

# 供配电系统中电气自动化技术的应用

田珈毓 王宝童

内蒙古电力集团鄂尔多斯鄂托克前旗供电分公司 内蒙古 鄂尔多斯 016200

**摘要:** 在电力行业蓬勃发展、智能化转型加速推进的当下, 供配电系统的运行质量备受关注。本文聚焦供配电系统中电气自动化技术的应用。阐述了供配电系统与电气自动化技术的概念, 介绍了电气自动化在供配电系统中的功能, 包括实时监测、智能控制、故障诊断等。分析了智能终端与测控一体化、高速通信与网络架构、智能决策与协同控制等关键技术。详细探讨了电气自动化技术在供配电系统运行监控、故障诊断与处理、能耗优化等方面的具体应用。研究表明, 电气自动化技术可提升供配电系统稳定性、可靠性与经济性, 为电力行业智能化发展提供有力支撑。

**关键词:** 供配电系统; 电气自动化; 关键技术; 具体应用

**引言:** 在电力行业快速发展、智能化需求日益增长的背景下, 供配电系统作为电力传输与分配的关键环节, 其运行效率与稳定性至关重要。电气自动化技术融合多学科知识, 凭借其响应速度快、控制精度高等优势, 成为提升供配电系统性能的核心手段。深入探讨电气自动化技术在供配电系统中的应用, 不仅有助于优化系统运行, 还能推动电力行业向智能化、绿色化转型。本文将围绕相关概念、功能、关键技术及具体应用展开研究, 为行业发展提供参考。

## 1 供配电系统与电气自动化技术的概念

### 1.1 供配电系统的概念

供配电系统是电力系统的核心组成部分, 承担着电力从生产端到消费端的传输、分配、控制及保护等关键职能, 是保障各类用电设备稳定运行的能源供给网络。其以电网为依托, 通过一系列电气设备的协同运作, 实现电力的合理调配与高效供给。从结构层面来看, 供配电系统通常涵盖电源接入单元、变配电设备、输电线路、配电装置及用电终端接口等部分, 各环节紧密衔接形成闭环系统。在功能上, 该系统不仅要满足不同用户的电压等级、供电可靠性及负荷容量需求, 还需具备电压调节、负荷监测、故障隔离等能力, 确保电力供应的安全性、连续性与经济性, 是工业生产、城市建设及民生保障不可或缺的基础设施。

### 1.2 电气自动化技术的概念

电气自动化技术是融合电气工程、自动控制理论、计算机技术及信息技术的综合性技术领域, 核心是通过自动化装置与控制系统, 实现电气设备及生产过程的无人干预或半无人干预运行。其以自动控制原理为理论基础, 借助传感器、控制器、执行器及通信模块等硬件设备, 结合软件算法对电气系统的运行状态进行实时感

知、精准判断与自动调控。该技术打破了传统电气操作对人工的依赖, 通过数据采集与逻辑运算, 使电气系统能够按照预设程序或动态反馈信号自主完成操作流程。从技术特征来看, 电气自动化技术具有响应速度快、控制精度高、运行稳定性强等优势, 能够实现对电气参数的实时调控、运行状态的动态监测及系统流程的优化管理, 为电气系统的智能化升级提供核心技术支撑<sup>[1]</sup>。

## 2 供配电系统中的电气自动化功能

供配电系统中的电气自动化功能涵盖以下多方面, 为系统稳定高效运行提供有力保障。(1) 实时监测与数据采集方面, 电气自动化技术可对电压、电流、频率、谐波等关键参数进行精准监测, 将运行状态以直观可视化的形式呈现, 让运维人员及时掌握系统动态。同时, 借助远程抄表功能, 能快速准确地获取用电数据, 结合电能质量分析, 可深入了解能源使用情况, 为优化能源管理提供数据支撑。(2) 智能控制与远程操作上, 该技术实现了设备启停、负荷调节、故障隔离等操作的自动化与远程化, 减少人工干预, 提高操作效率和安全性。与智能调度系统结合后, 能根据实时用电需求动态平衡区域供电, 避免局部过载或欠载, 显著提升供电效率。(3) 故障诊断与保护机制中, 继电保护装置可快速定位故障点并自动切断故障线路, 防止故障扩大。通过数据分析预测设备寿命, 能提前安排维护计划, 实现预防性维护, 降低非计划停机风险。(4) 资源优化与节能降耗方面, 依据负荷变化自动调节变压器容量, 可有效降低空载损耗; 优化无功补偿策略, 能提升功率因数, 减少线路损耗, 实现能源的高效利用<sup>[2]</sup>。

