

电力系统及其自动化技术下的电力系统自动化发展分析

王海波 辛颖 徐伟

霍林郭勒市电力投资有限责任公司 内蒙古 通辽 029200

摘要: 随着电力需求持续增长,电力系统自动化技术成为保障电网高效稳定运行的关键。当前,设备智能化水平低、系统集成度不足、数据处理能力薄弱等问题制约其发展。加速设备智能化升级、推进系统集成标准化、强化数据处理分析,辅以技术创新与人才培养,是突破发展瓶颈、提升电力系统自动化水平的有效路径。通过多维度协同发展,可实现电力系统运行效率与可靠性的全面提升,为智能电网建设筑牢技术根基。

关键词: 电力系统; 自动化技术; 电力系统; 自动化发展

引言

在能源转型与数字化浪潮的双重驱动下,电力系统自动化技术的发展对保障能源安全、提升供电质量具有战略意义。然而,智能化设备普及滞后、系统集成碎片化、数据价值挖掘不足等问题,使得电力系统难以满足现代社会对电力供应高效性、稳定性与智能化的需求。本文从设备、系统、数据及技术创新等维度,深入剖析电力系统自动化发展现状,针对性提出优化策略,旨在为推动电力系统自动化高质量发展提供理论参考与实践指导。

1 电力系统及其自动化技术概述

电力系统及其自动化技术作为现代电力工业的核心支柱,以电能的高效生产、传输、分配与使用为研究对象,融合了电力电子、计算机科学、自动控制等多学科理论与技术。其核心涵盖发电、输电、变电、配电及用电的全过程,通过构建复杂的电气网络与智能控制系统,确保电能稳定可靠供应。在发电环节,该技术整合了传统火力、水力、核能发电,以及太阳能、风能、生物质能等新能源发电形式。以火电机组为例,通过自动化控制系统实时监测锅炉、汽轮机等关键设备运行参数,利用先进的传感器和算法优化燃烧效率,降低能耗与污染物排放;新能源发电则借助最大功率点跟踪(MPPT)等技术,提升间歇性可再生能源的发电效率与并网稳定性。输电与变电过程中,高压直流输电(HVDC)、柔性交流输电系统(FACTS)等先进技术的应用,有效解决了长距离输电损耗、电网稳定性等问题。智能变电站通过数字化设备和自动化控制技术,实现了设备状态监测、故障诊断与自动隔离,显著提升了电网运行的可靠性。配电与用电侧的自动化技术则聚焦于配电网的智能化改造与用户用电管理。智能配电系统利用分布式电源接入、微电网技术和配电自动化终端

(DTU),实现故障快速定位与隔离、负荷动态平衡;需求侧管理通过智能电表、用户能量管理系统,实时采集用户用电数据,实现用电行为分析与负荷调控,提高电力资源利用效率。电力系统及其自动化技术通过高级量测体系(AMI)、广域测量系统(WAMS)等,构建起覆盖全网的实时监测与控制网络,借助大数据分析、人工智能算法实现电网运行状态评估、故障预测与优化调度,使电力系统从传统的经验驱动向数据驱动、智能决策转变,有力支撑现代社会对电力供应安全性、经济性和清洁性的需求。

2 电力系统及其自动化技术下的电力系统自动化发展现状

2.1 设备智能化水平有待提升

电力系统中,设备智能化是实现自动化高效运行的关键基础。从输变电设备来看,当前许多高压断路器、变压器等仍依赖传统的机械结构与简单的监测装置。例如,部分老旧变压器在运行过程中,仅通过人工定期巡检或基础的温度、油位监测来判断其运行状态,缺乏对绕组变形、局部放电等关键故障的实时在线监测能力。这种情况下,一旦出现潜伏性故障,难以及时察觉,易引发设备损坏甚至大面积停电事故。在配电设备方面,智能化程度同样不足。大量的柱上开关、环网柜等设备尚未配备先进的智能终端,无法实现故障的快速定位与隔离。当配电网发生故障时,往往需要人工逐段排查,耗费大量时间和人力成本,严重影响供电可靠性。用电侧的智能电表虽然已广泛应用,但功能较为单一,多数仅能实现基础的电量计量,对用户用电行为的深度分析、需求响应等智能化功能尚未充分开发。电力设备智能化水平的局限,还体现在设备间的协同工作能力不足。不同厂家生产的设备,由于通信协议、数据格式等方面的差异,难以实现无缝对接与信息共享。例如,继

