

电气自动化技术在智能配电网建设中的应用

曹艺群

河北冀科工程项目管理有限公司 河北 邯郸 056000

摘要: 在新型电力系统构建中,智能配电网是关键环节,其建设质量关乎电力供应的可靠与经济性。电气自动化技术凭借精准控制、高效监测特性,成为推动智能配电网升级的核心支撑。本文先阐述智能配电网与电气自动化技术的概念、关联及价值,接着从分布式能源管理、智能监测、故障自愈等多方面分析其具体应用场景与路径。还探讨了人工智能、5G等技术融合方向,以及农村偏远地区、极端天气等特殊场景下的拓展应用,为智能配电网建设提供全面的技术参考。

关键词: 电气自动化技术;智能配电网;分布式能源;自动化控制

引言: 在能源转型与数字化浪潮的双重推动下,智能配电网作为新型电力系统的关键环节,正经历着从传统模式向智能化、高效化的深刻变革。电气自动化技术凭借其精准控制、实时监测与智能决策能力,成为破解配电网运行难题、提升供电质量的核心引擎。本文从技术原理、应用场景及未来趋势三个维度,系统剖析电气自动化技术在智能配电网建设中的多维价值,为构建安全、可靠、绿色的现代电力网络提供理论支撑与实践参考。

1 智能配电网与电气自动化技术概述

1.1 智能配电网的定义

智能配电网是在传统配电网基础上,融合先进传感、通信、自动化控制及决策支持系统的现代化电力配送网络。其核心是多技术协同,实现全面感知、精准控制与智能决策。与传统配电网比,它有“互动性”“自愈性”,能双向能量流动,满足多元主体接入,故障时可快速处理。从功能看,以“安全可靠、经济高效、清洁环保”为目标,通过数据优化资源配置,降低网损,提升新能源消纳能力,提供定制服务,是新型电力系统的重要载体。

1.2 电气自动化技术的内涵

电气自动化技术是综合性技术体系,依托电力电子、控制理论、计算机技术。它借助自动化设备与系统,实时监测、自动调节和精准控制电气设备及电力系统,减少人工干预,提升效率。该技术有硬件(如PLC等)和软件(控制算法等)核心部分,特征是“实时性”“精准性”,通过传感器捕捉参数,经系统分析后操作设备。在电力领域,从单一设备控制升级为系统协同管理,为电力系统智能化转型提供核心支撑^[1]。

1.3 电气自动化技术在智能配电网中的关键作用

电气自动化技术是智能配电网建设的“神经中枢”与“执行核心”。运行管控上,借助分布式控制系统稳定

参数,利于分布式能源接入;安全保障方面,自动化故障诊断系统能快速定位隔离故障,提升供电可靠性;经济运行上,自动化负荷调控系统优化资源配置,降低成本。此外,其构建的标准化数据接口,实现信息交互,保障新型业务,推动配电网从“被动供电”向“主动服务”转型,是核心驱动力。

2 电气自动化技术在智能配电网中的具体应用

2.1 分布式能源接入与管理

分布式能源如分布式光伏、小型风电、储能系统的大量接入,给配电网的功率平衡带来挑战,电气自动化技术通过多维度管控实现其高效消纳与有序运行。在接入环节,自动化并网装置可自动检测分布式能源的输出功率、电压相位等参数,完成与配电网的平滑并网,避免冲击电流对电网造成影响。运行管理中,SCADA系统实时采集各分布式电源的运行数据,结合配电网负荷变化,通过PLC控制器动态调节储能系统的充放电状态与分布式电源的输出功率,实现源网荷储协同。针对分布式光伏的间歇性问题,自动化预测系统结合气象数据精准预测出力,提前制定调度方案。同时,自动化计量装置实现对分布式能源发电量与上网电量的精准统计,为电力交易与补贴核算提供数据支撑,保障分布式能源与配电网的协调运行。

2.2 智能监测与状态评估

电气自动化技术构建的全维度监测体系,实现对智能配电网设备与线路运行状态的实时感知与精准评估。在设备监测方面,安装于变压器、开关柜等关键设备的智能传感器,持续采集设备温度、绝缘状态、振动频率等参数,通过无线通信模块传输至自动化监控平台,当参数超出阈值时自动发出预警,避免设备故障扩大。线路监测中,覆冰监测装置、微风振动传感器实时捕捉线

路运行状态,结合环境数据评估线路承载能力,为线路运维提供依据。状态评估环节,自动化分析系统采用大数据算法,对监测数据进行深度处理,构建设备健康指数模型,精准判断设备老化程度与故障隐患。该系统还能结合设备运行历史数据,预测设备剩余寿命,制定预防性维护计划,改变传统“定期检修”模式为“状态检修”,降低运维成本,提升配电网运行稳定性^[2]。

