

基于物联网的智能配电网运行状态实时监测技术

胡冈陵, 孙晨

国网江陵县供电公司, 湖北 荆州 434100

DOI:10.61369/EPTSM.2026010024

摘 要 : 随着电力系统智能化发展, 物联网技术在智能配电网状态监测中的应用日益广泛。本文系统分析了基于物联网的智能配电网运行状态实时监测技术, 从系统架构设计、关键监测设备选择、数据采集与传输方法, 到实时数据处理与异常检测算法进行了深入探讨。通过融合多种传感器和智能通信技术, 实现了配电网运行参数的高效、精准、实时监测, 提高了故障预警和运维效率。实际应用案例表明, 该技术能够提升电网安全性和智能化水平, 为未来智能电网建设提供重要支持。

关 键 词 : 物联网; 智能配电网; 实时监测; 数据处理; 故障预警

Real-Time Monitoring Technology for the Operating Status of Smart Distribution Networks Based on the Internet of Things

Hu Gangling, Sun Chen

State Grid Jiangling County Power Supply Company, Jingzhou, Hubei 434100

Abstract : With the advancement of power system intelligence, IoT technology has become increasingly important in real-time monitoring of smart distribution networks. This paper systematically analyzes the IoT-based real-time monitoring technology for smart distribution network operation status, covering system architecture design, key monitoring device selection, data acquisition and transmission methods, as well as real-time data processing and anomaly detection algorithms. By integrating various sensors and intelligent communication technologies, the system achieves efficient, accurate, and real-time monitoring of distribution network parameters, enhancing fault warning and operation efficiency. Practical cases demonstrate that this technology improves the safety and intelligence level of power grids, providing essential support for future smart grid construction.

Keywords : Internet of Things; smart distribution network; real-time monitoring; data processing; fault warning

引言

随着现代社会对电力需求的日益增长, 配电网作为电力系统的重要组成部分, 其运行可靠性和智能化水平显得尤为关键。传统的配电网监测方式存在信息采集滞后、数据传输效率低以及故障检测不及时等问题, 难以满足电力系统不断发展的要求。物联网技术的快速发展为智能配电网提供了高效、实时的监测手段, 有效提升了配电网运行的自动化和智能化水平。

物联网通过传感器、通信网络与数据处理平台的有机结合, 实现了对配电网运行状态的实时感知、数据采集与云端分析, 有助于及时发现并处理运行异常, 保障电力系统的安全稳定运行。智能配电网融合了物联网技术后, 能够实现对电压、电流、负载、功率、温度等关键参数的动态监控, 为运维人员提供精准的决策支持和应急响应信息。此外, 基于物联网的智能监测还可实现远程控制和自动调节, 提高配电网的运行效率和服务水平。

本论文以基于物联网的智能配电网为研究对象, 从系统结构、关键技术、数据处理和实际应用等方面进行系统分析和探讨。重点研究物联网在配电网状态实时监测中的应用方案及其优势, 旨在推动智能配电网向更高水平的自动化、智能化方向发展。论文创新在于结合物联网关键技术, 设计高效的配电网监测系统, 为未来智能电网建设提供参考和技术支持。

一、相关技术综述

通信技术 (ICT) 实现电力分配、控制和管理的现代化电网系统。

其基本架构由数据采集层、通信层和应用层三个部分构成。数据

1. 智能配电网基本架构: 智能配电网是指采用先进的信息和

采集层主要包括电压、电流、温度、负载等监测传感器, 分布于

作者简介:

胡冈陵 (1986.12-), 女, 湖北荆州人, 大学本科, 工程师, 研究方向: 电力工程。

孙晨 (1984.6-), 男, 湖北监利人, 大学本科, 工程师, 研究方向: 电力工程。

各个配电变压器、开关柜及用户终端。通信层则采用有线或无线方式（如光纤、LTE、NB-IoT、5G等）实现现场设备与中心管理系统的数据互通。应用层承担数据分析、状态评估、异常检测、自动调节和远程控制等功能，实现整体的智能化运行和精准管理。该架构具有高度的可扩展性和灵活性，能够适应多样化的电力场景和复杂的配电网络结构。

2. 物联网关键技术概述：物联网（IoT）以多样化的传感节点、大规模数据传输和智能处理为核心，为智能配电网提供了坚实的技术基础。其关键技术包括：①传感器技术：用于实时获取配电网各节点的电气和环境参数，实现全方位、多点监测。传感器要求具备高精度、稳定性强和抗干扰能力；②无线通信技术：如LoRa、ZigBee、NB-IoT、4G/5G等，实现数据远距离、高可靠传输，提升配电网络的覆盖广度和系统响应速度；③边缘计算与云计算：边缘计算可在本地节点对数据进行初步筛查和分析，减少数据流量和响应时间；云计算实现大数据分析、状态评估及远程控制，提升综合管理和协作能力；④网络安全技术：包括数据加密、身份认证和异常攻击检测等手段，保障配电网数据及设备的安全性和稳定性。

