

PLC技术在电气自动化控制中的应用与创新

张尧

天津美腾科技股份有限公司 天津 300000

摘要: 可编程逻辑控制器 (PLC) 作为工业自动化的核心设备, 以高可靠性、强抗干扰性和灵活扩展性, 在电气自动化控制领域广泛应用。本文阐述PLC技术核心理论与电气自动化控制基础, 分析其在工业生产、电力系统、智能楼宇等多领域的实际应用, 剖析当前技术应用中的现存问题, 探讨硬件、软件创新及与新兴技术的融合路径, 展望智能化、网络化、绿色化发展趋势, 为PLC技术在电气自动化控制中的创新应用提供参考, 助力工业自动化向高效、智能、可持续升级。

关键词: PLC技术; 电气自动化控制; 应用; 创新

引言: 随着工业智能化转型加速, 电气自动化控制对控制精度、响应速度和系统可靠性的要求不断提升, 传统控制方式已难以适配复杂工业场景需求。PLC作为专为工业环境设计的数字运算控制系统, 凭借模块化结构、简易编程和高效联动能力, 成为连接电气设备与控制流程的核心纽带。本文围绕PLC技术在电气自动化控制中的应用与创新展开研究, 梳理技术应用现状、挖掘创新方向, 为推动电气自动化控制技术升级、提升行业生产效率提供理论与实践支撑。

1 PLC技术核心理论与电气自动化控制基础

1.1 PLC技术核心概述

(1) PLC的定义与发展历程: 可编程逻辑控制器 (PLC) 是一种专为工业环境设计的数字运算操作电子系统, 以微处理器为核心, 用于执行逻辑运算、顺序控制等指令。其发展从早期继电器替代雏形, 历经模块化、微型化迭代, 关键突破在于智能芯片应用、通信功能升级, 逐步发展为兼具控制与数据处理能力的现代智能PLC。(2) PLC的核心组成与工作原理: 硬件核心包括CPU (运算控制中心)、输入/输出模块 (连接外设与PLC)、电源模块 (提供稳定供电) 及通信接口 (实现设备联动)。工作遵循“输入采样-程序执行-输出刷新”循环机制, 扫描周期决定控制响应速度, 确保指令执行的连续性与精准性, 适配工业实时控制需求。

1.2 PLC技术的核心特性

(1) 基础特性: 具备高可靠性、强抗干扰能力, 适配工业复杂环境; 编程采用梯形图等简单语言, 易学易用; 体积小、能耗低, 模块化设计可根据需求扩展, 相比传统继电器控制系统, 大幅降低故障概率与维护成本, 提升控制灵活性。(2) 进阶特性: 现代PLC具备优异实时性与数据处理能力, 支持以太网、Modbus等多种工业通信协议,

可实现多设备协同; 新增PID调节、运动控制等功能, 能适配复杂工业场景, 满足高精度控制需求^[1]。

1.3 电气自动化控制基础

(1) 电气自动化控制的定义与核心目标: 指利用电气设备与控制技术, 实现生产过程的自动监测、调节与控制, 核心目标是达成生产自动化、精准化、高效化与安全化, 减少人工干预, 降低生产误差。(2) 电气自动化控制的核心需求: 工业生产、电力传输等领域, 对控制精度、响应速度、系统可靠性及可扩展性要求极高, 需实现设备稳定运行、参数精准调控, 为PLC技术的应用提供明确需求导向。

1.4 PLC与电气自动化控制的融合基础

(1) 融合的技术可行性: PLC与电气自动化控制体系兼容性强, 接口可灵活适配各类电气设备, 程序可实现与控制流程的无缝联动, 无需大规模改造现有系统, 降低融合成本。(2) 融合的核心价值: PLC技术可显著提升电气自动化控制的效率与精度, 增强系统安全性, 优化传统控制模式的滞后性与局限性, 推动电气自动化控制向智能化、高效化升级。

2 PLC技术在电气自动化控制中的实际应用

2.1 工业生产领域的应用

(1) 流水线自动化控制: PLC是制造业流水线自动化的核心控制设备, 广泛应用于装配线、包装线、输送带系统中, 通过接收传感器信号, 精准执行工件分拣、设备启停、多工位协同等指令, 大幅减少人工干预。在汽车制造领域, PLC控制车身焊接流水线的机械臂联动, 实现焊接、搬运、检测等工序的自动化衔接, 提升焊接精度与生产效率; 在食品加工行业, PLC控制包装流水线的进料、封口、贴标等环节, 确保包装规格统一, 同时联动检测设备剔除不合格产品, 保障食品安全与生产

