

基于 PLC 技术的电气工程自动化控制系统设计与实践

伍灵鑫

(西南石油大学(成都校区), 四川 成都 610000)

摘要 随着工业自动化进程的加速,可编程序控制器(PLC)技术在电气工程自动化控制系统中得到了广泛应用。本文结合实际案例,深入探讨了基于 PLC 技术的电气工程自动化控制系统的设计原理、架构组成,分析了该系统相较于传统控制系统的优势,并对其未来发展趋势进行了展望。研究表明,PLC 技术能够有效提升电气工程自动化控制系统的可靠性、灵活性和智能化水平,为工业生产的高效运行提供有力保障。

关键词 PLC 技术; 电气工程; 自动化控制; 系统设计; 工业应用

中图分类号: TP29

文献标志码: A

DOI: 10.3969/j.issn.2097-3365.2025.23.005

0 引言

电气工程自动化作为现代工业进步的关键引擎,其控制系统效能直接关乎生产效率、产品品质与企业经济回报的核心指标。传统电气工程控制系统在应对不断升级的生产要求时,日益凸显出可靠性欠佳、适应性有限及控制效能低下的局限性。PLC 作为集成微处理器的数字运算核心,以其卓越的抗干扰性能、简易编程特性和出色的可扩展能力,已成为驱动电气工程自动化控制领域革新与升级的核心技术。在电气工程自动化控制系统的设计中集成 PLC 技术,不仅能够实现电气设备的高度精确控制与即时状态监控,还能够进行故障预判与诊断,显著提升了系统效能,进而促进工业制造体系向智能化及高效率发展。

1 PLC 技术概述

1.1 PLC 的基本原理

PLC 采用循环扫描的工作方式,主要包括输入采样、程序执行和输出刷新三个阶段。在输入采样阶段,PLC 通过输入模块将现场传感器采集到的各种信号(如开关量、模拟量等)读入到输入映像寄存器中;在程序执行阶段,PLC 按照用户编写的程序指令,对输入映像寄存器和其他内部寄存器中的数据进行逻辑运算、算术运算等处理;在输出刷新阶段,PLC 将程序执行结果从输出映像寄存器传送到输出模块,进而驱动外部执行元件(如接触器、电磁阀等)动作,实现对被控对象的控制。

1.2 PLC 的特点

1. 可靠性高。PLC 采用了一系列抗干扰措施,如光电隔离、屏蔽、滤波等,能够有效抵御工业现场的各种电磁干扰,确保系统稳定运行。同时,其内部的硬件和软件具备自诊断功能,一旦检测到故障,能够及时采取相应的保护措施,避免故障扩大^[1]。

2. 编程简单。PLC 通常采用梯形图、指令表等直观易懂的编程语言,这些编程语言与传统的继电器控制电路图相似,电气工程师无需具备深厚的计算机编程知识,即可快速上手进行程序编写。

3. 灵活性强。PLC 的硬件结构模块化,用户可以根据实际控制需求,灵活选择不同功能的模块进行组合,实现系统的快速搭建和功能扩展。此外,通过修改程序,能够轻松改变控制系统的逻辑和功能,适应不同生产工艺的变化。

4. 通信能力强。现代 PLC 具备丰富的通信接口,如 RS-232、RS-485、以太网等,能够方便地与其他设备(如计算机、变频器、触摸屏等)进行数据通信,实现系统的集中监控和远程控制。

2 基于 PLC 技术的电气工程自动化控制系统设计

2.1 系统设计原则

1. 满足生产工艺要求。在设计系统时,首先要深入了解生产工艺的具体要求,根据被控对象的动作顺序、控制逻辑以及各种参数指标,确定系统的功能和方案,确保系统能够准确无误地实现生产过程的自动化控制。

2. 可靠性与稳定性优先。由于电气工程自动化控制系统在工业生产中起着至关重要的作用，一旦系统出现故障，可能会导致生产中断、设备损坏甚至人员伤亡等严重后果。因此，在系统设计过程中，要将可靠性和稳定性放在首位，从硬件选型、软件编程、抗干扰措施等多个方面进行综合考虑，确保系统能够长期稳定运行。

3. 经济性与实用性兼顾。在保证系统性能的前提下，要充分考虑到系统的经济性和实用性。合理选择硬件设备，避免过度追求高性能而造成不必要的成本浪费；同时，优化软件设计，提高系统的运行效率，降低运行成本。此外，系统的操作界面应简洁直观，易于操作人员掌握和使用。

4. 可扩展性与兼容性良好。随着工业生产的不断发展和技术的不断进步，电气工程自动化控制系统可能需要进行功能扩展或升级改造。因此，在系统设计时，要充分考虑其可扩展性和兼容性，选择具有良好扩展性的 PLC 产品和开放式的系统架构，确保系统能够方便地与新设备、新技术进行集成。