2.3 故障自愈与快速恢复

故障自愈是智能配电网的核心功能之一,电气自动化技术通过“监测—诊断—隔离—恢复”的闭环控制,实现故障的快速处理。当配电网发生故障时,分布在电网各节点的故障录波装置与智能终端迅速捕捉故障特征量,通过光纤通信网络将数据传输至自动化主站系统,主站系统采用故障定位算法在数秒内完成故障点精准定位。随后,系统自动向相关断路器、负荷开关发出操作指令,实现故障区域的快速隔离,避免故障扩散。在供电恢复阶段,自动化主站结合配电网拓扑结构与负荷分布情况,智能优化供电恢复路径,通过对联络开关的远程控制,将故障区域用户切换至备用电源,实现非故障区域的快速复电。整个过程无需人工干预,大幅缩短故障处理时间,将停电影响降至最低,显著提升配电网的供电可靠性与用户用电体验。

2.4 需求响应与负荷管理

在电力供需矛盾日益突出的背景下,电气自动化技术通过需求响应与负荷管理,实现配电网的削峰填谷与优化运行。需求响应方面,自动化交互平台与工业用户、商业楼宇的用电系统对接,当电网处于用电高峰或新能源出力不足时,平台自动向用户推送电价激励信号或负荷调节指令,引导用户主动减少高耗能设备运行时间或调整用电时段。负荷管理中,自动化负荷监控系统对配电网负荷进行分类统计与动态监测,结合电网运行状态对可调节负荷进行精准调控。例如,对中央空调、充电桩等柔性负荷,通过PLC控制器实现集群化启停控制,避免负荷集中投运对电网造成冲击。同时,自动化系统构建负荷预测模型,结合历史数据与用户用电习惯预测负荷变化趋势,为电网调度提供参考,实现电力资源的优化配置,提升配电网的经济运行水平与供需平衡能力。

2.5 配电自动化系统(DAS)集成

配电自动化系统(DAS)是电气自动化技术在智能配电网中的集中应用载体,通过系统集成实现对配电网的全面管控。DAS系统以主站系统为核心,整合远程终端单元(RTU)、馈线终端单元(FTU)、配变终端单元(TTU)等各类自动化终端,形成“主站—子站—终端”

的三级控制架构。主站系统通过数据采集与处理,实现对配电网运行状态的集中监控、远程操作与数据分析;子站系统负责区域内设备的协同控制,提升局部电网的响应速度;终端设备则承担数据采集与指令执行的基础功能。系统集成过程中,通过标准化通信协议实现各设备与系统的互联互通,打破信息孤岛。DAS系统不仅具备基本的监测与控制功能,还集成了故障处理、负荷管理、报表生成等综合功能,为配电网运维提供全面的技术支撑,提升配电网管理的精细化水平。

3 未来发展趋势展望

3.1 技术融合趋势

3.1.1 人工智能(AI)与大数据在配电网优化中的应用

人工智能与大数据技术与电气自动化技术的深度融合,将推动智能配电网从“自动化”向“智能化”跨越。在数据处理方面,大数据平台可整合配电网运行数据、用户用电数据、气象数据等多源信息,通过数据清洗与挖掘提取核心价值,为配电网优化提供数据支撑。AI技术的应用则体现在多维度优化场景中,例如采用机器学习算法构建更精准的负荷预测与新能源出力预测模型,提升电网调度的科学性;利用深度学习算法优化故障诊断流程,实现故障的提前预判与精准定位。在电网规划方面,AI可结合区域发展需求与电网运行数据,优化配电网拓扑结构与设备布局。同时,AI驱动的自动化控制算法能实现配电网的自适应调节,根据运行状态动态优化控制策略,提升电网对复杂工况的适应能力,推动配电网运行效率与智能化水平的双重提升^[3]。

3.1.2 5G通信技术对实时控制的支撑作用

5G通信技术以其高带宽、低时延、广连接的特性,为电气自动化技术在智能配电网中的实时控制提供核心支撑,解决传统通信技术在复杂场景下的瓶颈问题。在实时控制方面,5G的低时延特性(端到端时延低于10毫秒)确保自动化控制指令的快速传输与执行,满足故障自愈、分布式能源协同控制等对实时性要求极高的场景需求。广连接特性则支持海量智能终端的接入,包括分布式电源、智能电表、传感器等,实现配电网各节点的全面感知与互联。高带宽特性为高清视频监控、设备状态可视化等业务提供保障,助力运维人员远程掌握现场情况。此外,5G的网络切片技术可为配电网业务提供专属通信通道,保障数据传输的安全性与可靠性。5G与电气自动化技术的融合,将构建“感知—传输—控制”的高速闭环,推动智能配电网实现更精准、更高效的管控,为新型电力系统下的配电网转型提供通信保障。

