

# 电力工程中的电力自动化技术分析

曹保全

青岛东亿供热管理有限公司 山东 青岛 266100

**摘要:** 电力自动化技术对电力工程至关重要。其核心构成涵盖调度、变电站、配电自动化系统及电力通信技术, 关键功能包括数据采集处理、远程监控操作等。发展趋势呈现智能化、集成化, 物联网与大数据深度应用, 且不断适应新能源接入。该技术提升电力工程运行效率与可靠性, 保障电力稳定供应, 推动电力行业向更高效、智能、可持续方向迈进。

**关键词:** 电力自动化技术; 核心构成; 关键功能; 发展趋势

引言: 在电力需求持续增长、能源结构转型的背景下, 电力工程面临诸多挑战。电力自动化技术作为保障电力系统安全稳定运行、提升运行效率的关键手段, 成为研究重点。通过先进技术实现电力系统的实时监测、控制与管理, 涵盖调度、变电站、配电等多个环节。深入了解电力自动化技术, 对推动电力工程发展、满足社会用电需求具有重要意义。

## 1 电力自动化技术的核心构成

### 1.1 调度自动化系统

调度自动化系统承担电力系统全局监控与优化调度功能, 实时监控可全方位感知电网运行状态, 采集各节点电压、电流、功率等参数, 呈现负荷分布与设备工况, 及时预警参数异常, 为调度提供数据支撑。负荷预测结合历史用电数据、气象条件等, 分析未来用电需求变化, 帮助规划电源出力与负荷分配, 避免供需失衡<sup>[1]</sup>。经济调度通过优化算法, 在满足安全约束的前提下, 合理分配不同电源出力比例, 降低发电成本与能源损耗, 提升电网经济运行水平。该系统对电网安全稳定运行至关重要。电网出现故障时, 系统可快速捕捉故障信号, 结合预设策略生成处理方案, 指导隔离故障区域、恢复非故障区域供电, 减少影响范围与停电时长; 面临高峰负荷或极端天气时, 系统通过动态调控维持电网频率、电压稳定, 防止大面积停电, 保障电力可靠供应。

### 1.2 变电站自动化技术

变电站自动化技术由保护装置、测控单元、通信网络组成。保护装置针对变压器、断路器等关键设备, 实时监测运行参数, 设备出现故障时快速启动保护机制, 避免故障扩大, 保护设备安全。测控单元采集变电站设备运行数据, 根据调度指令对设备远程控制, 实现运行状态精准把控。通信网络连接各装置与调度中心, 构建数据传输通道, 确保监测数据上传、调度指令下达, 实

现信息互通。变电站自动化技术显著提升运行效率。传统变电站依赖人工巡检, 存在周期长、误差大、响应慢等问题, 自动化技术通过自动监测与远程控制, 减少人工干预, 降低人力成本与操作失误风险; 同时对设备数据实时分析预判, 提前发现潜在故障, 便于预防性维护, 延长设备寿命, 减少非计划停机, 提升运行可靠性。

### 1.3 配电自动化技术

配电自动化技术涵盖馈线自动化、配电管理自动化。馈线自动化聚焦配电线路监控与故障处理, 在线路关键节点安装智能设备, 实时监测电流、电压, 故障时自动识别位置、隔离区段, 切换备用线路恢复供电, 无需人工现场操作。配电管理自动化整合配电网拓扑、负荷、设备状态等数据, 构建管理平台, 实现规划、监控、线损分析、运维等全流程数字化管理, 为优化提供支持。该技术在提升供电可靠性与降损方面作用突出。馈线自动化的快速故障处理大幅缩短停电时间, 减少停电次数; 配电管理自动化通过分析负荷分布, 优化线路运行方式, 避免过载或轻载, 识别高损耗区段并制定降损措施, 有效降低配电网网络线损, 提升能源效率。

### 1.4 电力通信技术

电力通信技术是电力自动化系统的“神经中枢”, 承担数据传输与指令下达角色。自动化系统各环节的监测数据、设备状态信息, 需通过电力通信技术实时传输至控制中心, 供调度分析决策; 控制中心的调度指令、控制命令, 也需依靠电力通信技术传递至执行单元, 确保调控功能落地。电力通信技术还需保障数据传输的实时性、准确性与安全性, 避免数据问题影响系统运行。常用电力通信方式包括光纤通信、无线通信。光纤通信传输容量大、速率高、抗干扰强, 广泛应用于调度中心与变电站、变电站内部关键设备间的大容量数据传输, 是骨干通信网络主要方式; 无线通信部署灵活、成本

