

新能源电站电气系统电检查规范与智能化实施方案

周嘉宁¹ 温乐²

1. 内蒙古电力(集团)有限责任公司薛家湾供电分公司 内蒙古 鄂尔多斯 010300

2. 内蒙古元瑞电建有限责任公司 内蒙古 鄂尔多斯 010300

摘要:在“双碳”目标推动下,光伏、风电等新能源电站成能源转型核心其电气系统稳定运行关乎发电效率与安全。当前传统电检查模式存在标准模糊、效率低、隐患识别滞后等问题,制约运维质量提升。本文以新能源电站电气系统为研究对象,梳理其类型与组成,明确电检查规范制定原则,构建完善规范体系。结合智能传感等技术,提出涵盖架构、选型、开发的智能化路径,实现电检查向数据驱动转变,提升运维水平,助力新能源产业高质量发展。

关键词:新能源电站;电气系统;检查规范;智能化方案

引言:随着新能源产业快速发展,电站电气系统规模与复杂度持续提升,传统电检查模式效率低、精准度不足,难以适配安全运维与高效运行需求。构建智能化检查实施方案,依托数字化技术优化检测流程、提升隐患识别能力,为新能源电站安全稳定运行提供技术支撑与实践指引。

1 新能源电站电气系统概述

1.1 新能源电站类型

新能源电站以可再生能源为发电来源,主要分为光伏电站与风力发电站两大主流类型,二者在应用场景与运行特性上存在显著差异。光伏电站依据安装方式可分为集中式与分布式,集中式电站多建于荒漠、高原等光照充足区域,装机容量通常在数十兆瓦以上,如新疆大型地面光伏电站;分布式电站则依托建筑屋顶、工业厂区等场景部署,装机规模从数千瓦到兆瓦级不等,适配工商业与用户需求。风力发电站按选址可分为陆上风电场与海上风电场,陆上风电场受地形影响较小,在草原、山区广泛分布;海上风电场依托丰富的海风资源,具有发电效率高、不占用土地资源的优势,但运维环境更为复杂。随着储能技术发展,光储一体化、风光储互补电站逐渐兴起,通过多能源协同提升供电稳定性,成为新能源电站的重要发展方向。

1.2 电气系统组成与功能

新能源电站电气系统是实现能量转换与传输的核心,尽管光伏与风电类型存在差异,但整体均由能量转换、电能汇集、传输控制及监控保护四大模块组成。光伏电站中,光伏组件将光能转化为直流电,经汇流箱汇总后传输至逆变器,完成直流到交流的转换;风力发电站则通过风轮驱动发电机产生电能,经变流器调节电压与频率。两类电站的电能均需通过集电线路汇集至升压站,由变

压器将电压升至电网接入标准,再通过并网装置实现与公共电网的连接^[1]。系统的控制模块包含PLC控制器、继电器等设备,负责调节发电功率与运行状态;监控保护模块则依托传感器与保护装置,实时监测电压、电流、温度等参数,当出现过流、过压、短路等故障时,迅速触发跳闸等保护动作,保障设备安全与电网稳定,实现能量的高效、安全传输。

2 新能源电站电气系统电检查规范制定原则

2.1 安全性原则

安全性是新能源电站电气系统电检查规范的核心准则,直接关系到设备运行安全与运维人员生命安全,需贯穿检查全流程。规范制定需严格遵循《电力安全生产操作规程》等国家标准,明确带电作业的安全距离、绝缘防护要求,例如在检查10kV集电线路时,作业人员与带电体距离不得小于0.7米。针对光伏组件清洗、逆变器检修等高频作业,需规定停电验电、挂接地线等前置流程,避免触电事故。同时,规范需明确故障应急处置措施,如遇设备起火时,先切断电源再使用干粉灭火器扑救,禁止直接用水灭火。考虑极端环境下的安全保障,如高原电站检查需防范缺氧风险,海上风电场需强化防腐蚀检查,通过细化安全操作标准,构建全方位的安全防护体系。

2.2 全面性原则

全面性原则要求电检查规范覆盖电气系统的所有设备、环节及运行场景,避免因检查疏漏留下安全隐患。规范需明确对核心设备的检查要求,包括光伏组件、逆变器、风电机组、变压器、断路器等,同时不能忽视汇流箱、电缆接头、接地系统等辅助设备。从系统环节来看,涵盖能量转换、电能汇集、升压传输、监控保护等全链条,既检查设备本体性能,也关注设备间的连接可靠性。

针对不同运行场景,如并网运行、储能充放电、故障抢修等,制定对应的检查内容,例如并网时需重点检查电压相位与电网的匹配性,储能充放电时需监测电池温度与充放电电流。规范还应包含对检查人员资质、仪器设备状态的要求,确保检查主体与工具的可靠性,实现检查范围的无死角覆盖。

