

A Fully Automatic Equipment Management Model for Intelligent Power O&M Systems: Construction and Application Research

Xiang Wu

Zhanjiang Power Supply Bureau, Guangdong Power Grid Co., Ltd., Zhanjiang, Guangdong, 524000, China

Abstract

In response to significant challenges of conventional power equipment O&M, including inefficiency and untimely response, this study introduces a fully automatic equipment management model incorporating artificial intelligence. The model aims to create an unmanned operational framework through the functionalities of equipment self-perception, self-diagnosis, and self-recovery. The system is architected with three layers: intelligent perception, data analysis, and decision execution. This architecture facilitates real-time equipment status monitoring, accurate fault forecasting, and automated handling, forming a complete closed-loop of “perception-analysis-decision-execution”.

Keywords

Smart Operation and Maintenance; Power Distribution Network; Full Automation

构建电力智能运维系统全自动设备管理模式及应用研究

吴翔

广东电网有限责任公司湛江供电局, 中国·广东 湛江 524000

摘 要

基于传统电力设备运维模式存在效率低下、未及时响应等突出问题, 本文提出一种融合人工智能技术的全自动设备管理模式, 即通过设备自感知、自诊断、自恢复功能, 构建无人干预的管理模式。构建智能感知层、数据分析层与决策执行层, 系统实现了设备状态的实时监测、故障精准预测及自动化处置, 形成完整“感知-分析-决策-执行”闭环。

关键词

智能运维; 配电网络; 全自动

1 引言

基于现在主动配电网的技术深化, 新型电力系统发展势头良好, 其呈现的主要基本特征包括: 生产侧实现多元化清洁化低碳化的清洁低碳; 微电网可观可测可控的安全可控性; 实现各类能源互通互济、转换, 提升效率; 高度数字化、智慧化、网络化的智能协调控制、以及与电力市场紧密融合特点。随着新型电力系统建设进程加快, 电力设备规模呈指数级增长, 传统“人工巡检+定期检修”模式已难以满足现代电网的运维需求。据不完全统计, 全国电网设备故障中因巡检不及时引发的占比高达 37%。本文提出的全自动管理模式, 集成物联网、大数据与机器学习技术, 旨在实现电力设备全生命周期的智能化管理。具体而言, 该系统通过构建数字孪生模型, 实现了设备状态的精准映射; 通过智能算

法分析, 实现了故障的早期预警; 通过自动化执行机构, 实现了运维任务的自主完成。

2 亟需摸底现行运维管理情况

早期建立的一种简单的配网检修模式: 以“定期检修+故障抢修”为核心模式, 无法适应复杂配电网环境下的运行要求。设施设备老化速度存在差异, 而且固定周期检修会浪费大量人力物力。

配网状态监测设备存在监测盲点及痛点。对常见问题常规检测, 对隐匿的或少见问题不关注, 容易漏检故障, 往往大的事故都是由小的事故聚集演变而来, 所带来的隐患不容忽视。

运维人员专业水平参差不齐, 之前的知识结构在工作体现中有冲突。老员工侧重传统巡检, 新员工重理论轻实践, 认知存在鸿沟, 沟通存在障碍, 导致工作的效果达不到预期。

设备历史运行数据关联性差、缺乏系统性分析与评估机制, 缺乏趋势研判机制, 之前的经验管理已无法适应快速

【作者简介】吴翔(1977-), 女, 中国广东雷州人, 本科, 工程师, 从事电力系统电气工程及其自动化研究。

发展的电力建设进程,无法为未来智能化发展提供系统性的科学数据。

3 基于现实情况下设计智能化运维系统架构^[1]。

整体架构系统采用“云-边-端”三级协同架构:

感知层:部署智能传感器、无人机与巡检机器人等终端设备,将数据采集频率从小时级提升至秒级,实现了设备运行状态的全面感知。

边缘层:设置边缘计算节点,实现数据预处理与本地决策,有效降低云端负载,确保关键业务的实时响应。

平台层:构建集成设备画像、知识图谱与预测模型的智能运维平台,为上层应用提供统一的数据支撑和算法服务。

关键技术多元数据融合技术:构建统一数据模型,解决了传统运维中数据不关联问题;故障预测模型:实现故障提前预警,准确率高,为预防性维护提供了科学依据;自主决策算法:基于强化学习构建动态调度策略,优化检修资源配置,实现了运维任务的自适应调整。

