

面向智能电网的配电网自动化 关键技术分析

冯宇薪, 于凯宇
(国网松原供电公司)

【摘要】文章系统阐述了配电网自动化的基本功能与作用机制,并结合我国的发展现状进行深入分析,指出我国在政策推动和技术进步的双重作用下已形成较为完整的配网自动化框架,但区域发展不均衡和智能化水平不足仍是突出问题。在关键技术分析部分,文章从通信与信息交互、智能感知与监测以及分布式电源与自愈控制三个方面展开论述,揭示了配电网在多源接入、信息安全和自愈能力等维度面临的挑战。

【关键词】智能电网;配电网自动化;通信与监测;分布式电源

中图分类号: TM76 DOI: 10.13655/j.cnki.ibci.2025.S2.166

Analysis of Key Technologies for Distribution Network Automation in Smart Grids

FENG Yu-xin, YU Kai-yu
(State Grid Songyuan Power Supply Company)

【Abstract】This paper systematically outlines the basic functions and operational mechanisms of distribution network automation and conducts an in-depth analysis based on China's current development status. The article points out that under the dual drivers of policy promotion and technological progress, China has established a relatively complete framework for distribution network automation. However, regional development imbalances and insufficient levels of intelligence remain prominent challenges. In the section on key technology analysis, the article explores three aspects: communication and information interaction, intelligent sensing and monitoring, and distributed power sources and self-healing control, revealing the challenges faced by distribution grids in terms of multi-source access, information security, and self-healing capabilities.

【Keywords】smart grid; distribution network automation; communication and monitoring; distributed power sources

1 引言

近年来,随着通信技术、传感器技术与人工智能的发展,配电网自动化逐步落地见效,在我国多座城市成功应用并推广。然而从整体格局来看,区域发展不均衡与系统智能化水平有待提升,仍制约其高质量发展。因此,对配电网自动化的技术基础、发展现状及关键技术开展系统梳理,既有助于明确未来研究方向,也能为我国智能电网建设提供理论与实践支撑。

2 配电网自动化技术

配电网自动化技术是智能电网建设的核心组成部分,其核心目标是依托信息化、数字化、智能化技术手段,实现对配电网的实时监测、灵活调度与自愈控制,进而提升供电可靠性与电能质量(见图1)^[1]。

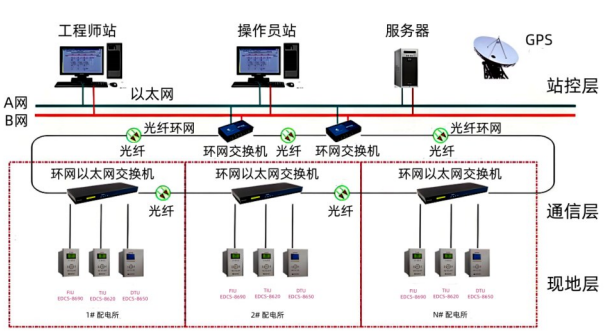


图1 智能配电网自动化系统结构示意图(图片来源:<https://baike.baidu.com/item/配电自动化系统/10728655>)

传统配电网采用人工巡视与固定时段操作模式,普遍存在信息采集滞后、故障隔离低效、负荷分配不均等问题。随着传感器、通信网络、智能终端技术的快速发展,配电网自动化已逐步构建起集数据采集、信息传输、智能分析、远程控制于一体的完整体系。其基本功能涵盖电压、电流、频率等运行参数

的实时采集与监控,馈线及分支的自动开合控制,以及故障发生后的快速定位、隔离与供电恢复。

3 我国配网自动化技术发展现状

我国配电网自动化技术起步较晚,但近年来在政策推动、技术进步与工程实践的协同作用下成效显著。总体来看,我国已初步建成广覆盖的配电自动化系统,大中城市配网普遍实现远程监控与故障隔离功能,供电可靠性与用户满意度显著提升。然而与国外相比,我国配网自动化仍面临覆盖率不均衡、区域发展不协调、系统智能化水平有待提升等问题。当前,东部沿海地区及特大型城市配电网自动化程度较高,已具备自愈控制与分布式电源接入能力,而中西部地区特别是农村配网,受投资规模与技术基础制约,自动化水平相对偏低^[2]。