## 3 供配电系统中电气自动化关键技术

### 3.1 智能终端与测控一体化技术

智能终端设备是供配电系统自动化的基础单元,

涵盖馈线终端 (FTU)、配变终端 (DTU)、智能电表 (TTU) 等。这些设备集成高精度传感器与嵌入式控制系统, 可实时采集电压、电流、功率因数等关键参数, 并通过标准化通信协议上传至主站系统。(1) 测控一体化技术通过整合测量、控制、保护功能, 减少设备重复配置, 降低运维成本。例如, 将互感器与断路器、变压器等高压设备进行一体化设计, 实现一、二次设备融合, 提升系统集成度。(2) 智能终端采用就地化装置设计, 减少环境干扰与数据传输环节, 提高运行可靠性。例如, 合并单元智能终端一体化装置可简化二次电缆布线, 提升系统抗干扰能力。

### 3.2 高速通信与网络架构技术

通信网络是供配电自动化的“神经中枢”, 需满足高带宽、低时延、强抗干扰等要求。(1) 光纤通信因其传输损耗低、抗干扰能力强, 成为主干通信的首选方案。光纤自愈环网通过双向闭环结构, 在单点故障时自动切换备用路径, 保障通信连续性; 光纤以太网则支持动态拓扑调整, 适应馈线保护等高实时性需求。(2) 无线通信技术 (如5G、LoRa) 用于偏远区域或移动设备接入, 弥补光纤覆盖盲区。例如, 5G通信支持毫秒级时延, 可满足分布式能源接入的实时控制需求。(3) 通信协议标准化是关键。IEC61850标准定义了设备间互操作的语法与语义, DL/T645协议规范了电表数据采集格式, 确保系统兼容性。

### 3.3 智能决策与协同控制技术

智能决策支持系统 (IDSS) 通过大数据分析 with 机器学习算法, 实现故障诊断、负荷预测与优化调度。(1) 故障诊断方面, IDSS利用模式识别技术建立故障模式库, 结合实时数据快速定位故障点。例如, 通过分析电压暂降特征, 区分雷击、短路等故障类型, 指导精准维修。(2) 负荷预测采用时间序列分析与深度学习模型, 结合气象数据与历史负荷曲线, 预测未来负荷变化趋势, 为调度提供依据。例如, 夏季高温天气下, 提前预判空调负荷增长, 调整发电机组出力, 避免过载。(3) 协同控制技术实现源网荷储互动优化。分布式能源接入时, IDSS通过协调光伏逆变器、储能装置与柔性负荷, 平抑功率波动。例如, 在光伏发电过剩时, 自动调整储能充电策略或削减非关键负荷, 维持电网平衡<sup>[3]</sup>。

## 4 电气自动化技术在供配电系统中的具体应用

### 4.1 在供配电系统运行监控中的应用

电气自动化技术在供配电系统运行监控中的应用, 核心是构建全流程、无死角的动态监测与精准调控体系, 通过技术手段实现对系统运行状态的实时掌握与高

效管理, 保障供电稳定性与可靠性。(1) 多维度参数实时采集。依托传感器技术与数据传输模块, 自动化系统可对供配电网络中的核心电气参数进行连续采集, 涵盖电压、电流、功率因数、频率、温度等关键指标。这些参数通过分布式采集节点汇总至中央控制系统, 采集频率可达毫秒级, 确保数据能够真实反映系统瞬时运行状态, 为后续监控决策提供精准依据, 避免传统人工巡检中存在的采样间隔长、数据误差大等问题。(2) 运行状态动态预警。系统通过预设的参数阈值与逻辑算法, 对采集到的实时数据进行动态分析, 当某项参数出现异常波动或接近临界值时, 自动触发预警机制。预警信息会以声光信号、系统弹窗等形式同步推送至运维终端, 同时标注异常参数的具体位置与变化趋势, 帮助运维人员快速定位潜在风险, 在故障发生前采取干预措施, 降低突发故障对供电系统的影响。(3) 远程精准调控。基于实时监测数据, 自动化系统可实现对供配电设备的远程自动化调控。针对电压偏移问题, 系统能自动调节变压器分接头或无功补偿装置, 将电压稳定在标准范围内; 当负荷出现不平衡分布时, 通过自动切换配电开关, 实现负荷的合理分配。这种远程调控能力不仅减少了人工现场操作的工作量, 还大幅提升了调控的及时性与精准度, 确保系统始终处于最优运行状态。(4) 可视化监控管理。借助自动化技术与计算机可视化技术的融合, 供配电系统的运行状态可通过监控界面实现全景展示。界面以图形化形式呈现电网拓扑结构、设备运行状态及参数变化曲线, 运维人员通过界面即可直观掌握整个供配电网络的运行情况, 同时支持历史数据查询与运行趋势分析, 为系统运维管理提供数据化支撑。