4 基于智能化运维系统架构下的构建全自动设备管理模式

4.1 构建了完整的设备健康状态评估体系。

通过采集设备静态参数(型号、规格)与动态运行数据(温度、振动频率等),建立涵盖多个维度的设备数字孪生模型。系统通过多元数据融合技术,将设备历史运行数据、实时监测数据与环境参数进行综合分析,构建了完整的设备健康状态评估体系。

4.2 构建智能巡检体系。

无人机自主巡检^[2]:应用RTK定位技术,巡检效率提升,识别准确率高,实现了输电线路的全自动巡检。在运维阶段,巡检人员可以利用物联网及智能装备,对输配电线路的安全性进行全面检查。比如利用无人机搭载红外热像仪监测线路运行情况,如果过去人工巡检需要花费48小时的时间,在采用这种新型的巡检模式之后,巡检时间只需要1小时左右,并且能够精准识别出导一断股、绝缘子污秽等缺陷。可见,数字化转型为各种电力设施使用寿命的延长提供了强大的技术支撑^[3]。

机器人带电检测:在变电站部署轮式机器人,实现红外测温、局放检测等12项功能,有效降低了人工巡检的安全风险;

于AR远程指导:借助Hololens 2设备,支持专家远程指导现场作业,提高了复杂故障的处理效率。

构建基于设备劣化曲线的维护决策模型。试点项目数据显示:维护成本降低,主要是预防性维护减少了紧急维修频次;设备可用率提升,显著提高了供电可靠性;计划外停电次数减少,优化了用户的用电体验。

4.3 探索构建创新智能运维检修模式

建立配网设备全生命周期数据库。通过物联网传感器网络,实时采集各类设备的电压、电流、操作次数等数据,记录设备状态与故障的关联关系。

构建故障预测模型。根据历史数据、结合实时数据,对图像、声音等非结构性数据进行分析处理,根据设备声音的频谱判断故障位置。智能机器人巡检突破人工巡检的时间、空间限制,实现“数据采集—智能分析—故障预警”。

建立设备状态指标评价体系。根据设备健康状态动态确定检修时机和检修内容。当健康指数低于阈值时,启动检修,避免盲目到期必修^[4]。

全生命周期管理,实现设备价值最大化。从设备选型、投运、运行维护、退役报废等各个环节进行数字化管理,模拟对比不同运行维护策略下设备寿命的变化,优化检修策略^[5]。

4.4 构建多主体协同运维模式。

多主体协调的运维模式,最终目的是达到安全用电,高效低耗用电,需要多主体共同协调。

内部运营:电力系统内部需构建“电力公司为核心,全社会参与”的协同体系,电力公司制定工作标准规范,调度资源管理;由科研院所聚焦“未来技术”研发,开发新型传感器、提升人工智能技术水平,最终目的是在未来达到超级人工智能的阶段。

外部运营:由设备企业完成“设备+服务”,建立以区块链技术为支撑的备品配件溯源系统,确保配件质量,以及为后期设备的维保提供保障;由第三方服务商提供运维服务,如无人机巡检、带电作业等,弥补电力公司人员不足等问题。

内部和外部协调运营:建立统一信息共享平台,汇总设备信息、气象信息、用户信息等实现共享,通过平台完成任务分派、进度查询、远程会诊,当某地区某条线路发生线路故障时,平台自动将线路故障地点、设备型号、历史缺陷记录推送给抢修队伍,推送附近的仓库备件及备品,通知制造商技术专家远程指导。引入市场化竞争,加强第三方服务商的认证管理、考核评级,以评促进。