3. 现有配电网监测技术分析：传统配电网监测技术主要依靠定点监测、人工巡检和被动故障报警，存在响应迟缓、覆盖面有限、数据孤立的弊端。随着自动化设备和SCADA系统的应用，信息采集精度和自动控制能力有所提升，但仍未形成全面、实时和互联的数据体系。

基于物联网的智能配电网监测技术在原有基础上实现了显著突破。其核心优势在于：①多维度实时监测：利用物联网海量传感器设备，实现配电网多节点、多参数的同步感知和连续采集，极大提升了数据的广度和深度；②高效数据通信与处理：通过无线网络和智能终端，实现数据的快速传输和远程云端分析，增强系统的响应效率和自动处理能力；③智能化异常检测与预警：结合大数据与人工智能算法，可以自主识别异常运行状态、预测设备故障，有效降低运维成本和停电风险；④远程控制及设备联动：实现了远程配电、设备联动和应急调度，优化电力资源分配和系统稳定性；

综上所述，基于物联网的智能配电网监测技术在系统架构、关键技术和应用模式上均展现出强大的创新能力和广阔应用前景，为电力系统的安全、高效和智能发展提供了坚实的技术支撑。

二、系统设计与实现

1. 网络架构设计：基于物联网的智能配电网运行状态实时监测系统的网络架构，旨在实现配电网多节点、多参数的高效感知及数据互通，保证监测数据的实时采集与可信传输。本系统整体架构分为感知层、网络层和应用层，各层功能协同，以实现信息流的闭环管理。感知层主要由分布于各环节的智能传感器和终端采集设备组成，负责监测如电压、电流、温度、湿度、设备振动等多类数据。通过本地微处理器对采集数据进行初步过滤和整

理，提升数据质量和有效性。网络层结合有线与无线通信技术，以光纤以太网、Wi-Fi、LoRa、NB-IoT及5G作为数据传输载体，实现多源数据的无缝接入。为了优化系统的稳定性和扩展性，网络架构采用分层组网模式，通过边缘网关进行数据聚合和协议转换，再转至中心控制平台，实现分布式采集与集中管理的有效结合。应用层部署在云端或本地服务器，具备高效的数据分析处理能力。该层主要负责复杂数据析取、异常检测、状态评估及监测结果的可视化展示，并为运维调度和决策支持提供数据基础。通过与调度中心协同，可实现远程控制、告警推送、故障定位和自动化响应，提高智能配电网的运行效能和安全性。

2. 关键监测设备选择与部署智能配电网对监测设备的需求，兼顾参数全面性、精度和适应环境复杂性的特点。关键设备包括：①智能电参数传感器：用于精确采集电流、电压、功率、频率等电气参数，支持多节点同步测量，并具备抗强电磁干扰性能。②状态感知模块：如温度、湿度、SF6气体检测传感器等，对配电柜、变压器等关键设备进行环境和状态监控，预警设备异常及劣化趋势。③故障指示器与定位装置：自动识别短路、过载、接地等故障类型，并快速定位故障区段，为维修和抢修提供精确数据。④边缘网关设备：部署在数据节点与中心平台之间，具备数据整合、加密、协议转换和本地预处理能力，保障数据安全和实时性。⑤视频监控与物理安防设备：在重要配电设施部署高清摄像头与门禁系统，配合传感器数据，实现信息安全和设备安防的双重保障。

3. 数据采集与传输方法：配电网数据采集主要通过各类智能传感器和终端模块完成，采集周期根据实际需求灵活设置，如关键参数实时采集，次要指标周期性采集。为提升采集效率，系统支持同步采集与事件触发采集双模式，确保故障发生时第一时间获取全量数据。数据传输采用分层分流策略。感知层设备通过现场总线、及无线协议连接至边缘网关。边缘网关综合各数据源，根据优先级及数据量选择合适的上传方式。对于大数据量或高实时性的采集内容，可通过5G专网实现高速、低延时上传。非实时数据采用NB-IoT或普通有线网络定时传输，优化带宽利用和降低能耗。为提升数据安全性，系统采用端到端加密和多级身份认证，防止数据泄露和恶意攻击。传输过程中的数据完整性校验，确保采集数据准确无误。数据抵达中心平台后，自动分流至结构化数据库和大数据仓库，通过标准化接口与监控、调度、监管等多业务系统互联互通，实现数据共享及应用扩展。在采集、传输、存储与分析全流程中，系统设计注重模块化、标准化与灵活性。数据格式、协议和接口均遵循国际、行业标准，便于后期系统升级与功能拓展。此外，系统兼容人工巡检数据和第三方系统数据接入，实现监测信息的全方位融合。综上，基于物联网的智能配电网运行状态实时监测系统，通过科学的网络架构设计、多样化的监测设备部署和高效安全的数据采集与传输方法，构建了覆盖广、实时性强、安全可靠的智能配电网状态监测体系。为电力运维、故障预警和智能调度提供了坚实的数据基础和技术保障，推动配电网智能化管理水平的持续提升。

