

PLC 控制系统在电气自动化设备中的应用探讨

王 陈

中冶华天工程技术有限公司 江苏 南京 210000

摘 要: 随着工业自动化水平不断提升, 电气自动化设备对控制系统的要求日益提高。本文围绕PLC控制系统在电气自动化设备中的应用展开探讨, 首先阐述PLC的定义、组成、及工作原理, 然后分析其在开关量控制、模拟量控制、运动控制、数据采集、信号监控及联网通信六个方面的具体应用, 最后展望PLC技术向网络化、智能化、集成化方向发展的趋势与前景。研究表明, PLC控制系统能够有效提升电气自动化设备的运行效率与可靠性, 具有广阔的应用空间。

关键词: PLC控制系统; 电气自动化设备; 应用探讨

引言

电气自动化设备是现代工业生产的核心装备, 其控制系统的性能直接影响生产效率与产品质量。PLC即可编程逻辑控制器, 凭借反应速度快、抗干扰能力强、编程灵活等优势, 已成为电气自动化领域的主流控制设备。随着制造业向智能化、网络化方向转型, PLC控制系统的应用范围持续扩大, 从传统的开关量逻辑控制延伸至模拟量处理、运动控制、数据采集及联网通信等多个领域。深入探讨PLC在电气自动化设备中的应用, 对推动工业自动化技术进步具有重要意义。

1 PLC控制系统概述

1.1 PLC的定义与组成

PLC即可编程序逻辑控制器, 其英语全名是Programmable Logic Controller, 被归类为一种工业自动化工具。它基于微型电脑作为基础, 融合了计算机科学、自控科技与通讯技术, 并能根据对生产流程及客户的需求来定制化操作。这种设备起源于1960年代后期, 最初是由汽车产业提出的要求, 旨在取代传统的继电接触式控制系统。经过数十年发展, PLC从最初的顺序控制演变为多任务、网络化控制装置, 成为工业自动化领域的控制设备。PLC的硬件由以下部分构成: 中央处理单元即CPU, 负责程序处理和逻辑运算; 存储器包括ROM和RAM, 用于存储程序和数据; 输入/输出模块即I/O模块, 用于连接传感器和执行器; 电源模块, 提供系统运行所需电源; 通讯接口, 实现与其他设备的数据交换; 扩展模块, 用于扩展I/O数量或增加特殊功能^[1]。各硬件组件通过导轨实现物理连接, 便于安装、维护和扩展。PLC的软件包含编程软件、模拟软件、通讯软件和人机界面软件。编程软件用于编写和下载程序, 支持梯形图、指令列表、结构化文本等编程语言。模拟软件允许工程师在部署前对程序进行测试。通讯软件支持数据传输协议。人机界面软件提供操作员

交互界面, 用于显示系统状态和接收操作指令。

1.2 PLC的工作原理

PLC的工作模式基于周期性扫描循环, 包含四个阶段: 输入采样阶段、程序执行阶段、输出刷新阶段、诊断和通讯阶段。输入采样阶段, PLC读取所有输入设备的状态, 将物理信号转换为CPU可处理的数字信号。输入端口具有滤波功能以消除干扰。程序执行阶段, CPU根据用户编写的控制逻辑程序, 对输入状态进行处理并产生输出。程序处理按梯形图从上到下、从左到右的顺序进行, 解算结果可被后续逻辑解算利用。输出刷新阶段, 将处理后的结果输出到相应的执行器件, 输出端口具有继电器或晶体管驱动电路以适应不同负载。诊断和通讯阶段, 系统检查自身是否出现错误, 并进行数据交换。扫描周期的计算方式为: $T = T_{读入} \times \text{点数} + T_{运算} \times \text{步数} + T_{故障诊断}$ 。这一循环不断重复, 确保PLC能够响应外部变化并执行控制。PLC的编程采用梯形图、语句表、功能块图、顺序功能图和结构文本等语言。梯形图使用广泛, 与继电器电路相似, 适合开关量逻辑控制。语句表类似汇编语言, 适用于通信和数值计算等领域。功能模块图使用方框来描绘逻辑运算关系, 适合对数字电路有深入理解的人员使用。顺序功能图主要用于阐述开关量控制系统的功能并编写顺序控制程序。结构文本是根据iec61131-3标准设定的高级编程语言。

2 PLC控制系统在电气自动化设备中的应用

2.1 开关量控制应用

plc的基础应用是开关量控制, 同时也在各个工业领域得到了广泛使用。plc具有强大的开关量控制能力, 其可以控制的输入输出点数从少至十几点、几十点不等, 最多则可达数百、数千甚至上万点。然而, 由于plc具备网络功能, 所以其控制的点数会受到一定的限制^[2]。所

