

PLC 技术在电气工程及其自动化控制系统中的应用分析

董志敏

阿拉善职业技术学院，内蒙古阿拉善，中国

【摘要】 PLC 技术具有可编程逻辑控制器的灵活性与高可靠性，在电气工程及其自动化控制领域中能够发挥关键的作用。该技术基于数字运算操作实现逻辑控制，具备诸多方面的优势，也能提供多种功能，满足电气工程自动化控制的要求。基于此，本文概括了 PLC 技术的原理及优势，分析了其在电气工程及其自动化控制中的功能，以及在不同环节的具体应用，最后探究了该技术在系统中的设计与实现，以期促进电气工程自动化水平的提升。

【关键词】 PLC 技术；电气工程；自动化控制系统

1. 引言

在工业现代化进程不断加快的背景下，电气工程及其自动化控制水平已经成为衡量产业竞争力的一项关键指标。传统的控制方法灵活性差、维护成本高，难以满足复杂多变的工业场景需求。而 PLC 技术凭借模块化结构、高抗干扰性以及强大的逻辑处理能力，在工业控制领域中逐渐成了主流方案。目前 PLC 技术已经渗透到多个行业领域，但是在应用深度和系统集成方面仍有提升空间，需要进一步优化设计，以适应智能化发展趋势。

PLC 技术是以微处理器为核心，将自动化控制逻辑固化在可编程的存储器当中。在运行过程中，基于循环扫描机制，输入模块采集现场信号，经 CPU 按用户编写的程序逐条运算处理，输出模块将结果转换为控制指令驱动执行机构。这种架构具有高度适应性，用户可随时修改程序以应对工艺变更，无需改动硬件布线。相比于传统的继电器控制系统，PLC 的技术优势非常明显。其一是抗电磁干扰能力突出，能在强电噪声环境中稳定运行。其二是模块化设计支持灵活扩展，从十点位到上万点位均可自由组合。其三是故障诊断功能可精准定位问题，缩短停机时间。其四是运算速度达到微秒级，能满足高速动态控制需求。

2. PLC 技术在电气工程及其自动化控制中的功能

2.1 顺序控制功能

PLC 的顺序控制功能是以逻辑驱动为核心，能够精准编排设备的动作时序。在自动化生产线上，该项功能通过设定条件触发机制，控制机械臂抓取、输送带启停、加工单元启闭等环节的协同运作。例如，在汽车装配线上，PLC 依据预设的程序依次激活螺栓紧固、零部

件安装、质量检测等工位，各个环节严格按照既定的顺序执行，避免出现工序错乱。该功能的优势在于灵活可变，只要修改程序就能调整工艺流程，不需要重新布局硬件。而且其时间参数能精确到毫秒级，满足了高速生产节奏的需求^[1]。此外，该功能还支持多流程分支选择，根据传感器反馈信号自动切换不同作业路径，适应柔性制造需求。在复杂系统中，还可嵌套子程序实现多级顺序控制，提高生产效率。

2.2 闭环控制功能

PLC 闭环控制功能是基于动态反馈调节，对连续变化的物理量实施精准管控。例如，在温度控制场景中，系统持续采集热电偶信号，对比设定值后输出调节指令，驱动加热器调整功率形成动态平衡。此种控制不局限于单一参数，压力、流量、转速等变量均可纳入闭环范畴。该功能优势体现在响应速度快，运算周期达到微秒级，能及时校准偏差，避免超调振荡。PLC 中内置 PID 算法，用户设定比例、积分、微分系数即可优化控制品质，无需额外编程。其多回路控制能力支持同时调节多个关联参数，比如在化工反应釜中同步控制温度、搅拌速度、原料配比等。而自适应功能则可依据工况变化自动修正控制参数，维持系统稳定运行，提高复杂工业过程控制的可靠性。

2.3 开关量控制功能

PLC 开关量控制功能以二进制逻辑运算为基础，可高效处理设备启停、状态切换等离散信号。例如，在电机控制场景中，数字量输入模块采集启动按钮、限位开关的信号，经 CPU 逻辑判断后，由输出模块驱动接触器线圈通断，控制电机启停。该功能支持多条件组合判断，比如在自动化仓储系统中，只有货物到位信号与安全门关闭信号同时有效时，才允许

输送带运行。其延时控制特性支持设定信号触发延迟时间,满足特定工艺需求。例如,通风系统需要在设备停机后延时关闭风机,使余热排出。而脉冲输出可驱动步进电机或电磁阀,实现位置控制或流体定量分类,其高可靠性体现在抗干扰能力强,即使在强电磁环境下仍能稳定判断信号状态,减少设备误动作风险。

