

电气安全生产视角下电气工程及其自动化应用

张国帅 王宪涛 周忠玉 王 东

山东国华时代投资发展有限公司 山东 济南 250000

摘 要：电气系统的稳定运行是工业生产安全管控的重要核心，自动化技术的融入能够有效提升电气系统的运行稳定性与风险防控能力。本文立足安全生产视角，系统梳理电气安全与自动化技术的基础体系及内在关联，分类阐释各类自动化技术在电气运行监控、设备控制、故障处置及智能防护中的具体应用，全面剖析硬件、程序、运维、环境等维度的安全影响因素，多角度提出电气自动化系统软硬件、作业流程及运维体系的优化方式，可为电气系统安全、稳定、长效运行提供技术参考。

关键词：电气安全生产；电气工程；自动化技术；系统运维

引言：现代工业体系不断升级完善，电气系统作为生产运行的核心基础设施，其安全运行状态直接关系工业生产整体稳定性。传统电气管控模式依赖人工操作与定期巡检，存在操作误差大、巡检覆盖不全、风险响应滞后等诸多短板，难以适配现代化电气系统的运行需求。自动化技术凭借智能感知、自主调控、实时预警的技术优势，逐步融入电气系统运行全流程。依托安全管控要求规范自动化技术应用，优化系统运行与运维模式，是提升电气安全生产水平的重要途径。

1 电气安全生产与电气自动化基础体系

1.1 电气安全生产基础构成

电气安全生产依托多维度基础条件构建稳定运行框架，涵盖设备运行、系统组网、现场操作、安全防护与作业环境五大层面。设备运行层面关注电力传输、控制装置的整体工况，器件稳定性、线路完好度与负荷承载上限，直接影响电气系统安全运行水平。系统组网层面讲究架构布局合理，规整线路排布与模块衔接方式，均衡运行负荷，减少电气异常工况的发生。现场操作层面约束各类电气作业行为，明确设备启停、工况调节、回路检修的执行标准，降低人工操作失误引发的安全问题。安全防护层面包含绝缘处理、过载防护、漏电阻断、接地保护等手段，从技术源头规避电气运行风险^[1]。作业环境层面的温湿度、洁净度、通风与防爆条件，都会对电气设备绝缘性能和运行状态产生直接影响。

1.2 电气工程自动化系统组成结构

电气工程自动化系统由多个独立功能模块构成，各模块分工明确，共同支撑电气系统智能化运转。感知采

集模块为系统前端核心感知单元，依托传感与检测元件，持续采集电流、电压、设备温度、运行负荷等关键参数，精准捕捉工况细微波动。传输通信模块搭建稳定信息通道，完成现场数据与控制指令的双向传输，保障数据交互精准高效。核心控制模块整合采集数据并开展逻辑运算，结合现场实际工况输出适配的调控指令。执行操作模块对接各类电气设备，完成设备启停、参数微调、回路通断等实操动作，落地各项控制指令。监控预警模块实时追踪系统运行动态，捕捉异常信号，为电气安全管控提供可靠数据依据。

1.3 电气安全生产与自动化技术关联逻辑

电气安全生产的管控需求，划定自动化技术在电气领域的应用方向。传统电气安全管控高度依赖人工排查与手动操作，人为干预带来的不确定因素，会增加电气系统的运行风险。自动化技术依托智能采集与自主调控能力，大幅减少人工参与的作业环节。自动化设备可全天候监测电气线路与设备工况，填补人工间断性巡检的管控空白。智能调控机制可根据实时工况调整设备运行参数，修正运行偏差，维持电气系统稳定工况。自动化防护机制可在系统出现异常时快速启动保护动作，切断故障回路，遏制风险扩散。技术手段的升级可以持续补齐传统电气安全管控的短板，压缩安全风险产生的空间。

2 电气安全生产视角下自动化技术应用类型

2.1 电气运行自动化监控技术应用

电气运行自动化监控技术是保障电气系统稳定运行的核心技术手段，主要针对电气系统全程运行状态开展动态监测。该技术依托高精度传感设备，捕捉电气系统

运行过程中的各类运行参数,涵盖电流波动、电压幅值、设备温度、线路负荷等关键数据。设备内置的监测单元可以持续采集电气回路、配电装置、输电线路的实时工况信息,精准捕捉工况波动产生的细微数据变化。采集得到的各类数据会输送至控制终端完成分类存储与智能解析,判别电气系统运行状态的稳定程度^[2]。监控体系可以针对不同电气区域、不同设备单元实现分区监测,细化监测范围,杜绝监测盲区的出现。不间断的数据采集模式可以完整覆盖电气系统全时段运行工况,填补人工巡检存在的时段空白。