电保护装置与自动化监控系统之间,可能存在数据传输延迟、信息不匹配等问题,导致设备在故障时无法及时协同动作,影响整个电力系统的稳定性和安全性^[1]。

2.2 系统集成度不足

电力系统是一个庞大而复杂的整体,涵盖发电、输电、变电、配电和用电等多个环节,各环节的系统集成度直接影响电力系统自动化的整体效能。目前,在发电环节,不同类型的发电机组,如火力发电、水力发电、风力发电等,其自动化控制系统往往独立设计与运行,缺乏有效的协调与统一管理。当电网负荷发生变化时,各类型发电机组之间难以快速、精准地进行功率调节与分配,容易造成能源浪费或供电不稳定。在输电与变电环节,各类自动化系统如调度自动化系统、变电站自动化系统等,虽然在各自领域发挥着重要作用,但系统之间的信息交互与共享存在障碍。例如,调度自动化系统获取的电网运行状态信息,不能及时、准确地传递给变电站自动化系统,导致变电站设备的控制与调节无法与电网整体运行需求相匹配。不同电压等级的输电网络之间,也缺乏高效的集成机制,使得电力在传输过程中难以实现最优配置,增加了线损和运行成本。配电与用电环节的系统集成问题更为突出。随着分布式电源、储能装置和电动汽车等新型设备的大量接入,配电网的结构和运行特性发生了显著变化。现有的配电自动化系统与用户侧的智能用电系统之间缺乏深度融合,无法实现对分布式能源的有效管理和用户用电行为的精准调控。这种系统集成度不足的现状,严重制约了电力系统自动化向更高层次发展,难以满足未来智能电网对灵活性、可靠性和经济性的要求。

2.3 数据处理与分析能力薄弱

在电力系统自动化运行过程中,产生了海量的运行数据,这些数据蕴含着丰富的信息,对其进行高效处理与深度分析是提升电力系统运行水平的关键。当前电力系统在数据处理与分析方面存在诸多问题。数据采集的完整性和准确性有待提高。部分监测设备由于技术水平限制或安装位置不合理,无法全面采集电力设备的运行参数,导致数据存在缺失或误差。例如,一些偏远地区的输电线路监测点较少,难以获取线路全线的实时运行状态数据,影响对线路故障的判断和处理。数据处理技术相对落后。面对大规模、多类型的电力数据,传统的数据处理方法已难以满足需求。目前,许多电力企业仍采用简单的数据存储和查询方式,缺乏对数据的清洗、整合和预处理能力,使得大量原始数据无法转化为有价值的信息。在数据处理速度方面,也无法满足实时性要

求,当电网发生紧急情况时,不能及时对海量数据进行分析 and 处理,影响故障的快速诊断与恢复。在数据分析层面,缺乏先进的算法和模型支持。现有的数据分析多局限于简单的统计分析和趋势预测,对于电力系统复杂运行工况下的故障诊断、负荷预测、优化调度等问题,难以提供准确有效的决策支持。例如,在负荷预测中,传统方法难以考虑天气变化、节假日等因素对负荷的影响,导致预测结果偏差较大。数据安全问题也不容忽视,大量的电力数据涉及电网运行的核心信息,一旦数据泄露或被篡改,将对电力系统的安全稳定运行造成严重威胁,但目前在数据安全防护与隐私保护方面的技术和措施仍不够完善^[2]。

3 电力系统及其自动化技术下的电力系统自动化发展策略

3.1 加速设备智能化升级

(1) 在电力系统运行中,设备智能化升级是实现自动化的关键基础。通过部署具备感知、计算和通信功能的智能传感器,能够实时监测电力设备的运行状态,如变压器油温、断路器触头温度、电缆绝缘参数等,及时捕捉设备潜在故障的早期征兆。例如,利用光纤传感器对高压电缆进行分布式温度监测,可精准定位过热点,避免因局部过热引发的电缆故障,显著提升设备运行可靠性。(2) 智能开关设备的应用进一步优化电力系统控制逻辑。融合了微电子技术和人工智能算法的智能断路器,不仅能快速响应短路、过载等故障,还可根据电网运行状态自动调整保护整定值。在配电网中,智能开关通过自组织网络实现故障区域的快速隔离与非故障区域的恢复供电,大幅缩短停电时间,提高供电连续性。(3) 推动传统设备向智能化转型,还需引入边缘计算技术。在智能电表、分布式电源等终端设备中集成边缘计算模块,可在本地对采集的数据进行实时处理和分析,减少数据传输延迟和云端计算压力。边缘设备能够根据预设规则自主决策,实现负荷调节、分布式电源的功率控制等功能,增强电力系统的自适应能力和运行灵活性。