控制的逻辑问题包括：组合的、时序的、即时的、延时的、不需计数的、需要计数的、固定顺序的、随机工作的，均可执行。PLC硬件结构可灵活配置，软件支持编程定制，控制运用十分灵活。可预设多套程序按需调用，适配工业现场各类工况与状态切换需求。开关量信号只有两种状态即开或关，如开关、按钮、传感器等输出的信号。PLC通过输入输出模块接收和发送开关量信号，通过编程实现与、或、非、异或等逻辑运算，通过计时器、计数器等功能模块实现延时、计数等功能。在冶金、机械、轻工、化工、纺织等行业中，开关量控制的实例众多。PLC替代传统继电器回路，实现逻辑与顺序控制，既能管控单台设备，也可用于多机组网及自动化生产线。用PLC进行开关量控制，是其他控制器无法比拟的，原因在于其能方便并可靠地用于开关量的控制。

2.2 模拟量控制应用

模拟量包含电流、电压、温度、压力等连续变化物理量，工业连续生产过程需对其实施调控。PLC进行模拟量控制，需配置A/D、D/A模块完成模拟量与数字量相互转换。A/D模块将外部模拟量转为数字量输入PLC，D/A模块把内部数字量还原为模拟量向外输出。这类特殊I/O模块具备抗干扰、电气隔离及与继电器信号交互的能力。输入模拟量多为电流、电压、温度，输出以电压、电流为主，常用量程有0~5V、0~10V、4~20mA，部分兼容正负信号。分辨率小型PLC多为8位，中大型多为12位，模块还有单路、多路之分，多路会占用更多I/O资源。中大型PLC运算功能完备，支持四则运算、开方、插值及浮点运算，自带PID指令，可完成偏差的比例、微分、积分调节，也可选用模糊控制算法保障控制精度。PLC独有优势是可同时实现模拟量与开关量协同控制，这是其他控制器难以比拟的。

2.3 运动控制应用

运动控制主要是对机床构件位移等物理参数进行调控，位移参数通常以数字量形式表示。运动控制的核心方式为数字控制（NC）技术，该技术诞生于20世纪50年代的美国，依托计算机完成自动化控制。当前工业发达国家金属切削机床的数控普及率已达40%~80%。PLC可接收计数脉冲，最高响应频率可达数千至数万赫兹，支持多种脉冲接收方式，还可实现多通道同时接收。同时PLC自带脉冲输出能力，输出频率同样可达数万赫兹。依托脉冲收发功能，再结合自身的数据处理与运算能力，搭配旋转编码器等传感设备及脉冲伺服装置，便可按照数字控制原理实现各类运动控制。中高档PLC配有专用NC模块与运动控制模块，可实现精准点位控制。运动模

块还支持曲线插补运算，能够精准规划复杂曲线运动轨迹。搭载运动单元后，PLC可通过数字控制模式完成各类数字量调控。新一代运动单元还内置数控专用编程语言，大幅简化了PLC数字控制的编程难度^[3]。PLC可实现直线运动与圆周运动的闭环控制，现已广泛应用于机械设备、数控机床、工业机器人、电梯等诸多工业领域。

2.4 数据采集应用

伴随PLC技术的演进，其数据存储区域持续扩展。某些PLC的数据存储区也就是DM区最高可达9999个字，能存放海量数据。数据采集利用计数器累积记录所获取的脉冲数量，按时转存至DM区。数据采集也借助A/D模块，把模拟量转化为数字量后，按时转存至DM区。PLC能配置小型打印机，定时将DM区的数据打印出来。PLC也可与计算机建立通信，由计算机读取并处理DM存储区数据，这时PLC可作为计算机的数据采集终端。在电力系统中，常借助PLC实时采集记录用户用电信息，按不同时段执行差异化电价计费，引导用户错峰用电，从而达到节能降耗的效果。数据采集功能能对温度、压力、流量、电压等物理量及开关量、计数器、计时器等逻辑量进行采集，经编程实现存储、分析与显示，开展统计分析，呈现到触摸屏或上位机上。