低,适用于配电终端、用电信息采集终端等分散节点,满足偏远地区或分散设备通信需求,两种方式相互补充,支撑系统信息交互。

## 2 电力自动化技术的关键功能

### 2.1 数据采集与处理

数据采集是电力自动化技术的基础环节,采集范围覆盖电力系统全流程关键参数。在发电环节,采集发电机组的转速、温度、压力、出力等参数,实时掌握发电设备运行状态;输电环节重点采集线路电压、电流、功率、功率因数及线路环境参数(如覆冰厚度、环境温度),监测输电线路传输效率与安全状态;配电环节则采集配电网节点电压、电流、负荷分布及配电设备(如变压器、开关)的运行参数,把握配电网络负荷变化;用电环节采集用户用电功率、用电量、电压质量等数据,为需求侧管理提供依据。这些参数通过传感器、智能仪表等设备实时获取,形成覆盖“发电-输电-配电-用电”的完整数据采集网络<sup>[2]</sup>。数据处理环节需对采集到的原始数据进行多步骤加工。首先通过滤波处理去除数据中的干扰信号,如电网波动、设备噪声导致的异常数值,确保数据准确性;随后进行数据分析,结合预设阈值与历史数据,识别数据背后的运行趋势(如负荷增长趋势、设备参数衰减趋势),判断当前系统是否处于正常工况;最后进行数据存储,将处理后的有效数据按时间序列、设备类别分类存储至数据库,为后续调度决策、故障追溯、系统优化提供历史数据支撑。整个数据处理过程需保障实时性与可靠性,确保数据能快速转化为可供系统利用的有效信息。

### 2.2 远程监控与操作

远程监控通过“终端感知+网络传输+中心呈现”的方式实现对电力设备的实时监视。在各电力设备(如变电站开关、配电变压器、输电线路监测装置)上部署具备通信功能的监测终端,实时采集设备运行参数与状态信息;通过电力通信网络(如光纤、无线通信)将这些信息传输至远程监控中心;监控中心借助可视化平台,以图表、曲线、模拟画面等形式直观呈现设备运行状态,调度人员可实时查看各设备参数是否正常、是否存在异常报警信号,无需前往现场即可全面掌握电力系统运行情况。远程操作则依托稳定的通信链路与安全机制,实现对电力设备的远程控制。调度人员在监控中心确认设备状态与操作需求后,通过系统下达控制指令(如远程合闸/分闸、调整变压器档位、启停备用电源),指令经加密传输至现场执行单元,驱动设备完成相应操作。这种方式大幅减少人工现场操作的频率,降

低人员在高压、复杂环境下作业的安全风险;避免因交通、天气等因素导致的操作延迟,提升设备操作响应速度,尤其在偏远地区或恶劣天气条件下,远程操作的便利性与安全性优势更为突出。

### 2.3 故障诊断与隔离

故障诊断基于多维度技术手段识别电力系统异常。一种常用方法是信号分析,通过对比设备正常运行时的标准信号(如电流波形、电压频谱)与实时采集的信号,若发现信号存在明显偏差(如波形畸变、幅值异常波动),则判定设备可能存在故障;另一种方法是模型比较,构建电力设备的数学模型,模拟设备在不同工况下的运行参数,将实际运行参数与模型计算结果进行对比,若偏差超出允许范围,即可定位故障类型与大致位置。还可结合历史故障数据,通过对同类设备故障特征的归纳,辅助判断当前故障原因,提升诊断准确性。故障隔离则通过自动化控制手段快速切断故障影响。当系统检测到故障后,会根据故障类型与位置自动触发相应措施:对于线路短路、设备过载等严重故障,保护装置会立即发出指令,控制故障设备关联的断路器自动跳闸,切断故障回路,防止故障向周边设备蔓延;对于配电线路故障,馈线自动化系统会控制线路分段开关动作,将故障区段与正常区段隔离,随后闭合备用线路开关,快速恢复正常区段供电。这些隔离措施无需人工干预,能在短时间内完成,最大限度减少故障对电力系统整体运行的影响,降低停电范围与时长。

### 2.4 负荷管理与优化

负荷管理通过多种策略调节用户用电行为。峰谷电价策略根据电网负荷变化设定不同时段的电价,高峰时段提高电价、低谷时段降低电价,引导用户将部分非必要用电从高峰时段转移至低谷时段,平衡电网负荷;可中断负荷控制则与工业用户、商业用户签订协议,在电网负荷紧张时,通过远程指令暂时切断用户非核心用电负荷(如工业辅助设备、商业非必要照明),优先保障居民生活与核心生产用电,待电网负荷缓解后再恢复供电;还可通过宣传引导用户养成节能用电习惯,从需求侧减少不必要的电力消耗<sup>[3]</sup>。负荷优化对提升电网运行效率具有重要影响。通过平衡峰谷负荷,避免电网在高峰时段因负荷过高导致设备过载运行,同时减少低谷时段设备轻载或空载情况,提高发电设备、输电线路、配电设备的利用率,延长设备使用寿命;合理的负荷分配还能降低电网运行成本,减少因高峰时段需启动备用电源(通常发电成本较高)带来的额外开支,同时降低因负荷波动过大导致的能源损耗,提升整个电力系统的经济