3.2 新型电力系统背景下的配电网转型

在“碳达峰、碳中和”目标引领下，新型电力系统建设推动智能配电网向“绿色化、柔性化、互动化”转型，电气自动化技术成为转型的核心支撑。绿色化转型中，自动化技术将进一步优化分布式新能源的接入与管理流程，提升风电、光伏等清洁能源的消纳能力，通过源网荷储协同控制实现配电网的低碳运行。柔性化转型聚焦提升配电网的灵活调节能力，自动化控制系统通过对储能、柔性负荷的精准调控，平抑新能源出力波动，保障电网功率平衡。互动化转型则强化配电网与用户的双向互动，电气自动化技术构建的智能交互平台，实现用户用电信息的实时反馈与用电策略的精准推送，引导用户参与电网调节。同时，配电网将逐步成为能源转换与交易的平台，自动化技术支撑的电力交易结算系统，将实现分布式能源发电权、碳排放权的高效交易，推动配电网成为新型电力系统的核心枢纽。

3.3 电气自动化技术的安全保障强化

在智能配电网建设进程中，电气自动化技术不仅推动着功能升级与效率提升，更在安全保障领域发挥着不可替代的作用。一方面，自动化技术构建起多层次的安全防护体系。通过在关键设备与线路部署智能传感器，实时监测电气参数与环境状态，一旦检测到异常，如温度过高、漏电等情况，立即触发报警机制，并自动切断电源，防止事故扩大。另一方面，自动化系统具备强大的数据加密与访问控制能力。采用先进的加密算法对传输数据进行加密处理，确保数据在传输过程中的安全性；同时，设置严格的用户权限管理，只有授权人员才能访问和操作关键系统，防止非法入侵与恶意操作，保障智能配电网的稳定运行。

4 电气自动化技术在特殊场景下的拓展应用

4.1 农村偏远地区配电网建设

农村偏远地区地理环境复杂，电网建设成本高、运维难度大。电气自动化技术为其提供了经济高效的解决方案。在设备层面，采用低功耗、高可靠性的自动化终端设备，如太阳能供电的智能传感器，可长期稳定运行，减少人工巡检频次。在通信方面，利用无线专网或卫星通信

技术，解决偏远地区通信覆盖难题，实现数据的可靠传输。通过自动化监控系统，运维人员可远程掌握配电网运行状态，及时发现并处理故障^[4]。例如，当某条线路出现故障时，系统自动定位故障点，并通过短信等方式通知运维人员，同时提供故障处理建议，缩短故障修复时间，提升农村偏远地区配电网的供电可靠性和服务质量。

4.2 极端天气下的配电网应对

极端天气如暴雨、暴雪、台风等，会对配电网造成严重破坏。电气自动化技术可增强配电网的抗灾能力。在监测环节，安装气象监测传感器，实时获取天气信息，当检测到极端天气来临前，提前调整配电网运行方式，如降低线路负荷、切换备用电源等。在故障发生时，自动化系统快速定位故障区域，优先恢复重要用户的供电。同时，利用无人机等自动化设备对受损线路进行巡检，快速评估受损情况，为抢修工作提供准确信息，提高抢修效率，降低极端天气对配电网的影响。

结束语

电气自动化技术是智能配电网建设的核心驱动力，在提升配电网智能化、高效化水平，推动电力行业绿色转型方面成效显著。面对新型电力系统构建的新机遇与挑战，未来需持续创新，深化与前沿技术融合，强化安全保障。随着技术不断进步，电气自动化技术将进一步优化智能配电网功能，为能源结构优化和“双碳”目标达成提供有力支撑，引领电力行业迈向高质量发展新阶段，创造更美好的能源未来。

参考文献

- [1]张嘉诚.电气自动化技术在智能配电网建设中的应用[J].电气技术与经济,2025(3):118-120,127.
- [2]卜明光.电网建设中电气工程自动化技术应用研究[J].通信电源技术,2023,40(1):75-77.
- [3]王伟.电气自动化技术在电力系统中的应用[J].消费电子,2025(9):83-85.
- [4]林蕴颖,顾晓峰.探究电气自动化技术在电力工业工程中的应用[J].中国高新科技,2024,(20):96-98.