题,提出了技术优化、管理与运维优化及成本与资源优化等策略。本文旨在为带电检测技术在配网电力设备运检中的应用提供理论指导和实践参考。

关键词: 带电检测技术;配网电力设备;运检应用

引言:随着社会经济的快速发展,用户对电力供应的稳定性和可靠性提出了更高要求,配网作为电力系统的末端环节,其设备的运行状态直接关系到用户的用电体验。本文将深入探讨带电检测技术在配网电力设备运检中的应用现状、存在问题及优化策略,以期为推动配网电力设备运检水平的提升提供参考。

1 配网电力设备运检需求与带电检测技术概述

1.1 配网电力设备运检核心需求

配网作为电力系统的重要组成部分,直接面向广大用户,其运行状态直接关系到供电的可靠性和电能质量。随着社会经济的发展和用户对电力依赖程度的不断提高,对配网电力设备运检提出了更高的要求。一方面,要确保供电的连续性。传统的停电检修方式会中断对用户的供电,给用户的生活和生产带来不便,造成经济损失。因此,需要采用不停电的检测和检修方式,减少停电时间和次数,保障用户的正常用电;另一方面,要及时发现设备隐患并准确诊断故障。配网电力设备在长期运行过程中,会受到各种因素的影响,如电气应力、机械应力、环境因素等,导致设备出现绝缘老化、接触不良、过热等缺陷和故障。如果不能及时发现和处理,这些隐患可能会逐渐发展成严重的故障,引发停电事故,甚至造成设备损坏和人员伤亡。因此,需要运用先进的检测技术,实时监测设备的运行状态,及时发现设备隐患,准确诊断故障类型和位置,为设备的检修和维护提供依据。

1.2 带电检测技术核心特性

带电检测技术是在不停电的情况下对电力设备运行状态进行检测的技术,具有以下核心特性。第一,不停电性是其最大的优势。它可以在设备正常运行的过程中进行检测,无需中断供电,避免了因停电给用户带来的

不便和经济损失,大大提高了供电的可靠性。第二,实时性强。带电检测技术能够实时获取设备的运行参数和状态信息,及时发现设备的异常变化,为设备的状态评估和故障预警提供及时的数据支持。第三,可检测项目广泛。带电检测技术可以检测设备的绝缘性能、发热情况、局部放电等多种状态参数,能够全面反映设备的运行状态,为设备的综合评估提供丰富的信息^[1]。第四,安全性高。由于带电检测是在设备带电的情况下进行,检测人员无需直接接触设备的高压部分,减少了触电等安全事故的发生风险,保障了检测人员的人身安全。

1.3 配网常用带电检测技术分类

配网常用的带电检测技术主要包括以下几类。(1) 红外测温技术:利用红外热像仪检测设备表面的红外辐射能量,将其转换为温度分布图像,从而发现设备表面的过热缺陷。该技术具有非接触、快速、直观等优点,广泛应用于配电变压器、开关柜、电力电缆等设备的发热检测。(2) 超声波检测技术:通过检测设备内部局部放电产生的超声波信号来判断设备的绝缘状态。当设备内部发生局部放电时,会产生超声波脉冲,超声波检测仪可以捕捉这些信号,并进行分析处理,确定放电的位置和程度。该技术对设备表面的污秽、潮湿等因素不敏感,适用于检测开关柜、电缆终端等设备的局部放电。

(3) 特高频检测技术:主要用于检测GIS(气体绝缘金属封闭开关设备)和开关柜等设备内部的局部放电。局部放电会产生特高频电磁波信号,特高频传感器可以接收这些信号,并通过分析信号的特征参数来判断放电的类型和位置。该技术具有灵敏度高、抗干扰能力强等优点。(4) 暂态地电压检测技术:当开关柜等设备内部发生局部放电时,会产生电磁波,电磁波在设备金属外壳上感应出瞬态地电压脉冲。暂态地电压检测仪可以检测

这些脉冲信号,根据信号的大小和变化情况来判断设备是否存在局部放电。该技术操作简单、携带方便,适用于对开关柜进行快速筛查。

2 带电检测技术在配网关键设备运检中的具体应用

2.1 在配电变压器运检中的应用

配电变压器是配网中的核心设备之一,其运行状态直接影响供电质量。带电检测技术在配电变压器运检中发挥着重要作用。红外测温技术可用于检测变压器绕组、铁芯、引线等部位的温度。通过定期对变压器进行红外测温,可以及时发现变压器内部的过热缺陷,如绕组匝间短路、铁芯多点接地等。例如,当变压器绕组匝间短路时,短路部位的电流增大,温度升高,红外热像仪可以清晰地显示出温度异常区域,为检修人员提供准确的故障位置信息;超声波检测技术可以检测变压器内部的局部放电,变压器在运行过程中,如果绝缘老化、受潮或存在气泡等缺陷,可能会引发局部放电。超声波检测仪可以捕捉到局部放电产生的超声波信号,通过对信号的分析,可以判断放电的严重程度和发展趋势,及时采取措施进行处理,避免故障的进一步扩大^[2]。