技术层面,我国已形成以智能终端、配电主站系统、通信网络为核心的配电网自动化框架,在馈线自动化、配电物联网、状态监测等领域开展大规模应用。同时,随着新能源与电动汽车的快速接入,负荷波动性与电网调度复杂度持续提升,对配电网自动化提出更高要求。

未来,需聚焦提升系统智能决策与互动控制能力,推动边缘计算与人工智能深度融合,加快标准体系建设,助力实现全国范围内的均衡发展及优化。

4 智能电网的配电网自动化关键技术分析

4.1 通信与信息交互技术

通信与信息交互技术的可靠性与实时性直接关系到控制策略的落地成效(见图2)。

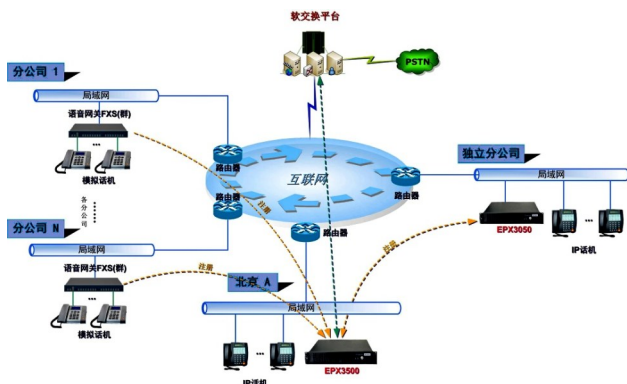


图2 信息交互技术示意图(图片来源:https://www.sohu.com/a/603433030_100080979)

随着配电网规模持续扩大与分布式电源快速接

入,数据采集点呈指数式增长,传统依赖电力载波或窄带无线的通信方式,已难以满足高频采样与低时延要求。当前,我国主干通信环节广泛采用光纤以太网技术,保障高速率与抗干扰性能;边缘侧逐步引入5G、窄带物联网及专用无线通信,构建覆盖全网的多层次通信体系。

这一过程中,协议标准统一至关重要,配电终端与主站系统多来自不同厂商,若缺乏互操作性,易形成数据孤岛与资源浪费^[3]。同时,大规模传感器与智能终端的接入使信息安全问题愈发突出,需通过加密传输、身份认证与分级权限管理构建安全防护体系。通信网络架构还需具备冗余设计与自愈能力,确保局部链路受损时仍能维持基本功能。

综上,稳定高效、具备弹性的通信与信息交互平台,是配电网自动化与智能化落地的根本保障。

4.2 智能感知与监测技术

智能感知与监测技术为配电网提供实时运行状态数据,是实现精准控制与优化调度的核心前提。传统配电网监测以人工巡视和少量监测点为主,难以全面覆盖电压波动、负荷变化及设备健康状态。随着物联网与先进传感器技术的发展,电流互感器、电压传感器、温度传感器及局部放电检测设备(见图3)已广泛布设于馈线、开关站、配电变压器等关键节点,实现运行参数的高精度实时采集。

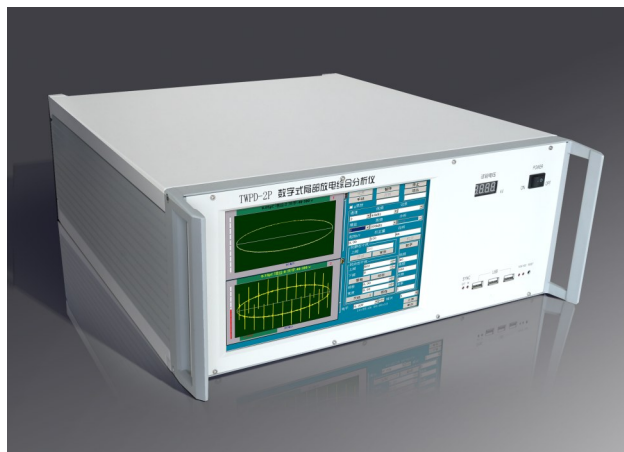


图3 局部放电仪实物图(图片来源:<https://www.launch-electric.com/cn/h-pd-76.html>)