连续性^[2]。(2) 机械设备控制: PLC广泛应用于机床、注塑机、纺织机械等各类工业设备, 实现设备的精准控制、故障报警与维护提示, 延长设备使用寿命。在数控机床中, PLC配合伺服系统实现工件的精准定位与切削加工, 精准控制主轴转速与进给量, 提升加工精度; 在注塑机中, PLC控制合模、射胶、冷却等流程的时序与参数, 保障注塑件质量稳定; 在纺织机械中, PLC实现电机正反转、变频调速控制, 适配不同面料的纺织需求, 同时实时监测设备运行状态, 出现故障时及时报警并提示维护要点。

2.2 电力系统中的应用

(1) 供配电自动化控制: 在高低压开关柜、变压器等供配电设备中, PLC承担着负荷监测、无功补偿、故障保护与远程控制的核心作用。通过采集电压、电流等参数, PLC实时监测供配电系统运行状态, 自动调节无功补偿装置, 降低电能损耗; 当出现过载、短路等故障时, PLC快速触发保护机制, 切断故障回路, 避免事故扩大; 同时支持远程控制功能, 工作人员可通过上位机远程操作设备启停, 提升供配电系统的稳定性与运维效率。

(2) 发电设备控制: PLC在火力发电、风力发电等领域应用广泛, 有效保障发电效率与电网稳定。在火力发电中, PLC控制锅炉、汽轮机等设备的运行参数, 实现发电机组的自动启停、负荷均衡调节, 精准控制燃料供给与蒸汽温度、压力, 提升发电效率; 在风力发电中, PLC监测风速、转速等参数, 自动调节风机角度与转速, 实现风能的高效利用, 同时联动电网实现功率调节, 确保发电系统与电网稳定对接^[3]。

2.3 智能楼宇与公共设施中的应用

(1) 楼宇电气自动化控制: 在智能楼宇中, PLC广泛应用于照明、空调、电梯等系统, 实现自动调控、节能降耗与安全监控。照明系统中, PLC结合人体感应传感器与光线传感器, 实现人来灯亮、人走灯灭, 根据光线强度自动调节亮度, 大幅降低能耗; 空调系统中, PLC监测室内温湿度, 自动调节空调运行状态, 维持舒适环境的同时减少电能消耗; 电梯系统中, PLC控制电梯的升降、停靠与联动保护, 确保电梯运行安全、高效。(2) 公共设施控制: PLC在轨道交通、城市照明、污水处理等公共设施中发挥着重要作用, 实现设备的集中控制与远程运维。在轨道交通领域, PLC控制地铁站台屏蔽门与列车门的同步开关, 保障乘客安全, 同时联动信号系统实现列车的精准停靠与调度; 在城市照明中, PLC实现路灯的分时控制、亮度调节与故障监测, 提升城市照明管理效率; 在污水处理中, PLC控制水泵、曝气设备的运行,

自动调节处理流程, 确保污水处理达标排放^[4]。

2.4 特殊场景中的应用

(1) 化工领域: 化工生产环境复杂、危险性高, PLC主要用于反应釜温度、压力、流量等参数的闭环控制, 通过实时采集各类传感器数据, 自动调节进料量、加热功率等参数, 实现批量生产的标准化。同时, PLC实现安全连锁控制, 当参数超出安全范围时, 自动触发报警、停机等措施, 防范爆炸、泄漏等安全事故, 保障生产过程的稳定性与安全性。(2) 农业领域: 随着农业智能化发展, PLC在农业温室种植中应用日益广泛, 主要用于温湿度、灌溉系统的自动化控制。PLC结合温湿度传感器、土壤传感器, 实时监测温室环境参数, 自动开启或关闭加热、通风、灌溉设备, 精准控制作物生长环境, 减少人力成本, 提升农业生产效率与作物产量, 推动传统农业向智能化、自动化转型。

3 PLC技术在电气自动化控制中的创新路径与发展趋势

3.1 PLC技术在电气自动化控制中的现存问题

(1) 技术层面: 当前PLC技术应用仍存在明显短板, 高端PLC的核心芯片、操作系统等关键技术大多依赖进口, 国内企业缺乏自主研发能力, 导致核心技术受制于人。同时, 不同厂商生产的PLC产品接口协议不统一, 兼容性不足, 难以实现跨品牌、跨系统的无缝联动, 增加了系统集成的难度与成本。此外, 在复杂工业环境中, PLC的抗强电磁干扰、高温高湿适应能力有待提升, 易出现信号丢失、指令执行偏差等问题; 部分高端PLC编程逻辑复杂, 对操作人员专业要求较高, 后续维护难度大、成本高, 制约了技术的普及应用。(2) 应用层面: PLC的应用场景仍集中在传统工业生产、电力系统等领域, 在新兴领域的拓展不足, 未能充分适配新能源、智能装备等行业的个性化控制需求。与工业互联网、人工智能等新兴技术的融合不够深入, 多数应用仍停留在基础控制层面, 未能充分发挥数据驱动、智能调控的优势。同时, 高端PLC设备及系统集成成本较高, 中小企业难以承担, 导致PLC技术在中小企业的普及率偏低; 此外, 兼具PLC编程、电气自动化控制与新兴技术应用能力的复合型专业人才短缺, 成为制约PLC技术推广与创新应用的重要瓶颈。