2.2 在开关柜运检中的应用

开关柜是配网中控制和保护电气设备的重要装置,其内部结构复杂,元件众多,容易出现故障;红外测温技术可用于检测开关柜内的触头、母线连接处等部位的温度。触头接触不良或母线连接松动会导致接触电阻增大,产生过热现象。通过红外测温,可以及时发现这些部位的温度异常,预防因过热引发的设备损坏和停电事故;超声波检测技术和特高频检测技术可用于检测开关柜内部的局部放电。开关柜内的绝缘件在长期运行过程中可能会老化、破损,导致局部放电的发生。超声波检测仪可以检测到局部放电产生的超声波信号,特高频传感器可以接收局部放电产生的特高频电磁波信号。通过综合分析这两种技术的检测结果,可以更准确地判断开关柜内是否存在局部放电以及放电的位置和程度;暂态地电压检测技术可用于对开关柜进行快速筛查,检测人员可以使用暂态地电压检测仪对开关柜的各个部位进行检测,根据检测到的暂态地电压信号大小,初步判断开关柜内是否存在局部放电。对于信号异常的开关柜,再进一步采用超声波检测或特高频检测技术进行详细检测。

2.3 在电力电缆运检中的应用

电力电缆是配网中传输电能的重要通道,其运行环境复杂,容易受到外力破坏、绝缘老化等因素的影响。红外测温技术可用于检测电缆终端头和中间接头的温度。电缆终端头和中间接头是电缆的薄弱环节,如果制

作工艺不良或安装不当,可能会导致接触电阻增大,产生过热现象。通过红外测温,可以及时发现这些部位的温度异常,采取措施进行处理,避免因过热引发电缆故障;超声波检测技术和特高频检测技术可用于检测电缆的局部放电。电缆在运行过程中,如果绝缘层出现破损、气泡等缺陷,可能会引发局部放电。超声波检测仪和特高频传感器可以分别检测到局部放电产生的超声波信号和特高频电磁波信号,通过对信号的分析,可以判断电缆的绝缘状态,及时发现潜在的故障隐患;分布式光纤测温技术也可应用于电力电缆的运检,该技术通过在电缆中敷设光纤,利用光纤对温度的敏感特性,实时监测电缆沿线的温度分布。当电缆某一点温度异常升高时,光纤测温系统可以及时发出报警信号,帮助检修人员快速定位故障点。

2.4 在架空线路运检中的应用

架空线路是配网中常见的输电方式,其运行环境开放,容易受到自然因素和外力破坏的影响。红外测温技术可用于检测架空线路的导线连接处、绝缘子等部位的温度。导线连接处如果接触不良,会产生过热现象,红外测温可以及时发现这些部位的温度异常,预防因过热导致的断线事故。绝缘子在运行过程中,如果表面污秽或内部存在缺陷,可能会导致绝缘性能下降,产生局部放电和发热现象。通过红外测温,可以检测到绝缘子的温度变化,判断其绝缘状态;超声波检测技术可用于检测架空线路的绝缘子局部放电,当绝缘子表面污秽或内部存在缺陷时,在潮湿天气或电压作用下可能会发生局部放电。超声波检测仪可以检测到局部放电产生的超声波信号,帮助检修人员及时发现绝缘子的缺陷,采取清扫或更换等措施进行处理。

3 带电检测技术应用中的现存问题

3.1 检测精度受环境干扰

带电检测技术在实际应用中,检测精度容易受到环境因素的干扰。例如,红外测温技术受环境温度、湿度、风速等因素的影响较大。在高温环境下,设备的散热条件变差,可能会导致测温结果偏高;在潮湿环境中,设备表面的水汽可能会影响红外辐射的传播,导致测温不准确。超声波检测技术在嘈杂的环境中,容易受到外界噪声的干扰,影响对设备内部局部放电信号的检测和识别。特高频检测技术在复杂的电磁环境中,可能会受到其他电磁信号的干扰,导致检测到的信号不准确^[3]。