2.5 信号监控应用

PLC自带丰富自检信号与内部功能器件，既可对自身运行状态实时监测，也能对被控设备进行全程监控。对于结构复杂的控制系统，尤其是自动化控制系统而言，监控与自诊断功能尤为关键，既能减少故障发生，又便于故障快速定位排查，有效延长设备平均无故障运行时长，缩短故障维修耗时，整体提升控制系统运行可靠性。PLC的CPU可准确判定控制系统的运行状态，保证智能自动化运行^[4]。PLC的固件带有自检机制，可周期性检查系统工作状态，发现异常后系统可自动采取措施，如切换到安全模式或通知维护人员。PLC采用模块化程序设计结构，各功能模块相互独立，便于系统维护与程序更新。当某一模块出现故障时，技术人员只需对该模块进行替换或修复，无需改动整体程序，有效降低了维护难度，提高了系统运行的可靠性与可维护性。

2.6 联网通信应用

PLC联网通信性能优越，新型组网架构不断迭代更新。PLC可与计算机通信互联，由计算机完成程序编写与设备管理，单台计算机最多可管控32台PLC。单台PLC也可对接两台及以上计算机，实现数据交互与系统监控。PLC设备间支持通信互通，既可一对一连接，也能数十至上百台组网联动。同时还能与智能仪表、变频器等智

能设备联网,实现数据交换和协同控制。可搭建远程控制系统,覆盖距离可达10公里以上;也能组建局域网,高端计算机及各类智能设备均可接入。组网可选用总线型、环形结构,支持网络嵌套与网间桥接。其通信能力契合CIMS和智能工厂发展需求,使工业控制从单点、单线拓展到全域管控,整合设备、生产线与工厂层级控制。在控制规模上,PLC有着极强的适配性与灵活拓展能力。小型PLC结构精简、功能实用,主要用于单台机械设备、独立零部件或是单个作业站点的自动化管控。而大型PLC性能强劲、扩展空间大,能够同时统筹协调多台关联设备、完整自动化生产线,还可实现整座工厂多区域、多工序的集中联动控制。

3 PLC控制系统的发展趋势与前景

PLC技术向网络化方向发展,生产厂商集成总线技术和以太网通信功能,内部集成MODBUS_TCP、OPC_UA和实时以太网,组建工业控制网,用户配置通信网络即可实现控制器间数据交互及控制子站运行信息上传。5G和6G网络提升PLC通信速度和可靠性,PLC可通过互联网收发数据,工程师实现远程监控控制,将数据上传云端后利用数据分析和人工智能算法优化过程、预测故障。PLC向智能化方向发展,融合机器学习和人工智能算法,系统根据运行数据自我学习、优化控制策略,实现自主操作,在生产线上预测故障、进行预防性维护,集成深度学习技术进行模式识别,提高系统适应性^[5]。中、大型PLC可进行数字运算、浮点运算和PID控制,数据存储区扩大、处理能力增强,为智能化提供基础。PLC向集成化方向发展,系统集成层面将设备级、生产线、工厂管理层控制连接为整体,与变频器、智能仪表联网构成分布式控制系统;功能集成层面将开关量、模拟量、运动控制、数据采集、信号监控、联网通信等功能集于一体,模拟量

控制同时可进行开关量控制;技术集成层面集成计算机技术、自动控制技术和通信技术,兼具继电器控制可靠性和计算机控制灵活性。当前我国制造业加速向高端迈进,PLC技术已在冶金、能源、化工、交通、电力、建筑等多个领域实现广泛应用,有效推动了电气工程质量的整体提升。未来,PLC技术将在网络化、智能化、集成化三个方向持续深入推进,与5G通信、人工智能等新技术深度融合,不断拓展应用边界,为工业自动化发展提供坚实的技术支撑。

结语:

PLC控制系统凭借反应速度快、抗干扰能力强、编程灵活、功能集成度高等优势,已成为电气自动化设备的核心控制手段。本文从开关量控制、模拟量控制、运动控制、数据采集、信号监控及联网通信六个方面分析了PLC的具体应用,并指出其向网络化、智能化、集成化方向发展的趋势。随着5G通信、人工智能等技术与PLC深度融合,PLC控制系统将在智能制造、工业物联网等领域发挥更大作用,持续推动电气自动化技术进步与产业升级。

参考文献:

- [1]杨云.PLC控制系统在电气自动化设备中的应用探讨[J].电子世界,2021(22):64-65.
- [2]刘畅.智能PLC控制系统在中小型电气自动化工程中的应用研究[J].仪器仪表用户,2026,33(1):67-69.
- [3]耿青.PLC控制系统在电工电子设备自动化测试中的应用与优化[J].造纸装备及材料,2026,55(2):29-31.
- [4]刘骁泉.PLC技术在电气仪表自动化控制中的应用[J].中国科技期刊数据库工业B,2026(2):034-037.
- [5]莫佳俊.电气自动化控制系统在工业生产管理中的优化应用分析[J].中国设备工程,2026(1):45-47.