

变电一次设备带电检测技术的应用要点与实践研究

陈泓岩

国网银川供电公司 宁夏 银川 750000

摘 要: 变电一次设备带电检测技术对保障电网安全稳定运行意义重大。该技术在设备不停电状态下开展检测,具有实时监测、不影响供电等优势,涵盖红外热成像、紫外成像等多种类型。其应用要点包括适配检测环境、选准校准仪器、联合运用多技术、科学规划周期以及提升人员资质与操作水平。实践效果评估表明,该技术能提高设备缺陷诊断精准度,提升电网供电稳定性,降低运维成本,增强安全风险防控成效,为电力系统的可靠运行提供有力支撑。

关键词: 变电一次设备; 带电检测技术; 应用要点; 实践研究

引言: 在现代社会,电力供应的稳定性与安全性至关重要,变电一次设备作为电力系统的核心组成部分,其运行状态直接影响着整个电网的性能。传统的停电检测方式存在诸多弊端,如影响电力供应、无法实时反映设备状态等。随着科技的发展,变电一次设备带电检测技术应运而生。该技术能在设备不停电的情况下进行检测,及时发现潜在故障隐患。深入研究其应用要点与实践效果,对于提高设备运行可靠性、降低运维成本、保障电网安全稳定运行具有重要的现实意义。

1 变电一次设备带电检测技术概述

在电力系统中,变电一次设备是保障电力稳定传输和分配的关键环节,其运行状态直接关系到电网的安全性与可靠性。变电一次设备带电检测技术应运而生,成为实时监测设备状态、及时发现潜在故障的重要手段。带电检测技术,是指在设备不停电的运行状态下,采用便携式检测设备对设备状态量进行现场检测。与传统的停电检测相比,它具有不影响电力供应、能实时反映设备运行状态等显著优势,可有效避免因停电检测带来的经济损失和供电中断问题,满足现代社会对电力持续供应的需求。目前,常见的变电一次设备带电检测技术有多种类型。红外热成像技术是其中应用广泛的一种,它通过检测设备表面的温度分布情况,能快速发现因过电压、电流过大等原因导致的发热故障隐患。检测后,将红外图谱信息保存,便于后续管理和维护^[1]。紫外成像技术则适用于检测电力设备在室外环境下,因附着污染物而产生的放电现象。超声波局部放电检测技术主要用于开关柜和架空线路的局部放电检测,能精准定位放电位置。高频、特高频局放检测技术检测频率更高,可对变压器、电抗器等多种设备是否存在局部放电做出较为精准判断。带电检测技术的应用,对于保障变电一

次设备的安全运行具有重要意义。它能够及时发现设备的早期缺陷和潜在故障,为设备的状态检修提供科学依据,从而避免设备故障的进一步恶化,减少停电事故的发生,提高电网的供电可靠性和稳定性。

2 变电一次设备带电检测技术的应用要点

2.1 检测环境适配性

检测环境适配性是变电一次设备带电检测技术应用的前提条件,检测结果的准确性与环境因素密切相关。(1) 温度与湿度控制。带电检测应在适宜的温湿度条件下进行,一般要求环境温度不低于五摄氏度、相对湿度不大于百分之八十,避免在雨、雪、大雾等恶劣天气下开展检测,防止凝露和潮气影响测量数据的真实性。(2) 电磁环境评估。变电站内强电磁干扰会严重影响超声波、特高频等检测手段的灵敏度,检测前应评估现场干扰水平,必要时采取屏蔽、滤波及背景噪声测量等抗干扰措施。(3) 检测距离与安全范围界定。依据设备电压等级确定检测人员与带电部件的安全距离,合理选择检测仪器安装位置和传感器布点,确保既满足安全要求又不影响信号采集效果。(4) 设备运行状态确认。检测宜在设备处于正常带电运行状态下进行,避开倒闸操作、负荷剧烈波动等过渡工况,保证检测条件的一致性和数据的可比性。(5) 环境记录与数据修正。详细记录检测时的环境温度、湿度、负荷电流等参数,为后续数据的横向比较和趋势分析提供修正依据。

2.2 检测仪器选型与校准

检测仪器选型与校准是保证变电一次设备带电检测数据准确可靠的关键环节,仪器性能的优劣直接影响缺陷判断的灵敏度和可信度。(1) 合理选择仪器类型。应根据被测对象和检测目的,选择超声波检测、特高频检