2.2 系统硬件设计

1. PLC 选型。根据系统的控制要求、输入输出点数、控制精度、通信需求以及预算等因素，选择合适型号的 PLC。例如：对于开关量控制为主的系统，可以选择小型 PLC；对于含有大量模拟量控制的系统，则需要选择具有模拟量处理功能的中大型 PLC。同时，要关注 PLC 的品牌、性能、可靠性以及售后服务等方面，确保所选 PLC 能够满足系统的长期稳定运行需求。

2. 输入输出模块选择。根据现场传感器和执行元件的类型和数量，选择相应的输入输出模块。输入模块主要用于采集现场的各种信号，如开关量输入模块用于接收按钮、行程开关等的开关信号，模拟量输入模块用于采集温度、压力、流量等模拟量信号；输出模块则用于驱动外部执行元件，如开关量输出模块用于控制接触器、继电器等，模拟量输出模块用于控制变频器、调节阀等。在选择输入输出模块时，要注意其电压等级、电流容量、响应时间等参数，确保与现场设备匹配^[2]。

3. 其他硬件设备选型。除了 PLC 和输入输出模块外，系统还需要配备一些其他硬件设备，如电源模块、通信模块、触摸屏、传感器、执行元件等。电源模块用于为 PLC 和其他设备提供稳定的电源；通信模块用于实现 PLC 与其他设备之间的数据通信；触摸屏作为人机界面，方便操作人员对系统进行监控和操作；传感器用于采集现场的各种物理量信号；执行元件则用于实现对被控对象的控制动作。在选型过程中，要综

合考虑设备的性能、质量、价格以及兼容性等因素。

2.3 系统软件设计

1. 编程语言选择。PLC 的编程语言主要有梯形图、指令表、功能块图等。梯形图是最常用的编程语言，它以图形化的方式表示程序逻辑，直观易懂，类似于传统的继电器控制电路图，适合电气工程师使用；指令表则是一种用助记符表示的编程语言，具有编程效率高、占用内存少等优点，但可读性较差；功能块图则是一种基于图形化的编程语言，它将复杂的控制功能封装成一个个功能块，通过连接这些功能块来实现系统的控制逻辑，具有结构清晰、易于理解和维护等优点。在实际编程过程中，可根据具体情况选择合适的编程语言或多种编程语言混合使用。

2. 程序结构设计。为了提高程序的可读性、可维护性和可扩展性，通常将 PLC 程序划分为多个功能模块，如主程序、子程序、中断程序等。主程序是程序的主体，负责调用各个子程序和处理系统的主要控制逻辑；子程序则用于实现特定的功能，如电机控制、数据处理等，可以被主程序多次调用；中断程序则用于处理一些紧急事件，如外部中断、定时中断等，当满足中断条件时，系统会自动跳转到中断程序执行，执行完毕后再返回主程序继续执行。

3. 程序编写与调试。根据系统的控制要求和程序结构设计，使用选定的编程语言编写 PLC 程序。在编写过程中，要遵循编程规范和逻辑，注意变量的定义、赋值以及程序的流程控制。程序编写完成后，需要进行调试。在调试过程中，可以利用 PLC 的编程软件提供的在线监控功能，实时查看程序的运行状态、变量的值以及输入输出信号的变化情况，及时发现和解决程序中存在的问题。通过不断调试和优化，确保程序能够准确无误地实现系统的控制功能。

3 基于 PLC 技术的电气工程自动化控制系统发展趋势

3.1 向网络化、信息化方向发展

随着工业互联网和信息技术的不断发展，PLC 将与互联网、云计算、大数据等技术深度融合，实现控制系统的网络化和信息化。通过网络连接，PLC 可以将采集到的生产数据实时上传至云端，供企业进行数据分析和决策；同时，企业可以通过互联网远程监控和管理分布各地的生产设备，实现生产过程的智能化管理和优化控制^[3]。

3.2 与人工智能技术融合

人工智能技术在工业领域的应用越来越广泛，PLC 与人工智能技术的融合将成为未来的发展趋势之一。

例如：利用机器学习算法对 PLC 采集到的数据进行分析和处理，实现故障的预测和诊断；通过人工智能技术优化 PLC 的控制策略，提高系统的控制性能和效率。

3.3 小型化、高性能化发展

为了满足工业生产对设备小型化、集成化的需求，PLC 将朝着小型化、高性能化方向发展。未来的 PLC 将在保持原有功能的基础上，进一步缩小体积、降低功耗，同时提高运算速度、增加存储容量，以适应更加复杂的控制任务和恶劣的工作环境。