2.3 科学性原则

科学性原则强调电检查规范需依托电气设备运行规律与技术特性,结合新能源电站的工况特点制定,确保检查内容与方法符合客观实际。规范制定需基于设备的失效机理,如光伏组件热斑故障与散热条件相关,因此需将组件温度分布检测纳入重点内容;风电机组轴承磨损与振动频率相关,需明确振动监测的技术指标。检查方法的选择需兼顾准确性与经济性,如采用红外热成像技术检测电缆接头温度,较传统手摸检测更精准高效^[2]。同时,规范需结合新能源电站的间歇性特点,针对光照、风速变化对电气参数的影响,制定动态的检查标准,例如在光照强烈时段加密逆变器输出功率的监测频次。

2.4 可操作性原则

可操作性原则要求电检查规范内容具体、流程清晰,便于一线运维人员实际执行,避免抽象模糊的表述。规范需明确各检查项目的操作步骤,例如检查光伏组件时,需规定“先清理表面污渍,再用万用表测量开路电压,最后通过红外仪检测温度”的操作流程。对于检查指标,需采用量化标准而非定性描述,如明确逆变器输出电压波动范围应控制在额定值的 $\pm 5\%$ 内,接地电阻需小于 4Ω 。规范还应适配不同运维场景的需求,针对偏远电站运维人员技术水平差异,配备图文并茂的操作说明;对于复杂检测仪器,如电能质量分析仪,需简化操作步骤指引。

3 新能源电站电气系统电检查规范制定

3.1 电检查项目与内容

新能源电站电气系统电检查项目需按设备类型与系统环节分类,确保内容详实具体。光伏组件检查包括表面有无裂纹、污渍,用红外热像仪检测有无热斑,测量开路电压与短路电流;逆变器检查涵盖输入输出电压电流、功率因数,风扇运行状态及散热情况,显示屏故障代码与告警信息。风电机组变流器需检查模块温度、电容状态,发电机需监测定子绕组绝缘电阻与轴承振动值。升压站设备中,变压器重点检查油位、油色及绝缘油介损,断路器需测试分合闸时间与接触电阻,隔离开关检查触头有无烧蚀。集电线路检查包括电缆绝缘层破损情况,接头温度(正常运行不超过 70°C),接地线路连接可靠性。检查监控系统数据采集的准确性,保护装置的動作

逻辑与定值设置,确保各设备与系统运行参数符合要求。

3.2 电检查标准与周期

电检查标准需依据国家与行业规范制定,周期则结合设备运行特性与故障风险确定。光伏组件开路电压偏差应在 $\pm 2\%$ 以内,无热斑(温度高于周边 20°C 为异常),检查周期为每月1次;逆变器输出频率稳定在 $50\text{Hz} \pm 0.5\text{Hz}$,功率因数 ≥ 0.9 ,每日进行在线监测,每月全面检修。风电机组变流器模块温度不超过 85°C ,发电机绝缘电阻 $\geq 1\text{M}\Omega$,每季度检查1次。变压器绝缘油介损值(20°C) ≤ 0.005 ,油位在油标 $1/4$ - $3/4$ 之间,每半年检测1次油质,每月检查外观;断路器分合闸时间偏差 $\leq 10\%$,每年进行1次特性测试。集电线路电缆绝缘电阻 $\geq 10\text{M}\Omega/\text{km}$,接头温度不超过 70°C ,每月红外检测1次,每两年进行1次绝缘电阻测试。监控系统数据采集误差 $\leq 1\%$,保护装置每月进行1次定值核对与功能测试^[1]。

3.3 电检查流程与方法

电检查需遵循“准备-实施-记录-整改”的闭环流程,采用专业仪器与规范方法确保检查质量。准备阶段需制定检查计划,明确人员分工,准备万用表、红外热像仪、绝缘电阻表等仪器并校准,办理停电作业票(如需)。实施阶段先进行外观检查,再开展电气参数测量,光伏组件采用“逐块检测+抽样复测”方式,逆变器通过监控平台调取历史数据与实时监测结合。升压站设备中,变压器采用油质取样分析与红外检测结合,断路器使用接触电阻测试仪测量导电性能。集电线路可借助无人机航拍排查线路外观缺陷,地面配合红外仪检测接头温度。检查过程中需实时记录数据,填写《电气设备检查记录表》,对异常数据标注说明。检查结束后,对问题设备分类汇总,制定整改方案,明确整改时限与责任人,整改完成后进行复检确认。