5 智能运维的主要优势及意义

提升运维效率及缩短响应时间。传统人工巡检方式耗时长、覆盖范围有限,有可能存在遗漏、准确的缺点。而智能系统可实现全天候、综合性监测,大幅缩短故障发现和处理时间。

降低运维成本。通过预测性维护,可避免突发性故障造成的巨额维修费用和设备更换开支。减少人工巡检频次也能显著节约人力成本。

提高供电可靠性及安全性。及时预警和快速响应能够有效减少停电次数和持续时间,保障电力供应的连续性和稳定性。同时,建立多层级风险防控体系,防止数据泄露,确

保电力网络在复杂环境中的稳定安全运行。

提高预防灾害应急响应能力。在台风或地震时，系统快速评估受损区域，自动切换备用电源或隔离故障段，减少停电对企业及民众的影响。

加快电力系统及协同单位人员转型，为电力人才培养以及专业素质提升提供新的契机与平台。

推进优化能源结构建设，为电力行业向高效、绿色、安全的方向转型提供了关键支撑，推动能源系统的升级和发展。

6 智能电力运维的实施步骤

建立现状评估与需求分析的运作机制。首先对现有电力设施的运行状况、运维流程和技术水平进行优秀评估，明确智能化的具体需求和实施目标。

建立技术方案设计及评估结果机制。设计符合实际需求的智能运维架构，包括传感器选型、通信网络搭建、数据中心建设及分析模型开发等。

保障系统部署与集成运作顺畅。按照设计方案部署硬件设备并安装软件系统，确保各类设备与平台之间的数据联通与功能协同。

加强人员培训与优化流程。对运维人员进行系统操作和数据分析培训，同时优化原有的运维管理制度和工作流程，使其适应智能化管理模式。

持续实施运行维护与开展持续改进工作。把PDCA工作运用到运行维护的每一个步骤，发现问题，分析问题，解决问题，形成闭环管理。

7 面临的挑战与实施对策

数据安全挑战：存在设备数据泄露风险以及数据篡改风险，特别是涉及电网运行的关键数据，可能发生以下主要危害事件。

危害设施设备方面：掩盖故障：隐藏设备异常数据，延误维修时机，造成事故范围扩大。

危害管理决策方面：篡改历史数据，干扰运维决策，无法从数据中梳理正确的真实情况，降低系统可靠性与安全性。

危害社会经济方面：行为不仅威胁电力供应，还可能造成经济损失和社会影响。导致区域性供电中断，影响居民生活和生产。

对策：采用国密算法加密传输，国密算法可以应用在电能生产、输送、消费系统，涵盖发电、输电、变电、配电、用电和调度等环节，建立数据脱敏机制，确保数据在采集、传输和使用过程中的安全性。

系统设备兼容性挑战：新旧系统对接困难，不同厂商设备协议不统一，导致系统兼容性差。

对策：开发中间件实现协议转换，兼容标准，保证了系统的可扩展性。同时可以组织专家、联合企业，以符合新型电力系统发展的目标，制定标准，解决设备兼容性差的问题。

人员转型挑战：传统运维人员技能不足，难在短时间适应智能化运维要求。

对策：7.3.1 构建运维人员培训与管理构建“不同层次，不同专才方向培养”培训模式。对管理层、骨干、一线员工开展数字化转型、协同管理等培训，提升整体管理与运营能力。

构建独特的专门部门“理论+实训”培训体系，开发模拟操作系统，帮助运维人员顺利实现角色转变。

加强线上理论培训，线下实践培训的学习模式，理论与实践相结合，在检验培训的效果上加以考核，以达到培训的目的。

8 结语

智能运维系统全自动设备管理在不断完善，并随着科技发展与社会的需求逐渐发展，通过构建电力智能运维系统全自动设备管理模式，对运维系统的其中一个环节进行研究，以期达到安全、优质用电目标。为未来研究构建“预测-预防-自愈”一体化的电力设备智能运维体系，实现电网运维的全面智能化提供思路。

参考文献

- [1] 电力设备智能运维技术发展白皮书. 中国电力科学研究院, 2023.
- [2] 无人机在电力巡检中的应用规范. 国家能源局, 2023.
- [3] 张舰. 数字化电网企业全域数据资产管理协同分析[J]. 现代营销(学苑版), 2021, (24): 180-181.
- [4] 吴同瑞. 主配网设备运维检修质量评估与改进方法研究[J]. 电气技术与经济, 2024, (05): 345-347.
- [5] 智能变电站运维管理平台建设指南. 中国电机工程学会, 2022.