借助边缘计算装置,部分数据可在本地完成初步处理与异常识别,既降低中心系统计算压力,又缩短响应时间。此外,状态监测不仅聚焦电气参数,更延伸至设备寿命评估与健康预测(见图4)。例如,通过长期跟踪断路器操作次数与线圈温升,可推断其

可靠性趋势,进而实现预防性检修,减少突发停电事件(见图5)。

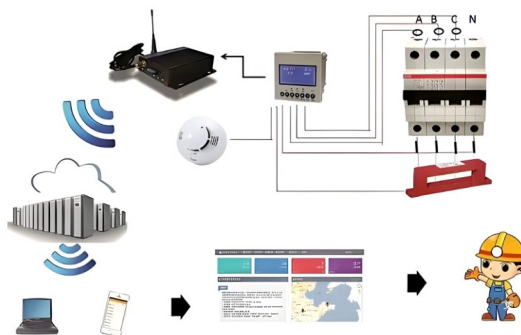


图4 智慧用电监管服务系统示意图(图片来源:<https://baijiahao.baidu.com/s?id=1804071090760691667&wfr=spider&for=pc>)



图5 断路器实景图(图片来源:<https://detail.1688.com/offer/839294522.html?forcePC=1760852412384>)

数据处理层面,依托大数据分析 with 机器学习方法,可识别复杂负荷特征与异常模式,为调度决策提供科学支撑。智能感知与监测技术的进一步普及,将推动配电网向透明化、可视化方向发展,助力管理者在全景化状态感知基础上作出更优运行决策。

4.3 分布式电源与自愈控制技术

随着新能源大规模接入,分布式电源在配电网中的占比持续提升,其波动性与间歇性对电网安全稳定运行提出了更高要求。为实现源网荷协调运行,需发展先进的分布式电源接入控制与自愈控制技术。分布式电源接入方面,需构建灵活的逆变器

控制策略与电压无功调节机制,规避潮流倒灌与电压大幅波动;储能系统的科学配置能有效平抑负荷峰谷差,提升供电可靠性。

自愈控制层面,配电自动化系统借助故障检测与定位算法快速识别故障区段,通过智能开关完成隔离,并在最短时间内恢复非故障区域供电。这一过程中,分布式电源的就地支撑作用尤为关键,可在电网出现扰动时提供电压与频率支撑,降低大面积停电风险。未来需推动自愈控制与人工智能深度融合,赋予系统预测性控制与自主学习能力,使其在复杂环境中实现自主优化决策。

分布式电源与自愈控制的有机协同,不仅能提升配电网应对突发事件的韧性,还能增强整体运行的灵活性与经济性,为新型电力系统构建提供坚实支撑。

5 结语

综上所述,配电网自动化是推动智能电网落地见效的重要途径,也是提升电力系统综合运行水平的关键环节。

我国在配电网自动化领域已取得阶段性成果,形成较为完整的系统框架,部分区域已具备故障自愈与分布式电源接入能力。但总体来看,整体自动化水平仍面临区域发展不均衡、信息安全风险及智能决策能力不足等挑战。

未来,应重点突破高速可靠通信技术、智能感知与预测性控制等关键技术,推动人工智能、大数据与配电网系统的深度融合。

参考文献

- [1] 贾运高. 配电网自动化技术对智能电网发展的影响[J]. 通信电源技术, 2018, 35 (7): 284-285.
- [2] 董煜轩, 陈磊. 智能配电网及关键技术研究[J]. 电子技术与软件工程, 2014 (24): 155.
- [3] 罗强, 袁新星. 智能配网技术研究及应用现状探讨[J]. 科技展望, 2014 (14): 119.