4 新能源电站电气系统智能化实施方案

4.1 智能化技术应用概述

智能化技术为新能源电站电气系统电检查提供了高效解决方案,通过多技术融合实现检查的自动化、精准化与远程化。智能传感技术是数据采集的核心,部署在光伏组件的温度传感器、风电机组的振动传感器,可实时采集设备运行参数,替代传统人工巡检的主观判断。5G与工业以太网技术保障数据传输的实时性,将偏远电站的监测数据快速上传至云端平台。AI与大数据分析技术实现隐患智能识别,通过构建故障诊断模型,对电压波动、温度异常等数据进行分析,提前预警组件老化、接头松动等潜在故障。数字孪生技术构建电站虚拟模型,将实时监测数据与虚拟设备联动,实现设备状态的可视化监控

与模拟分析。

4.2 智能化系统架构设计

新能源电站电气系统智能化检查系统采用“云-边-端”三级架构,实现数据采集、处理与应用的分层协作。终端层为数据采集终端,包括部署在各设备的智能传感器(温度、电流、振动传感器)、红外摄像头、智能电表等,负责实时采集设备运行参数与图像数据。边缘层部署在电站本地,由边缘计算网关与本地服务器组成,对终端层数据进行预处理,过滤噪声数据并完成初步分析,如判断电压是否超标,实现本地快速告警响应,减少数据传输压力。云端层为远程监控平台,部署在云服务器,对边缘层上传的数据进行深度分析,利用AI模型进行故障诊断与趋势预测,存储历史数据并生成统计报表^[4]。三级架构通过5G网络实现数据交互,终端层与边缘层保障实时性,云端层实现全局管控与数据分析,形成完整的智能化检查体系。

4.3 智能化设备选型与配置

智能化设备的选型必须紧密结合电站的具体类型以及检查的实际需求,以此确保所选设备性能稳定可靠、适配性良好。对于光伏电站而言,光伏组件可选用集成温度传感器的智能组件,其温度测量精度需达到 $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$,并且支持RS485通信,这样能精准获取组件温度信息并及时上传。逆变器则要具备智能通信接口,能够将输出功率、电压等关键参数上传至监控平台,方便运维人员实时掌握运行状况。风电机组方面,需配置高精度振动传感器,测量范围设定在0-20mm/s,频率响应为2-1000Hz,可实时监测轴承运行状态,提前发现潜在故障。升压站应部署智能红外热像仪,分辨率不低于 640×480 ,测温范围在 -20°C - 300°C ,实现设备温度的非接触式监测。同时选用具备远程分合闸功能与状态反馈接口的智能断路器。数据传输设备选用支持5G与以太网双模的边缘网关,在无5G信号区域可自动切换至有线传输。配置续航时间不低于30分钟的无人机,搭载高清摄像头与红外模块,用于集电线路巡检,大幅提升线路检查效率。

4.4 智能化系统软件平台开发

智能化系统软件平台需要具备数据管理、智能诊断、

可视化监控等核心功能,以充分满足运维人员的操作需求。平台采用B/S架构,支持电脑与移动终端访问,方便运维人员随时随地获取信息。数据管理模块可实现多源数据的统一存储与分类管理,支持按照设备类型、时间等条件查询历史数据,且数据存储周期不低于3年,为故障分析和运维决策提供丰富的数据支持。智能诊断模块内置基于机器学习的故障诊断模型,通过训练光伏组件热斑、逆变器故障等大量样本数据,能够自动识别异常数据并准确判断故障类型,生成详细的诊断报告并及时推送告警信息。可视化监控模块采用数字孪生技术构建电站三维模型,将实时运行参数与设备状态叠加至模型上,让运维人员直观地了解各设备的运行情况。平台还需具备报表生成功能,可自动生成日、月、年度检查报告,并支持自定义报表格式。同时开发移动端APP,实现告警信息推送与远程巡检任务派发,进一步提升运维的便捷性和高效性。

结束语

新能源电站电气系统安全稳定运行对产业发展意义重大,电检查规范完善与智能化技术应用是解决传统运维难题的有效途径。本文制定的规范,遵循安全性等原则,明确检查项目、标准与流程,为运维提供统一依据;智能化方案借“云-边-端”架构与多技术融合,实现高效精准电检查。其落地能降低设备故障率、提升发电效率、减少运维成本。未来,随AI大模型与数字孪生技术发展,电检查将向预测性维护升级,为能源转型提供更坚实技术支撑。

参考文献

- [1]杨洁,刘彦虹.新能源电气系统智能化继电保护技术的研究与应用[J].电力系统保护与控制,2020,48(2):30-36.
- [2]李明.风力发电电气系统优化设计与应用[J].电力电子技术,2022,56(6):125-128.
- [3]王丽.光伏发电电气系统性能提升策略研究[J].太阳能学报,2021,42(8):110-115.
- [4]王逊,侯丽君.新能源并网对继电保护系统的影响及其应对策略研究[J].全面腐蚀控制,2024,38(12):70-72.