2.2 电气设备自动化控制技术应用

电气设备自动化控制技术聚焦各类电气设备的自主化管控,适配工业电气系统的常态化运行需求。该技术依托预设控制程序与逻辑算法,实现电气设备启停、参数调节、负荷分配等基础操作的智能化运行。针对配电设备、变频设备、动力传输设备等核心电气装置,控制系统可以根据现场运行工况自主调整运行参数,适配不同时段的用电负荷需求。控制程序可以锁定设备安全运行区间,参数超出合理区间时,系统会自主完成微调修正,维持设备运行的稳定性。该技术能够替代大量人工手动操作模式,减少人为操作带来的参数偏差与运行失误,让设备运行模式更加标准化、规范化。智能调控可以精准匹配复杂工况下的设备运行需求,稳定电气系统整体运行状态。

2.3 电气故障自动化识别与处置技术应用

电气故障自动化识别与处置技术针对电气系统各类故障隐患开展精准判别与主动处理。系统通过对比实时运行数据与标准运行阈值,快速甄别过载、短路、漏电、线路老化等常见电气故障类型。智能识别程序可以捕捉故障初期的微小数据异常,提前定位隐患点位,改变故障爆发后被动处理的管控模式。系统判别故障类型与故障位置后,会触发对应的处置机制,执行回路切断、负荷卸载、故障隔离等操作,阻断故障影响范围扩散。快速的故障响应机制可以最大程度缩减异常工况持续时间,保护电气设备与线路结构完整性,降低电气系统运行隐患。

2.4 电气作业智能防护技术应用

电气作业智能防护技术围绕现场电气作业全过程搭建安全防护体系,聚焦作业过程的风险防控。该技术依托智能感知与预警装置,监测作业区域的带电状态、绝缘状态、环境风险状态,排查作业过程中的潜在风险。作业开展前,防护系统可以检测现场设备绝缘性能、接

地状态,排查作业环境存在的安全隐患。作业进行中,智能装置可以实时监测作业区域的电气参数,出现危险工况时触发预警信号,提醒作业人员规避风险。智能防护装置可联动现场电气设备完成风险阻断,有效规避误操作、违规作业及环境异常引发的安全问题,压实电气作业全过程风险防控。

3 电气工程自动化应用中的安全影响因素

3.1 自动化设备硬件层面安全影响因素

自动化硬件设备是电气自动化系统运行的实体载体,硬件工况状态直接决定系统整体安全水平。传感检测元件长期处于连续运行状态,内部元器件会出现性能衰减、精度偏移等问题,造成采集数据失真或数据缺失,干扰系统正常逻辑判断^[3]。配电模块、执行器、继电器等动力硬件,频繁接收调控指令会产生机械磨损与电气损耗,造成接触不良、动作卡顿等问题,引发设备动作失效或指令执行偏差。硬件设备安装工序存在不规范操作,固定点位松动、线路接线不牢、接线端子氧化等问题,都会提升电气系统运行隐患。硬件选型未匹配实际工况负荷,设备额定参数无法适配长期高强度运行需求,会加速设备老化损伤,造成系统运行稳定性下降。

3.2 自动化控制程序运行安全影响因素

控制程序作为电气自动化系统的核心逻辑载体,运行状态对电气安全形成直接影响。程序编写阶段存在逻辑漏洞、参数设置偏差、指令优先级错乱等问题,会导致系统运算判断失误,输出错误调控指令。程序长期运行会产生数据堆积、缓存冗余、程序运算卡顿等现象,降低系统响应速度,造成调控动作滞后。程序升级或参数改动过程中,未完成完整逻辑校验,会出现程序兼容异常、功能失效,破坏自动化系统运行秩序。程序防护机制配置不足,无法抵御数据干扰与异常信号侵入,容易出现程序紊乱、参数篡改,引发电气系统非正常运行工况。

3.3 电气自动化系统运维操作影响因素

运维操作行为贯穿自动化系统全生命周期运行,操作规范性直接左右系统安全状态。运维人员对自动化设备功能、程序逻辑、操作规范掌握不足,参数调整、设备调试、回路检修等操作会出现失误,引发系统运行异常。日常运维排查范围存在疏漏,未及时发现硬件损耗、程序异常、线路隐患等微小问题,隐患长期累积会逐步扩大为安全风险。检修作业中存在不规范操作,随意改动程序参数、私接线路、拆除防护装置,会破坏自

动化系统原有运行架构与防护体系。运维记录不完善,设备运行数据、调试信息、检修内容无法有效追溯,不利于运行状态的精准管控。

3.4 现场作业环境对自动化系统的安全影响

电气作业现场的环境条件会持续作用于自动化系统,对设备工况与程序运行形成直接干预。空气中悬浮的粉尘、金属颗粒物会附着在设备元器件表面,阻碍设备散热,引发局部过热、绝缘性能下降等问题。现场湿度过高会造成设备内部线路受潮,提升漏电、短路的发生概率,干扰传感元件与控制模块的正常工作。现场高温、低温的极端温度条件,会改变元器件运行性能,降低硬件灵敏度与程序运算稳定性。电磁干扰强度过高,会破坏信号传输质量,造成数据紊乱、指令丢失,影响电气自动化系统的精准调控能力。