3.2 加强系统集成与标准化建设

(1) 电力系统涵盖发电、输电、变电、配电和用电多个环节,各环节设备与系统的集成度直接影响自动化水平。通过构建统一的信息交互平台,采用标准化通信协议,实现不同厂商设备间的互联互通。例如,基于IEC 61850标准搭建变电站自动化系统,可将继电保护、监控、计量等设备的数据进行统一建模和传输,消除信息孤岛,提高系统协同工作效率。(2) 标准化建设贯穿系统集成全过程,从设备接口、通信协议到功能规范都

需遵循统一标准。制定统一的设备功能模型和数据格式标准,能确保新接入的设备或系统快速融入现有电力网络。在微电网建设中,统一的标准使得分布式电源、储能装置和负荷设备能够有序协调运行,实现微电网与大电网的无缝切换和稳定互动。(3)加强系统集成还需注重软件平台的兼容性和扩展性。采用开放式架构设计的电力自动化软件平台,支持模块化开发和功能扩展,能够方便地接入新的应用模块和算法。通过建立标准化的软件接口,可实现不同功能模块的灵活组合,满足电力系统不断变化的运行需求,促进系统整体性能的持续提升^[3]。

3.3 提升数据处理与分析能力

(1)电力系统运行过程中产生海量数据,包括实时监测数据、历史运行数据和设备状态数据等。运用大数据存储技术,构建分布式数据仓库,能够高效存储和管理这些数据。通过搭建高效分布式文件系统与高性能列式数据库,达成数据的极速读写和精准检索,为后续数据分析提供坚实的数据基础。(2)先进的数据处理算法是挖掘数据价值的核心。利用机器学习算法对电力负荷数据进行建模和预测,结合气象数据、节假日信息等多源数据,可实现高精度的短期和中长期负荷预测。在电网调度中,准确的负荷预测有助于合理安排发电计划,优化电力资源配置,降低发电成本和网络损耗。(3)深度学习技术在电力系统故障诊断和异常检测中展现出强大优势。通过对历史故障数据的学习训练,构建深度神经网络模型,能够自动识别电力设备的故障类型和故障位置。在实时监测中,该模型可对设备运行数据进行快速分析,及时发现潜在故障隐患,并给出故障预警和处理建议,提升电力系统故障处理的及时性和准确性。

3.4 强化技术创新与人才培养

(1)技术创新是推动电力系统自动化发展的核心动力。积极探索新兴技术在电力领域的应用,如将5G通信技术应用于电力物联网,利用其高速率、低延迟和大容量的特点,实现电力设备的实时远程控制和监测数据的

快速传输,为电力系统自动化控制提供更可靠的通信保障。(2)人工智能与电力系统的深度融合催生新的应用模式。开发基于强化学习的电网优化控制算法,通过模拟电网运行环境进行策略训练,使算法能够在复杂的电网运行工况下自动优化调度策略,实现发电、输电和用电的协同优化。利用计算机视觉技术对电力设备进行智能巡检,通过图像识别和分析,自动检测设备外观缺陷和异常情况,提高巡检效率和准确性。(3)为保障技术创新的持续推进,需要打造高素质的专业队伍。通过企业内部培训、产学研合作等方式,加强技术人员对新技术、新理论的学习和掌握。鼓励技术人员参与前沿技术研究项目,在实践中积累经验,培养创新思维和解决问题的能力。营造良好的创新氛围,建立激励机制,激发技术创新的积极性,为电力系统自动化发展提供坚实的人才支撑^[4]。

结语

综上所述,电力系统自动化发展是一项系统性工程,需从设备智能化升级、系统集成优化、数据处理强化及技术人才培育等多方面协同推进。通过解决现存问题,突破技术瓶颈,可显著提升电力系统运行效能与可靠性,助力智能电网建设迈向新台阶。未来,随着技术创新持续深化,电力系统自动化将朝着更智能、更高效、更可靠的方向发展,为能源行业的可持续发展注入强劲动力。

参考文献

- [1]杨金磊.电力系统及其自动化技术下的电力系统自动化发展[J].电脑校园,2023(21):88-90.
- [2]高爽.电力系统及其自动化技术下的电力系统自动化发展[J].电脑校园,2021(12):7893-7894.
- [3]耿怡凡.电力系统及其自动化技术下的电力系统自动化发展[J].电脑校园,2023(20):64-66.
- [4]李兰.电力系统及其自动化技术下的电力系统自动化发展[J].环球首映,2020(8):116.