

电气自动化技术在电力系统运行中的应用

李 恒

山东红石环保科技有限公司 山东 济南 250000

摘要：电气自动化技术凭借高效性与精准性，在电力系统发电、输电、配电及安全运行各环节发挥关键作用。本文详细阐述该技术在发电设备启停控制、过程调节与状态监测中的应用，分析输电线路巡检、电压潮流调节及设备保护的技术路径，探讨配电网调度、设备控制与故障处置的自动化模式，并研究安全运行中异常识别、隐患预警及故障恢复的自动化机制。通过整合感知、控制与通信技术，电气自动化技术有效提升电力系统运行稳定性与经济性，为电力行业智能化转型提供坚实技术支撑。

关键词：电气自动化技术；电力系统；发电环节；输电环节；安全运行

引言：电力系统作为能源传输与分配的核心载体，其运行稳定性与效率直接影响社会经济发展。传统电力系统依赖人工操作与经验判断，存在响应滞后、精度不足等问题，难以适配新型电力负荷接入与可再生能源消纳的复杂需求。电气自动化技术通过融合程序控制、智能算法与通信技术，构建覆盖发电、输电、配电全环节的自动化管控体系，实现设备启停、参数调节、故障处置等流程的智能化与标准化。该技术不仅突破人工操作的局限性，更通过实时监测与动态调控，提升系统抗干扰能力与运行经济性，成为推动电力系统向高效、安全、智能方向演进的关键驱动力。

1 电气自动化技术在电力系统发电环节的应用

1.1 发电设备的自动化启停控制

发电设备的自动化启停控制是电气自动化技术在发电环节的基础应用，依托程序控制逻辑与高精度感知模块，实现发电设备启停流程的标准化、智能化管控^[1]。启停控制流程严格遵循预设程序及工况条件，通过自动化控制系统完成信号采集、逻辑判断与指令下发，规避人工操作带来的流程偏差与安全隐患。控制系统通过电压互感器、电流互感器等感知元件实时监测电网及设备状态参数，将采集数据与预设阈值进行比对，精准判断启停时机。启动阶段按预设逻辑依次完成辅助系统投运、参数预热、负荷逐步加载等流程，停机阶段则实现负荷平稳卸载、系统有序停运及参数复位，整个过程无需人工干预即可完成。该控制模式以DCS系统为硬件支撑，遵循程序控制的核心逻辑，每一步操作均设置双重条件判据与超时复位机制，确保启停过程的安全性与稳定性，为发电环节的有序开展奠定基础。

1.2 发电过程的自动化调节

发电过程的自动化调节是维持发电系统稳定运行的

核心手段，基于经典控制理论构建闭环调节架构，对发电过程中的关键参数实施动态调控，保障发电质量与效率。调节系统依托高精度传感器及信号调理电路，实时采集发电过程中的汽包水位、主蒸汽温度与压力、烟气含氧量等关键参数，经信号转换后接入控制系统数据总线，形成实时监测数据库。根据被控参数特性配置差异化调节策略，通过PID控制、串级控制等经典控制方法，对燃料供给、给水流量、励磁电流等调节机构进行精准调控，消除各类扰动因素导致的工况偏离。调节过程中通过反馈机制持续修正调控偏差，使各项运行参数稳定在额定范围，实现发电过程的动态平衡。这种自动化调节模式整合了感知、分析、决策与执行的完整逻辑，突破人工调节的精度局限，确保发电过程的连续性与稳定性，符合现代电力生产的技术要求。

1.3 发电设备运行状态的自动化监测

发电设备运行状态的自动化监测是防范设备故障、延长设备使用寿命的重要支撑，构建覆盖设备全运行周期的感知与监测体系，实现设备状态的实时感知、数据处理与异常预警。监测系统集成多种高精度感知元件，对发电机、锅炉、汽轮机等核心设备的运行参数进行全面采集，涵盖转速、水温、油温、油压及电气输出参数等关键指标。采集数据经抗干扰处理后传输至数据分析模块，通过数据比对、趋势分析等方式判断设备运行状态，及时识别参数异常、部件损耗等潜在隐患。监测系统与设备保护机制联动，当监测到参数超出安全阈值时，自动触发预警信号，为运维工作提供精准指引。该监测模式依托自动检测技术的核心原理，实现对设备运行状态的全方位、全天候监测，替代传统人工巡检模式，提升隐患识别的及时性与准确性，为发电设备的安全稳定运行提供技术保障。