3.2 PLC技术在电气自动化控制中的创新方向

(1) 硬件创新: 聚焦微型化、高性能PLC的研发, 优化芯片设计与电路布局, 在缩小设备体积、降低能耗的同时, 提升CPU运算速度与数据处理能力, 满足复杂场景下的实时控制需求。优化模块化设计, 推出可灵活

组合的功能模块,实现输入输出、通信、控制等功能的按需配置,提升设备的通用性与扩展性。升级工业级元器件,采用抗干扰、耐高温、耐腐蚀的优质材料,增强PLC在复杂工业环境中的适应性与稳定性,降低故障发生率。(2)软件创新:优化编程方式,推广图形化编程、自然语言编程等简洁高效的编程模式,降低编程门槛,让非专业人员也能快速上手,提升编程效率。加强控制算法创新,将模糊PID算法、机器学习算法与PLC控制深度融合,优化控制逻辑,提升系统的控制精度与自适应能力,实现复杂参数的精准调控。同时,开发智能化运维软件,实现PLC运行状态的实时监测、故障诊断与远程维护,降低维护成本,提升设备运行可靠性。

3.3 PLC与新兴技术的融合创新应用

(1) PLC与工业互联网的融合:依托工业以太网协议,实现PLC与制造执行系统(MES)、数据采集与监控系统(SCADA)的数据互通与无缝联动,打破信息孤岛。通过工业互联网平台,实现PLC设备的远程监控、参数调试与数据采集,结合大数据分析技术,对生产过程中的数据进行深度挖掘,实现设备运行状态的预测性维护,提前排查故障隐患,减少停机时间,提升生产效率与系统稳定性。(2) PLC与人工智能、物联网的融合:将人工智能算法融入PLC控制体系,通过AI技术对设备运行数据进行分析,实现故障的精准预测与智能诊断,同时根据生产工况自动优化控制参数,实现自适应调控。借助物联网技术,将PLC与各类传感器、执行设备、云端平台相连,实现多设备、多场景的协同控制与云端集中管理,构建“感知-分析-决策-控制”一体化的智能控制体系,推动电气自动化控制向智能化、无人化转型^[5]。

3.4 PLC技术在电气自动化控制中的发展趋势

(1) 智能化趋势:未来PLC将逐步向智能决策节点演进,不再局限于基础的逻辑控制与顺序控制,而是集成机器学习、模糊控制、专家系统等智能技术,具备自主分析、自主优化、自适应控制的能力,能够根据生产环境与工况变化,自动调整控制策略,提升控制的智能

化水平。(2) 网络化与开放化趋势:采用开放的硬件架构与软件平台,打破厂商壁垒,支持跨品牌、跨系统的互操作,提升系统集成的灵活性。结合5G、Ethernet-APL等新一代通信技术,实现PLC与工业设备、云端平台、移动终端的高速、稳定互联,扩大设备联动范围,实现更广域、更高效的协同控制,推动工业控制系统向网络化、分布式方向发展。(3) 绿色化与节能化趋势:响应“双碳”目标,优化PLC的硬件能耗设计,采用低功耗芯片与节能电路,降低设备自身能耗。同时,融入节能控制算法,通过精准调控设备运行状态,优化能源分配,减少电气自动化系统的能源浪费,助力工业生产、公共设施等领域实现节能降耗目标,推动PLC技术向绿色化、可持续方向发展。

结束语

PLC技术在电气自动化控制中的应用,彻底改变了传统控制模式的滞后性与局限性,推动各行业实现自动化、精准化升级。尽管当前在核心技术、应用场景和人才储备上仍存在短板,但通过硬件优化、软件创新及与工业互联网、人工智能的深度融合,其发展前景广阔。未来,需持续深耕核心技术研发,拓展应用场景,培育复合型人才,推动PLC技术迭代升级,使其更好地赋能电气自动化控制领域,助力制造业高质量发展与“双碳”目标实现。

参考文献

- [1]哈图.PLC在工业电气自动化控制中的应用分析[J].建筑发展,2021,5(2):45-46.
- [2]张俊.PLC技术在电气工程及其自动化控制中的应用[J].新丝路:下旬,2021,21(10):92-97.
- [3]王莉.PLC在电气自动化控制中的应用研究[J].科学技术创新,2023,26(6):149-150.
- [4]史海威.PLC在电气自动化控制中的应用分析[J].中外企业家,2024,31(4):171-175.
- [5]谢长发.PLC在电气自动化控制中的应用探讨[J].工程技术研究,2022,5(1):50-51.