3.2 老旧设备适配性差

配网中存在大量的老旧电力设备,这些设备的设计标准和运行特性与新设备存在较大差异。带电检测技术

在应用于老旧设备时,可能会出现适配性问题。例如,一些老旧开关柜的结构设计不合理,内部空间狭小,给超声波检测和特高频检测传感器的安装带来困难;老旧变压器的绝缘材料和结构与新变压器不同,其局部放电的特征参数也可能存在差异,导致现有的带电检测技术难以准确判断老旧设备的绝缘状态。

3.3 检测标准不统一

目前,带电检测技术在配网电力设备运检中的应用还缺乏统一的检测标准。不同的检测方法和设备制造商可能采用不同的检测参数和评判准则,导致检测结果缺乏可比性。例如,对于红外测温技术,不同的行业标准和规范对设备不同部位的温度限值规定可能不同;对于超声波检测和特高频检测技术,对于局部放电的严重程度评判标准也存在差异。这使得检测人员在判断设备状态和制定检修策略时面临困难,影响了带电检测技术的应用效果。

4 提升带电检测技术在配网运检中应用效果的优化策略

4.1 技术优化策略

针对检测精度受环境干扰的问题,可以采用环境补偿技术和抗干扰算法。例如,在红外测温技术中,通过建立环境温度、湿度等参数与设备温度的修正模型,对测温结果进行实时修正,提高测温精度。在超声波检测和特高频检测技术中,采用先进的数字信号处理算法,滤除外界噪声和干扰信号,提取有效的检测信号。对于老旧设备适配性差的问题,开展针对性的技术研发和改进。根据老旧设备的特点,开发专用型的带电检测传感器和检测设备,优化检测方法和流程,提高带电检测技术对老旧设备的适应性。例如,设计小型化的超声波传感器,方便在老旧开关柜内安装;研究老旧变压器局部放电的特征参数,建立适合老旧变压器的局部放电评判标准。

4.2 管理与运维优化策略

建立统一的带电检测标准和规范。行业协会和相关管理部门应组织专家制定统一的带电检测技术标准,明确不同检测方法的检测参数、评判准则和检测周期等,使带电检测工作有章可循。同时,加强对检测人员的培训和

考核,确保检测人员熟悉并严格执行检测标准,提高检测工作的规范化和标准化水平。建立完善的带电检测数据库,对检测数据进行集中存储和管理^[4]。利用大数据分析和人工智能技术,对检测数据进行深度挖掘和分析,建立设备状态评估模型,实现设备状态的实时监测和故障预警。通过对历史检测数据的分析,总结设备故障的规律和趋势,为设备的检修和维护提供科学依据。

4.3 成本与资源优化策略

合理配置带电检测资源。根据配网设备的类型、数量和运行状况,科学规划带电检测设备的配置数量和检测人员的安排,避免资源的浪费和闲置。同时,采用集中检测和区域协作的方式,提高带电检测设备的使用效率和检测人员的工作效能。带电检测技术的研发和应用需要一定的资金投入,除了电力企业自身的投入外,可以积极争取政府的政策支持和资金补贴,引导社会资本参与带电检测技术的发展。例如,通过建立产学研用合作平台,整合高校、科研机构和企业资源,共同开展带电检测技术的研发和应用,降低研发成本和风险。

结束语

本文综述了带电检测技术在配网电力设备运检中的应用情况,分析了其在配电变压器、开关柜、电力电缆及架空线路等关键设备运检中的重要作用,同时也指出了技术应用中存在的挑战。通过提出技术优化、管理与运维优化及成本与资源优化等策略,为带电检测技术在配网电力设备运检中的应用提供有益的改进建议。未来,随着技术的不断进步和应用经验的积累,带电检测技术将在配网电力设备运检中发挥更加重要的作用,为电网的安全稳定运行提供有力保障。

参考文献

- [1]许显梅,宋博,马永超.一次设备带电检测故障诊断技术及运用[J].电气技术与经济,2024,(08):158-160+164.
- [2]范柏毓.带电检测技术在电力设备故障诊断中的有效性分析[J].张江科技评论,2024,(09):40-42.
- [3]郭超,周波,谭学敏,等.GIS隔离开关内悬浮放电缺陷带电检测与解体分析[J].高压电器,2021,57(5):168-174.
- [4]张志刚,李瑾,崔晓峰.带电检测技术在配网电力设备运检中的应用研究[J].电力设备管理,2025(7):146-148.