2 电气自动化技术在电力系统输电环节的应用

2.1 输电线路的自动化巡检

输电线路的自动化巡检是电气自动化技术在输电环节的重要应用,依托现代传感技术、通信技术与数据处理技术,构建覆盖输电线路全长度的无人化巡检体系,突破传统人工巡检的时空局限与精度短板^[2]。巡检系统整合无人机巡检模块、在线监测终端及数据传输网络,对输电线路导线、绝缘子、杆塔等关键部件实施全方位监测。在线监测终端实时采集线路运行过程中的环境参数与设备状态数据,经无线通信模块传输至后台处理中心,结合无人机巡检获取的图像信息,完成数据融合与分析。通过图像识别算法与参数比对技术,精准识别线路破损、绝缘子老化、杆塔倾斜等潜在隐患,形成巡检报告并推送至运维终端。该巡检模式以输电线路状态监测技术为理论支撑,实现巡检流程的自动化、智能化与常态化,提升巡检效率与隐患识别精度,为输电线路安全运行提供技术支撑,契合电力系统智能化发展趋势。

2.2 输电电压与潮流的自动化调节

输电电压与潮流的自动化调节是维持输电系统稳定运行、提升输电效率的核心手段,基于电力系统分析理论与自动控制技术,构建闭环调节体系,实现输电参数的动态精准调控。调节系统通过电压互感器、电流互感器采集输电线路的电压、电流信号,经信号调理与模数转换后接入调控主机,构建实时参数数据库。调控主机结合输电系统运行工况,通过最优潮流计算方法,确定电压与潮流的合理调控目标,依托晶闸管、电抗器等电力电子器件,对输电电压与潮流进行动态调节。针对输电过程中出现的电压波动、潮流偏移等问题,调节系统自动调整相关设备运行参数,将电压维持在额定范围,使潮流分布趋于合理,减少输电损耗。这种自动化调节模式整合了电力电子技术与自动控制理论,突破人工调节的滞后性与局限性,确保输电系统运行的稳定性与经济性,符合现代输电系统的调控需求。

2.3 输电设备的自动化保护

输电设备的自动化保护是防范输电系统故障扩大、保障设备安全的关键支撑,依托继电保护技术与自动化控制技术,构建全方位、多层次的保护体系,实现故障的快速识别与处置。保护系统集成多种保护模块,针对输电线路、变压器、断路器等核心设备,配置差异化保护策略,实时监测设备运行状态参数。当输电设备出现短路、过载、绝缘损坏等故障时,保护系统快速采集故障信号,通过逻辑判断确定故障类型与故障范围,立即发出保护指令,触发断路器跳闸、隔离开关动作等处

置措施,切断故障回路,防止故障蔓延至其他设备与线路。保护系统还具备故障记忆与数据上传功能,为故障排查与运维优化提供精准数据支撑^[3]。该保护模式以继电保护原理为核心,结合自动化控制技术实现保护动作的快速性、准确性与可靠性,替代传统人工保护模式,为输电设备安全运行筑牢防线,保障输电系统的连续性与稳定性。

3 电气自动化技术在电力系统配电环节的应用

3.1 配电网络的自动化调度

配电网络的自动化调度依托电气自动化技术与通信技术的协同融合,实现配电网络运行的动态调控与优化配置,是配电环节高效运行的核心支撑。调度系统通过整合远程终端单元采集的配电网络实时参数,结合配电网络拓扑关系,完成负荷分布的动态分析与调整。通过预设调控逻辑,自动平衡配电网络各区段负荷分配,规避线路过载或负荷不均导致的运行隐患,保障配电网络电压、频率稳定在合理范围。自动化调度技术打破传统人工调度的滞后性,实现配电资源的精准分配,适配新型电力负荷接入带来的随机性与波动性,提升配电网络运行的经济性与合理性,为配电环节高效运转提供技术保障。

3.2 配电设备的自动化控制与状态监测

配电设备的自动化控制与状态监测是保障配电系统稳定运行的关键举措,通过整合智能终端技术与自动化控制理论,实现配电设备全流程管控。自动化控制聚焦断路器、接触器、配电变压器等核心设备,通过预设控制逻辑,完成设备的精准启停与运行参数调节,规避人工操作带来的偏差。状态监测则通过在设备关键部位部署智能传感器,实时采集设备运行参数与非电量状态,包括电压、电流、功率因数及设备温度等,通过通信网络传输至监控中心,实现设备运行状态的实时感知。通过对监测数据的持续分析,及时捕捉设备运行异常,为设备维护提供精准依据,延缓设备老化进程,保障配电设备长期稳定运行。