3.4 开放性和兼容性不断增强

为了实现不同厂家设备之间的互联互通和互操作性，PLC 的开放性和兼容性将不断增强。未来的 PLC 将采用更加开放的通信协议和标准接口，支持多种编程语言和开发工具，方便用户进行系统集成和二次开发。

4 基于 PLC 技术的电气工程自动化控制系统实践案例

4.1 案例背景

某钢铁企业的轧钢生产线在原有的控制系统下，存在控制精度低、故障率高、生产效率低下等问题。为了提高生产线的自动化水平和生产效率，企业决定对轧钢生产线的电气工程自动化控制系统进行升级改造，采用基于 PLC 技术的控制系统。

4.2 系统设计方案

1. 硬件设计。根据轧钢生产线的控制要求，选择了西门子 S7-1200 系列 PLC 作为核心控制器。该系列 PLC 具有丰富的指令集、高速的运算能力以及良好的通信性能，能够满足轧钢生产线复杂的控制需求。同时，配置了相应的输入输出模块，如数字量输入模块用于采集现场的开关信号（如限位开关、按钮等），数字量输出模块用于控制接触器、电磁阀等执行元件，模拟量输入模块用于采集温度、压力、速度等模拟量信号，模拟量输出模块用于控制变频器、调节阀等设备^[4]。此外，还配备了触摸屏作为人机界面，方便操作人员对生产线进行监控和操作；配置了通信模块，实现 PLC 与上位机之间的数据通信，以便进行生产数据的管理和分析。

2. 软件设计：用梯形图语言来写 PLC 程序，把程序分成许多功能模块，其中涉及轧钢机控制模块、电机调速控制模块、温度控制模块、故障判断模块等。轧钢机控制模块要控制轧钢机的启动、停止、轧制速度、轧制压力这些参数，电机调速控制模块通过控制变频器做到对电机的调速，从而符合不同的生产工艺需求。温度控制模块借助采集轧钢时的温度信号控制冷却系统的运行，保证钢材的质量，故障判断模块随时监测系统的运行状况，一旦察觉到故障就立刻发出警报信

号，并实施对应的保护举措，在写程序的时候，全面考量系统的可靠性与稳定性，增添了很多种保护措施，如过载保护、短路保护、欠压保护等。

4.3 系统实施与运行效果

经过紧张的施工和调试，基于 PLC 技术的电气工程自动化控制系统在轧钢生产线成功投入运行。运行结果表明，该系统有效地解决了原控制系统存在的问题，取得了显著的经济效益和社会效益。具体表现如下：

1. 控制精度提高。通过采用 PLC 的精确控制算法和高速计数功能，轧钢机的轧制速度、轧制压力以及钢材的尺寸精度得到了大幅提高，产品质量明显提升，废品率降低了 30% 以上。

2. 生产效率提升。系统实现了自动化控制，减少了人工干预，生产过程更加连续稳定，轧钢生产线的生产效率提高了 40% 以上，年产量增加了 5 万吨。

3. 故障率降低。PLC 的可靠性高，抗干扰能力强，且具有完善的故障诊断和保护功能。新系统投入运行后，设备故障率显著降低，维修次数减少了 50% 以上，维修成本大幅下降，有效保障了生产线的正常运行^[5]。

4. 操作简便。触摸屏人机界面的应用，使得操作更加直观便捷。操作人员可以通过触摸屏实时查看生产线的运行状态、各种参数以及故障信息，方便进行操作和调整，降低了操作人员的劳动强度和技术要求。

5 结束语

基于 PLC 技术的电气工程自动化控制系统在工业生产中具有关键的应用价值。通过科学合理的系统设计并加以实际应用，此套系统便可切实提升电气工程自动化控制的可靠程度、灵活性能以及智能水平，从而给企业带来较高的经济收益和社会效应。随着先进技术持续发展并取得新的进展，PLC 技术在电气工程自动化领域将会面临更多的机会与挑战，未来应加大力度深入探究并创新 PLC 技术，使它与其他先进技术相融合并持续优化，从而促进工业生产朝智能化方向发展。

参考文献：

- [1] 刘福强. 基于 PLC 技术的电气工程自动化控制系统设计研究 [J]. 电气技术与经济, 2025(01):129-131.
- [2] 居玮, 程都, 孙童. 基于人工智能的电气自动化控制系统设计分析 [J]. 时代汽车, 2024(22):130-132.
- [3] 汤宗杰. PLC 在电气工程自动化控制中的应用 [J]. 造纸装备及材料, 2024, 53(09):84-86.
- [4] 武广. 基于 PLC 的电气工程自动化控制系统设计 [J]. 集成电路应用, 2024, 41(04):262-263.
- [5] 高汉昆, 张斌. 单片机在自动化控制系统中的应用分析 [J]. 数字通信世界, 2023(11):145-147.