2.4 数据处理通信功能

在数据处理通信功能方面,主要是借助信息交互完成设备状态监测、参数传输、远程调控等任务。在工业现场中,高速计数模块实时采集传感器脉冲信号,对转速、流量等动态参数实行累加运算,为控制决策提供数据参考。数据转换模块支持模拟量和数字量格式转换,以便于CPU处理。其配备的通信接口能连接以太网、现场总线、无线模块,使PLC与上位机和其他设备完成数据交换。在分布式控制系统中,主站PLC通过通信协议向从站设备下发指令,同时收集运行数据,形成多级监控网络。数据存储功能记录历史运行参数,为故障追溯和工艺优化提供依据。另外,加密通信机制能够防止数据篡改,保护信息传输的安全性,满足工业互联网对数据可靠性的要求。

3. PLC技术在电气工程及其自动化系统中的应用

3.1 发电系统自动化控制

在发电系统中,PLC技术深度参与锅炉燃烧优化和汽轮机调速,针对锅炉燃烧控制采集炉膛温度、烟气含氧量、燃料流量等参数,经过逻辑运算后动态调整风煤比。例如,检测到氧量偏低时,自动增大送风机频率,减少给煤机转速,维持最佳燃烧效率。汽轮机调速系统利用PLC高速计数功能实时监测转速信号,结合电网频率需求输出调节指令,驱动油动机改变进气阀的开度,确保机组转速稳定在额定值附近。对于水力发电,PLC监控水轮机导叶开度和机组振动数据,当振动超限时立即闭锁导叶调整,防止设备损坏。此外,PLC还承担发电机励磁系统控制任务,根据端电压变化快速调节励磁电流,维持电压稳定。其模块化设计支持多机组协同控制,提高发电系统整体响应速度和运行可靠性。

3.2 输电系统自动化控制

在输电系统中,PLC技术主要用于线路状态监测和故障快速处置等方面。在高压输电线路中,PLC周期性采集绝缘子泄漏电流、导线温度、杆塔倾斜角等数据^[2]。当检测到泄漏电流突增或导线温度超限时,立即触发报警并标

记故障区段,并将数据上传至调度中心。对于线路过载问题,PLC结合实时负荷数据与预设阈值自动调整无功补偿装置投切策略,比如在轻载时切除电容器组降低线路损耗,重载时投入电抗器抑制电压波动。当发生故障短路时,PLC快速分析故障电流特征,驱动断路器分闸并记录跳闸时间,为后续故障定位提供依据。PLC在线路防雷控制上也能发挥作用,根据雷电定位系统数据,在雷击风险高发时段自动提高线路绝缘水平,投入避雷器或调整杆塔接地电阻,降低雷击跳闸率。

3.3 配电系统自动化控制

在配电系统中,PLC技术可用于馈线自动化,针对馈线故障处理持续检测线路电流、电压突变信号,检测到短路或接地故障时立即锁定故障区段并隔离。例如,驱动分段开关分闸,切断故障电流,同时将故障信息上传到主站系统。在非故障区域快速恢复供电,通过合闸联络开关转移负荷,缩小停电范围和时间。在电压控制方面,PLC采集变压器分接头位置、电容器投切状态、母线电压数据等,结合负荷波动情况动态调整控制策略。当电压偏低时优先投入电容器组提升无功补偿,电压偏高时切除电容器或调节变压器分接头降压。在分布式电源接入控制中,PLC根据光伏、风电等间歇性电源出力波动,协调储能装置充放电,平抑功率波动对配电网的影响,维持系统功率平衡和电压稳定。

3.4 用电设备自动化控制

在用电设备自动化控制中,PLC针对大型电机类设备采集电流、电压、振动等运行数据,检测到过载或异常振动时立即切断电源并标记故障代码,同时启动备用设备维持生产连续性。例如,在空压机控制中,PLC根据用气需求动态调整压缩机运行台数,低负荷时自动停运部分机组以降低能耗。对于恒压供水系统,PLC实时监测管网压力,通过变频器调节水泵的转速,使压力始终稳定在设定值附近,避免压力波动对设备造成冲击。在空调系统控制中,PLC结合室内外温度、湿度数据,智能调节制冷机组运行频率和风机风速,在满足舒适度需求的同时降低能耗^[3]。此外,PLC还支持设备定时启停功能,根据生产计划预设设备运行时段,减少非生产时段能耗,提高用电设备运行效率及能源利用率。