测、红外热成像、油色谱分析等相适应的检测手段,实现多技术手段优势互补,避免单一方法造成漏判。(2) 关注仪器性能指标。选型时应重点考察仪器的灵敏度、测量范围、分辨率及抗干扰能力等关键指标,确保其满足现场检测需求,并优先选用经过实践验证的成熟产品。(3) 严格执行周期校准制度。检测仪器必须按照规定周期送至有资质的计量机构进行检定或校准,取得合格证书后方可投入使用,超期未检的仪器严禁用于现场检测。(4) 开展使用前功能核查。每次现场检测前,应对仪器进行自检和功能核查,利用标准信号源或比对方法验证仪器工作状态正常,发现异常及时停用检修。(5) 建立仪器管理台账。对仪器设备的型号、编号、校准日期及使用状态进行动态管理,做好维修保养记录,确保仪器始终处于受控状态。

2.3 多技术联合检测协同

多技术联合检测协同在变电一次设备带电检测中极为关键,可充分发挥不同检测技术的优势,提高检测结果的准确性和可靠性。在检测过程中,不同技术针对的设备故障类型有所不同。例如,红外热成像技术侧重于检测设备的发热故障,通过捕捉设备表面的温度分布,能快速定位可能存在的过热点;而超声波局部放电检测技术则对设备内部的局部放电现象更为敏感,可精确定位放电位置。将这两种技术结合使用,当红外检测发现设备存在异常发热时,利用超声波检测进一步判断是否是由局部放电引起的发热,从而更准确地诊断故障原因。高频、特高频局放检测技术与其他技术的协同也十分重要^[2]。它能检测到设备内部更微弱的局部放电信号,与紫外成像技术联合,可从不同角度对设备的放电情况进行监测。紫外成像技术可直观地观察到设备表面的电晕放电现象,高频、特高频局放检测技术则能深入检测设备内部的放电情况,两者相互补充,能更全面地评估设备的绝缘状态。

2.4 检测周期科学规划

检测周期科学规划是变电一次设备带电检测技术应用的关键要点,合理的检测周期能保障设备稳定运行,及时发现潜在故障。规划检测周期需综合考虑设备类型,不同的变电一次设备,如变压器、断路器、互感器等,其结构、性能和运行环境各异,故障发生规律也不同。像变压器作为核心设备,承担着电压转换等重要任务,运行中承受的电磁和热应力较大,检测周期应相对较短;而一些辅助设备,在运行条件相对稳定时,检测周期可适当延长。设备的运行年限也是重要考量因素,新投入运行的设备,在初始阶段性能相对稳定,可适当

拉长检测间隔;但随着运行时间增加,设备的老化、磨损问题逐渐凸显,检测周期就需相应缩短,以便及时发现老化带来的故障隐患。运行环境对设备影响显著,处于恶劣环境,如高温、高湿度、强腐蚀地区的设备,更容易出现故障,应缩短检测周期;而环境条件良好地区的设备,检测周期可适当放宽。

2.5 检测人员资质与操作

检测人员资质与操作是变电一次设备带电检测技术应用的关键环节,直接影响检测结果的准确性和设备运行的安全性。检测人员需具备相应资质,应经过专业培训,取得相关检测资格证书,熟悉各类检测技术的原理、方法和操作流程。同时,要掌握变电一次设备的结构、性能和运行特点,了解电力系统的安全规范和操作规程,具备丰富的现场运行经验和较强的数据分析能力。在操作方面,检测人员要严格遵循标准化作业程序。检测前,需做好充分准备,包括设备外观检查、绝缘电阻测量及周围环境核查等,确保检测环境安全、设备无外力损伤且防污闪措施有效^[3]。检测过程中,要准确设置检测参数,按照规定的检测点位和顺序进行操作,认真记录检测数据。检测后,及时整理检测记录,分析数据异常,编制详细的检测报告。此外,检测人员还应具备良好的安全意识和应急处理能力,遇到异常情况能迅速启动应急预案,保障自身和设备的安全。

3 变电一次设备带电检测技术的实践效果评估

3.1 设备缺陷诊断精准度

设备缺陷诊断精准度是衡量变电一次设备带电检测技术应用效果的核心指标,直接决定了检测工作的实际价值和缺陷处理的及时性。(1) 缺陷检出率。通过统计带电检测发现的缺陷数量与设备实际存在缺陷总数的比值,评估检测技术对潜伏性缺陷的识别能力,特别是对局部放电、绝缘劣化等早期缺陷的灵敏捕捉水平。(2) 缺陷定位准确性。评估超声波、特高频等检测手段对放电源、过热点等缺陷部位的定位精度,准确的定位能够指导检修方案的针对性制定,减少盲目解体检查。(3) 缺陷性质判断能力。结合特征图谱分析、横向纵向数据比对等方法,评估对缺陷类型、严重程度及发展趋势研判的准确程度,为缺陷分级分类处置提供科学依据。(4) 误判与漏判率分析。统计误报和漏报缺陷的比例,分析其原因是否源于检测方法局限、仪器灵敏度不足或人员判读水平欠缺,为检测策略优化指明方向。(5) 诊断结果验证情况。通过停电试验、解体检查等手段对带电检测诊断结论进行验证比对,核实诊断意见与设备实际状况的吻合程度,形成完整的闭环评估。