4 基于安全生产的电气自动化应用优化路径

4.1 自动化系统硬件配置优化方式

自动化系统硬件配置优化围绕设备运行稳定性与安全容错能力展开,从源头降低硬件故障引发的电气风险。结合现场实际运行负荷与工况条件,科学筛选适配的传感元件、执行装置与配电设备,保证设备额定参数匹配长期运行强度^[4]。针对易损耗、高精度的检测硬件,建立周期性更换与校准机制,修正元件精度偏差,保障数据采集的真实有效。规范硬件安装施工标准,统一线路接线工艺、端子固定方式与设备安装间距,杜绝安装不规范带来的接触不良、线路松动问题。为核心电气硬件增设防护结构,强化设备防尘、防潮、抗电磁干扰能力,削弱外部环境对硬件工况的负面作用。对老旧设备开展针对性升级改造,替换性能衰减严重的元器件,提升整套硬件系统的运行耐久度。

4.2 自动化控制程序与逻辑优化方式

自动化控制程序优化聚焦逻辑严谨性与运行稳定性,规避程序缺陷引发的电气运行异常。梳理系统原有控制逻辑,修正编写漏洞、参数偏差与指令优先级错乱等问题,规范系统运算与指令输出逻辑。定期清理程序后台冗余缓存与无效数据,简化运算流程,提升系统响应速率,缩短调控动作滞后时长。程序迭代、参数修改完成后,开展多场景逻辑校验,排查兼容故障与功能缺失问题,维持系统运行秩序。增设多层程序防护架构,搭建数据拦截与防篡改机制,抵御外界异常信号干扰,规避程序紊乱、参数异动等问题。细分不同工况下的控制逻辑,针对性设置负荷调节、异常隔离的程序规则,适配复杂电气运行场景。

4.3 电气自动化作业流程规范化优化

电气自动化作业流程优化以标准化操作为核心,约束各类作业行为中的不规范操作。梳理设备调试、参数修改、日常操作、故障检修等全工序内容,制定清晰的作业操作标准,明确各环节操作规范与权限范围。细化不同作业场景的操作步骤,明确作业前期准备、中途操作要求与后期核查内容,压缩人为操作失误的空间。针对高危电气作业设置专项操作约束,细化作业权限与操作边界,杜绝私自改动系统参数、拆除防护装置等违规行为。建立作业过程核查机制,对关键操作环节进行逐项核验,及时纠正不规范操作行为,稳定电气自动化作业整体质量。

4.4 电气自动化安全运维体系优化方式

安全运维体系优化能够持续稳固电气自动化系统的安全运行状态,补齐传统运维模式的短板。细化运维巡检内容与巡检频次,覆盖硬件设备、程序运行、线路工况、信号传输等多个维度,精准排查隐性安全隐患。完善运维档案记录机制,如实录入设备调试、故障处理、参数更新、部件更换等信息,实现系统运行状态可追溯。开展常态化运维技能提升工作,补足作业人员对自动化系统逻辑、设备性能、隐患识别的认知短板^[5]。建立分级隐患处置机制,依据隐患严重程度划分处置流程,提升各类运行问题的处置效率,持续维持电气自动化系统的安全运行状态。

结束语

电气自动化技术的合理应用能够有效弥补传统电气安全管控的短板,提升电气系统风险防控能力与运行稳定性。结合电气安全生产的实际要求,从硬件配置、控制程序、作业流程、运维体系多个维度完成系统性优化,可有效规避设备损耗、程序异常、操作失误及环境干扰带来的安全隐患。标准化、精细化的自动化管控模式,能够持续优化电气系统运行状态,夯实工业电气生产的安全运行基础,保障电气系统长期稳定工况。

参考文献

- [1] 王沂. 电气安全生产视角下电气工程及其自动化应用[J]. 办公自动化,2025,30(1):16-18.
- [2] 王朋辉. 人工智能在电气工程及其自动化专业中的创新应用研究[J]. 中国设备工程,2026(1):39-42.
- [3] 李珏. 电气工程及其自动化在电气工程中的应用分析[J]. 消费电子,2026(7):230-232.
- [4] 耿毓良. 电气工程及其自动化应用中存在的问题及解决对策[J]. 汽车博览,2023(15):13-15.
- [5] 吴雨阳. 电气工程及其自动化的智能化技术应用探析[J]. 模型世界,2025(18):137-139.