4. PLC技术在电气工程及其自动化系统的设计与实现

4.1 设计原则流程

在 PLC 系统设计中, 需要以功能适配性为前提, 遵循模块化、可靠性、可扩展性、经济性的原则。将系统拆分为独立功能单元, 分离输入采集、逻辑运算、输出控制环节, 便于后续维护扩展。要选用抗干扰能力强的硬件组件, 并在软件层面设置冗余逻辑, 以免单一故障造成系统瘫痪。设计中需要预留硬件接口和软件编程空间, 例如选择支持多通信协议的 PLC 主机, 预留未使用的 I/O 点位, 为后续新增设备或功能升级提供便利。在满足性能的前提下, 尽量选用性价比高的组件, 避免过度配置。在设计过程中, 先明确控制对象、工艺流程和性能指标需求, 然后确定 PLC 型号、网络拓扑和冗余方案, 最后验收模拟实际工况测试系统响应速度、控制精度及故障恢复能力, 可靠交付系统

4.2 硬件选型配置

在 CPU 选型中综合考虑运算速度、存储容量、指令集特性, 针对高速响应场景优先选择具备纳秒级运算周期的 CPU, 内置高速计数器能精准捕捉脉冲信号, 满足定位控制需求。化工反应釜监控等复杂的逻辑控制选用大容量存储 CPU, 以存储多级工艺流程与故障诊断程序。I/O 模块配置需要匹配现场信号类型, 数字量输入模块应支持多种电压等级, 以适应不同的传感器接口。模拟量输入模块应具备高分辨率, 能精确采集温度、压力等微小变化信号。选择电源模块时考虑功率冗余, 例如为 PLC 主机与扩展模块配置双电源供电, 当主电源故障时自动切换到备用电源, 避免数据丢失。通信模块要支持多协议兼容, 同时集成以太网及相应接口, 便于连接不同厂商设备, 组成异构网络架构。

4.3 软件编程调试

在软件编程调试中采用分层设计策略, 构建基础功能块, 将电机启停、传感器信号处理等常用操作封装为独立子程序, 调用参数实现功能复用, 减少代码冗余。针对温度闭环调节等复杂的控制逻辑, 拆解为数据采集、偏差计算、PID 运算、输出控制四个子模块, 各模块间通过变量传递数据, 降低程序耦合度。调试阶段运用分段测试法, 先验证单个功能块输入输出正确性, 再逐步组合功能块测试整体流程^[4]。针对步进电机定位等时序敏感型控制, 需要利用 PLC 的实时时钟功能来记录关键节点的时间戳, 对比实际动作与预期时序的偏差, 优化程序的执行效率。最后通过模拟故障注入

测试系统的容错能力, 比如强制切断某个传感器的信号, 验证程序能否触发备用逻辑以维持运行。

4.4 系统集成测试

为了验证各模块的协同运行效能和边界条件, 开展系统集成测试。首先开展静态接口测试, 检查 PLC 与传感器、执行器间的物理连接是否稳固, 通信协议配置参数是否匹配, 以免数据传输错位。随后进行动态功能联动测试, 模拟实际工况输入信号, 观察多设备动作时序是否符合工艺流程。例如, 在自动化装配线上, 验证物料检测传感器触发后, 机械臂抓取、输送带启动、拧紧枪动作先后顺序是否正确。开展临界状态测试, 设置输入信号在阈值附近波动, 检验系统能否稳定判别和执行对应逻辑。最后进行长时间运行测试, 连续运行 72 小时以上, 记录系统资源占用率、通信丢包率等指标, 评估长期运行稳定性。对出现的偶发故障, 定位原因并优化程序逻辑, 提高系统鲁棒性。

5. 结论

PLC 技术具有灵活编程、抗干扰性强、模块化结构等优势特点, 在电气工程自动化控制中发挥出巨大价值。在实际应用中, PLC 技术利用顺序控制、闭环控制、开关量控制、数据处理通信等功能, 覆盖发电、输电、配电、用电设备全环节, 提升系统运行效率和可靠性。在系统设计实现中, 遵循特定的原则, 合理选型硬件并优化软件逻辑, 最后经系统集成测试验证其协同效能。未来在工业智能化持续发展的趋势下, PLC 技术也将得到进一步的深化与应用。

参考文献

- [1]李秀荣,张贝贝.电气工程及其自动化控制系统中运用 PLC 技术的设计研究[J].产品设计,2024,28(17):125-127.
- [2]胡书诚,郝艳军,韩亮增.PLC 技术在电气工程及其自动化控制中的应用解析[J].你好成都(中英文),2023,47(36):76-78.
- [3]肖海乐,张晓丽.PLC 技术在电气工程及其自动化控制系统中的应用[J].机电产品开发与创新,2023,36(3):146-149.
- [4]王彦博.PLC 技术在电气工程及其自动化控制中的应用分析[J].电气技术与经济,2024,12(1):313-315.