### 4.2 在供配电系统故障诊断与处理中的应用

在供配电系统故障诊断与处理中, 电气自动化技术通过构建快速响应机制, 实现故障的精准识别、定位与高效处置, 最大限度缩短故障持续时间, 降低故障造成的经济损失与安全风险。(1) 故障信号快速捕捉与识别。供配电系统发生故障时, 会伴随电流突变、电压骤降等特征信号, 自动化系统通过分布在各节点的故障检测装置, 可在故障发生瞬间捕捉这些异常信号, 并结合预设的故障诊断算法, 快速判断故障类型, 如短路故障、接地故障、设备过载故障等, 同时排除干扰信号的影响, 确保故障识别的准确性。(2) 故障位置精准定位。利用故障录波技术与行波测距技术的结合, 自动化系统能够对故障位置进行精准定位。故障发生后, 系统自动记录故障前后的电气参数变化波形, 通过分析行波在输电线路中的传播速度与时间差, 计算出故障点与监

测节点的距离,定位误差可控制在米级范围。精准的故障定位为运维人员快速赶赴现场处置提供了明确指引,大幅缩短故障查找时间。(3)故障自动隔离。在识别故障类型与位置后,自动化系统会立即触发联动保护机制,通过控制断路器、隔离开关等设备的动作,快速将故障区域与正常供电网络隔离。这种自动隔离能力可有效防止故障扩散,避免故障影响范围扩大,保障非故障区域的正常供电,减少故障造成的供电中断面积。(4)故障后自动恢复供电。对于具备备用供电回路的供配电系统,自动化系统在完成故障隔离后,可自动启动备用电源或切换至备用回路,实现对重要负荷的快速恢复供电。系统会记录故障处理全过程数据,包括故障发生时间、类型、处置措施等,为后续故障分析与系统优化提供依据,提升系统的抗干扰能力与容错能力。

#### 4.3 电气自动化技术在供配电系统能耗优化中的应用

面对能源节约与环保的需求,电气自动化技术通过对供配电系统能耗的精准管控与优化调配,实现电力资源的高效利用,降低无效能耗,提升系统运行的经济性与环保性。(1)能耗数据精准计量与分析。自动化系统通过智能电表、能耗监测终端等设备,对供配电系统各环节的能耗数据进行实时计量,包括各区域用电量、主要设备能耗、线路损耗等。这些数据经系统整合后,通过能耗分析模型进行深度处理,识别能耗异常区域与高耗能设备,明确能耗浪费的关键环节,为能耗优化提供靶向性方向。(2)无功补偿自动化调控。无功功率过大是导致供配电系统功率因数降低、线路损耗增加的重要原因。自动化系统通过实时监测系统功率因数变化,自动控制无功补偿装置的投切,如电容器组的接入与退出,确保系统功率因数维持在合理范围内。通过无功补偿的自动化调控,可有效减少线路中的无功电流,降低线路损耗,提升电力传输效率。(3)负荷动态优化调配。基于负荷预测技术,自动化系统可提前预判不

同时段、不同区域的用电负荷变化趋势,结合电网供电能力,制定动态负荷调配方案。在用电高峰时段,优先保障重要负荷供电,对非重要负荷进行有序调控;在用电低谷时段,合理利用剩余供电能力,优化储能设备充放电策略。通过负荷的均衡分配,避免部分线路过载运行,减少因负荷波动造成的能源浪费。(4)设备运行效率优化。自动化系统可对供配电系统中的主要电气设备,如变压器、电动机等的运行状态进行实时监测,根据负荷变化自动调节设备运行参数。对于变压器,通过负荷动态调整实现经济运行,避免轻载或过载导致的效率降低;对于电动机,采用变频调速技术,根据负载需求调节转速,减少无用功消耗。通过设备运行状态的优化,提升整体系统的能源利用效率,实现节能降耗目标<sup>[4]</sup>。

结束语:电气自动化技术在供配电系统中的应用已取得显著成效,在运行监控、故障处理、能耗优化等方面发挥着不可替代的作用。通过智能终端、高速通信、智能决策等关键技术的支撑,实现了供配电系统的自动化、智能化管理,提升了供电的稳定性与可靠性,降低了能源消耗与运维成本。随着技术的不断创新与完善,电气自动化技术将进一步融入供配电系统,推动其向更加高效、绿色、智能的方向发展,为保障电力供应、促进社会经济发展做出更大贡献。

#### 参考文献

- [1]陈巍.供配电系统中电气自动化技术的应用[J].中国高新科技,2021(19):62-63+95.
- [2]张轶,郎凯,宋海涛,张延焱,刘海峰.供配电系统中电气自动化技术的应用[J].电工技术,2022(2):93-95+98.
- [3]刘丽敏,黄立波,凌艺展.供配电系统中电气自动化技术的应用[J].电力设备管理,2023(15):8-10.
- [4]陈楠.电气自动化技术在供配电系统中的应用[J].光源与照明,2025(2):216-218.