3.3 配电故障的自动化定位与隔离

配电故障的自动化定位与隔离依托自动化检测技术与故障分析算法,构建闭环故障处置体系,大幅提升故障处置效率。故障发生时,分布在配电网络各节点的检测装置快速捕捉故障特征信号,通过数据传输系统将故障信息反馈至控制中心,系统结合配电网络拓扑结构与故障特征,精准锁定故障区段。随后,自动化控制系统发出控制指令,驱动故障区段两侧开关动作,实现故障区段的快速隔离,防止故障范围进一步扩大。该技术有

效规避传统故障排查的盲目性,缩短故障处置时间,保障非故障区段正常供电,提升配电系统运行的可靠性,契合配电环节安全稳定的运行需求。

4 电气自动化技术在电力系统安全运行中的应用

4.1 电力系统异常状态的自动化识别

电力系统异常状态的自动化识别是电气自动化技术在安全运行环节的基础应用,依托电力系统状态监测技术与故障诊断理论,构建全方位的异常识别体系,实现对系统运行状态的精准研判^[4]。识别系统整合分布在电力系统各环节的感知终端,实时采集电压、电流、频率、绝缘性能等关键运行参数,经信号滤波、降噪等抗干扰处理后,传输至数据处理模块。通过特征提取算法与参数比对技术,对采集数据进行深度分析,精准区分正常运行状态与异常状态,明确异常类型与表现形式。识别系统结合电力系统运行规律,预设不同异常状态的特征阈值,通过动态比对完成异常识别,规避人工识别的滞后性与主观性。该识别模式以智能检测与模式识别理论为支撑,实现异常状态识别的自动化与精准化,为电力系统安全防控提供前置保障,适配现代电力系统复杂的运行工况。

4.2 安全隐患的自动化预警

安全隐患的自动化预警是防范电力系统故障发生、保障安全运行的关键手段,整合状态监测技术、数据挖掘技术与预警理论,构建多层次预警体系,实现隐患的提前预判与精准提示。预警系统基于异常识别结果,结合设备运行寿命数据、环境影响因素,通过趋势分析与隐患评估模型,判断隐患发展趋势与潜在危害程度。预警系统根据隐患等级划分不同预警标准,针对不同类型隐患配置差异化预警机制,当监测到隐患达到预警阈值时,自动触发预警信号,通过运维终端推送预警信息,明确隐患位置、类型及防控建议。预警系统具备数据存储与追溯功能,留存隐患发展过程数据,为隐患排查与防控策略优化提供数据支撑。该预警模式依托电力系统安全预警技术,实现隐患预警的智能化与常态化,提前规避隐患引发的故障风险,为电力系统安全运行筑牢前置防线。

4.3 故障后的自动化恢复控制

故障后的自动化恢复控制是减少故障损失、恢复电力系统正常运行的核心支撑,基于电力系统恢复控制理论与自动控制技术,构建快速恢复体系,实现故障后的高效处置与系统复位。恢复控制系统与故障定位、隔离系统深度联动,在故障被隔离后,自动采集系统剩余运行参数与负荷需求数据,通过恢复策略优化算法,生成最优恢复方案^[5]。恢复控制系统按预设逻辑,自动下发控制指令,调整相关设备运行状态,逐步恢复故障区域供电,优化功率分配,确保系统恢复过程平稳有序。恢复过程中实时监测系统运行参数,动态调整恢复策略,规避恢复过程中出现的二次故障,确保系统恢复后运行稳定。该恢复模式以电力系统故障恢复技术为核心,融合自动化控制与智能决策理念,突破传统人工恢复的低效性与局限性,最大限度缩短故障处置时间,降低故障对电力系统运行的影响,保障供电连续性。

结束语

电气自动化技术在电力系统运行中的应用成效显著,在发电、输电、配电及安全运行各环节均发挥着关键作用。通过自动化控制、监测、调节与保护等手段,实现了电力系统运行的高效化、智能化与安全化,有效提升了电力供应的可靠性与稳定性。随着技术持续创新,电气自动化技术将不断优化升级,进一步深度融入电力系统,为电力行业的可持续发展提供更强大的动力,保障电力系统更好地服务社会经济发展。

参考文献

- [1] 龚伟,汪锐.电气自动化技术在电力系统运行中的应用[J].科学与信息化,2025(16):100-102.
- [2] 陈元杰.电气自动化技术在电力系统运行中的应用[J].科学与信息化,2022(20):99-101.
- [3] 王金龙.电气自动化技术在电力系统运行中的应用[J].中国科技投资,2021(19):135,137.
- [4] 章桂梅.电气自动化技术在电力系统运行中的应用[J].中国设备工程,2022(5):220-221.
- [5] 张杨.电气自动化技术在电力系统运行中的应用[J].车时代,2022(10):81-82.