三、实时监测与数据处理

1. 监测数据特征分析：基于物联网的智能配电网运行状态实时监测系统，通过大量传感器连续采集配电网各节点的电气和环境参数。监测数据具有高频率、大规模、多维度、实时性强等特征。主要数据包括电压、电流、功率、频率、温度、湿度、设备状态、故障情况等。由于受配网结构、负荷变化和外部环境影响，数据表现出时序关联性与空间分布性，部分数据具有突发性和周期性，异常点或噪声数据也会随时出现。此外，数据源分散、异构，数据类型包含结构化、半结构化甚至非结构化信息，如图像和告警日志。这些特征为数据实时处理与智能分析提出了更高要求，也为系统的数据融合和异常检测提供了丰富的信息基础。

2. 数据实时处理与异常检测算法：为确保配电网运行的可靠、安全及智能调度，数据处理系统需具备高实时性能和智能识别能力。系统主要通过以下几个步骤完成数据处理与异常检测：①实时数据预处理：监测数据经边缘网关或中心平台传送后，首先进入预处理环节，包括数据去噪、归一化、缺失值填补等。利用滑动窗口技术和一阶差分算法去除异常点，保证数据的准确性与完整性。②高速数据流分析：依托流式计算架构，对高频率数据进行实时统计、趋势分析和多维聚合。通过自适应阈值设定，自动捕捉异常波动或跨平台的数据异常行为。③智能异常检测算法：系统结合传统规则法和机器学习算法，实现多层次的异常检测。规则法如设定静态或动态限值，对电流、电压等关键参数进行实时监控，一旦超限立即发出告警。机器学习方法包括聚类分析、分类预测、时间序列模型，可对历史运行数据进行学习，发现复杂异常或预测故障发展趋势。④多源数据协同报警：利用数据融合技术，实现对不同数据源的协同分析，提高故障识别精度

和预警能力。⑤可视化与自动反馈：处理结果通过图表、热力图、趋势分析等方式以直观界面反馈至运维人员。

3. 系统应用与实际案例分析：基于物联网的智能配电网实时监测与数据处理技术，已在电力企业和城市配电网运维中广泛应用，显著提升了系统运行的智能化与自动化水平。典型应用案例如下：①变压器状态智能监测：某城市配电站引入智能传感器与NB-IoT通信，实现对变压器温度、电流及负载率的实时采集。数据处理平台通过多维数据融合，准确识别变压器过载及局部热点异常，及时预警并远程调整运行模式，有效降低了设备故障率。②环网柜环境智能感知：环网柜部署环境传感器及视频监控，实时采集温湿度、进水、SF6气体浓度等信息，数据汇总至云端平台后利用机器学习算法自动识别异常环境状态，实现快速定位和智能调度，提升了运维效率和人员安全。③故障自动定位与抢修：在某城市电力故障应急处理中，系统通过高密度电流传感器实现故障类型与位置的自动判别。

综上，本系统的实时监测与数据处理不仅具备高实时性和准确性，通过先进的算法和智能分析，有效支撑了配电网运维自动化、故障快速定位及预警能力，为智能电网建设提供了有力技术保障，推动电力行业向数字化和智能化高质量发展。

四、结论

基于物联网的智能配电网运行状态实时监测技术，有效提升了配电网的自动化和智能化水平。通过多类型传感器、无线网络及云端数据处理平台的深度融合，系统实现了对电力设备运行状态的全天候、多维度、高精度感知与分析，极大增强了故障预警与应急响应能力。实际应用表明，该技术能显著降低人工巡检成本，提高故障定位速度，保障电网的安全稳定运行。

参考文献

- [1] 蔺鹏伟; 任昊靓; 赵和廷. 智能配电网关键技术和电网工程规划及设计建设研究 [J]. 工程建设与设计, 2025(22).
- [2] 蔡虎栋. 智能配电设备云边协同多源数据融合安全管控系统 [P]. 珠海国创物联网科技有限公司. 2025.
- [3] 宋汉. 电力系统储能技术的创新与应用 [J]. 科技创新与应用, 2025(34).