3.2 电网供电稳定性提升

变电一次设备带电检测技术对电网供电稳定性提升效果显著。该技术能实时监测设备运行状态,及时发现潜在故障隐患,避免设备故障引发的停电事故,保障电网持续稳定供电。通过带电检测技术,可提前发现设备绝缘老化、局部放电等问题,在故障发生前进行处理,减少突发停电的概率^[4]。例如,对变压器进行高频、特高频局放检测,能及时察觉内部绝缘缺陷,采取相应措施防止故障扩大,确保变压器正常运行,维持电网电压稳定。带电检测还能为设备的状态检修提供依据,实现精准检修。根据检测结果,合理安排设备的检修时间和项目,避免过度检修或检修不足,提高设备的可靠性和使用寿命。同时,减少了因计划检修导致的停电时间,提高了电网的供电可靠性。此外,带电检测技术的应用有助于优化电网运行调度。

3.3 运维成本降低效益

运维成本降低效益是评估变电一次设备带电检测技术实践效果的重要经济指标,充分体现了以状态检修取代计划检修的管理价值。(1)减少停电损失。带电检测无需设备停电即可完成状态评估,大幅减少因计划性试验造成的停电时间,降低了因停电造成的售电量损失和对用户供电可靠性的影响。(2)降低检修费用。通过带电检测准确掌握设备健康状况,避免不必要的例行解体检修,减少检修用工、材料消耗及车辆机具等费用支出,实现检修资源的精准投放。(3)延长设备使用寿命。及时发现并消除潜伏性缺陷,避免缺陷恶化导致的设备损毁,延缓设备整体更换周期,节约了固定资产的大额更新投资。(4)降低事故损失。提前预警设备故障风险,有效防范突发停电事故和设备损毁事故,避免了事故抢修的高额费用、赔偿责任及不良社会影响。(5)优化人力资源配置。带电检测工作劳动强度相对较低、效率较高,减少了频繁停电试验的人员投入,使运维人员能够将精力集中于设备状态分析和精细化管理,提升整体运维效能。

3.4 安全风险防控成效

变电一次设备带电检测技术在安全风险防控方面成效显著。该技术能在设备运行状态下检测,及时发现潜

在安全隐患,避免设备故障引发的安全事故。带电检测可有效识别设备绝缘缺陷,通过高频、特高频局放检测等技术,能捕捉到设备内部微弱的局部放电信号,提前发现绝缘老化、受潮等问题,防止绝缘击穿导致的短路、接地等事故,保障人员和设备安全。对于设备过热故障,红外热成像检测技术能快速定位过热点,分析发热原因。在设备温度异常升高初期就发出预警,运维人员可及时处理,避免因过热引发的火灾、爆炸等严重后果。该技术还有助于降低运维人员的作业风险^[5]。传统停电检测需设备停电,操作过程复杂且存在误操作风险。而带电检测减少了停电次数和时间,降低了运维人员在停电、送电操作中的安全风险。此外,带电检测积累的数据可用于建立设备状态评估模型,预测设备故障发展趋势,提前制定防控措施,进一步提升安全风险防控水平,保障电网安全稳定运行。

结语

未来,变电一次设备带电检测技术将朝着智能化、精准化、集成化方向大步迈进。随着人工智能、大数据等前沿技术的深度融合,检测设备将具备更强的自主分析与诊断能力,能快速精准识别潜在故障。多技术联合检测将更加高效协同,实现对设备全方位、全生命周期的状态监测。同时,检测标准和规范会不断完善,为技术应用提供更坚实的保障。人员培训体系也将持续优化,打造出专业能力过硬的检测队伍。

参考文献

- [1] 张彩虹,任浩天.变电站一次设备带电测试故障诊断技术与实践优势分析[J].电气技术与经济,2024,(9):298-300+303.
- [2] 魏家鸣.带电检测技术在变电运维中的应用[J].科学与信息化,2023,(23):31-33.
- [3] 陈凯.一次设备带电检测故障诊断技术的应用[J].光源与照明,2026,(1):135-137.
- [4] 王利伟.带电检测技术在电气设备安全运维工作中的应用实践[J].大众科技,2026,28(3):75-78+82.
- [5] 汪志强,孔维弟.变电站一次设备带电检修机器人双轴控制技术[J].东北电力技术,2025,46(1):13-16.