运行水平,为电网安全稳定供电提供支撑。

### 3 电力自动化技术的发展趋势

#### 3.1 智能化发展

人工智能技术深度融入电力自动化各环节,智能故障诊断通过机器学习算法训练海量历史故障数据,系统可自主识别故障特征模式,设备异常时快速定位故障类型、位置及成因,甚至预判潜在风险,相比传统人工经验诊断,大幅提升效率与准确性。智能调度领域,人工智能结合实时负荷、气象信息及电源出力特性,构建动态优化调度模型,自主调整电源出力分配与电网运行方式,保障安全的同时实现能源利用效率最大化,应对复杂工况时适应性更强。智能化发展对提升电力工程自主决策能力至关重要。传统系统依赖预设规则与人工干预,面对复杂电网环境响应慢、灵活性不足。智能化技术让系统具备自主分析、判断与决策能力,可依实时数据调整运行策略,减少人工依赖,紧急场景下快速生成最优方案,保障电网稳定运行,降低决策成本与失误风险,推动电力工程从“人工主导”向“智能自主”转型。

#### 3.2 集成化发展

不同自动化系统集成是重要方向,调度与变电站自动化系统集成尤为关键。传统模式下两类系统独立运行,数据交互有延迟与壁垒,调度中心难获变电站精细化数据,变电站也难快速响应指令。集成后,调度系统可直接调用变电站实时数据优化决策,变电站依指令调整运行状态,实现协同联动,提升电网调控效率。此外,配电自动化、用电信息采集等系统集成,可构建全链条自动化体系,消除数据孤岛,实现电力系统全流程统一监控与管理。集成化通过统一平台与标准实现。搭建跨子系统一体化管理平台,采用标准化数据接口与通信协议,确保数据高效互通共享;制定统一技术规范,规范子系统功能模块与运行逻辑,避免集成障碍。这种方式简化运维流程、降低管理成本,还能发挥子系统协同效应,提升自动化系统整体性能。

#### 3.3 物联网与大数据应用

物联网为电力设备状态监测提供新手段,在变压器、断路器、输电线路等设备部署各类传感器,构建感知网络,实时获取设备运行参数与周边环境信息。数据经物联网传输至管理平台,实现设备全天候、高精度监测,相比传统定期巡检,更及时发现细微异常,为预防

性维护提供支撑<sup>[4]</sup>。大数据分析为电力工程决策提供深度支持。电力系统运行产生海量数据,通过大数据技术挖掘分析,可发现负荷变化周期、设备故障关联因素等隐藏规律。基于这些规律,优化设备运维计划、提前布局电网建设、合理制定电价策略,甚至预判用电需求与能源供应趋势,让决策从“经验驱动”转向“数据驱动”,提升科学性与前瞻性。

#### 3.4 新能源接入与适应性

新能源大规模接入对电力自动化技术提出新要求。太阳能、风能具有间歇性与波动性,出力受自然条件影响大,接入后易导致电网电压、频率波动,增加调控难度;且新能源多为分布式,传统集中式调控模式难适配,需技术在调控精度、响应速度、分布式管理能力上升级。为适应新能源接入,自动化技术形成针对性方案。分布式电源控制方面,开发自动化调控系统,实时监测出力变化,通过调节逆变器输出、协调储能充放电,平抑波动保障稳定接入。微电网管理方面,构建自动化运行体系,统一监控调度微电网内新能源、储能与负荷,外部电网故障时自主切换至孤岛模式保障关键负荷供电,恢复后平稳并网,提升新能源消纳能力与电网接纳度。

#### 结束语

电力自动化技术凭借其核心构成与关键功能,在电力工程中发挥着不可替代的作用。智能化、集成化发展趋势,以及物联网、大数据的应用,使其不断适应新能源接入需求。未来,电力自动化技术将持续创新升级,进一步提升电力系统的运行效率、可靠性与智能化水平,为电力行业的可持续发展提供坚实支撑,助力构建更加安全、高效、绿色的能源体系。

#### 参考文献

- [1]汤茗茗.电力工程中的电力自动化技术分析[J].电力设备管理,2025,(14):228-230.
- [2]杜泽润.电力工程中的电力自动化技术应用研究[J].仪器仪表用户,2025,32(07):154-156.
- [3]赵帅.自动化技术在电力工程中的应用分析[J].灯与照明,2025,49(01):157-159+163.
- [4]姜维.电力系统中的电力自动化技术应用[J].通讯世界,2024,31(01):100-102.