

基于PLC的电气控制系统设计与优化研究

盛启中

武汉市武昌电控设备有限公司 湖北武汉 430061

摘要: 在工业自动化转型、智能制造快速发展之时,可编程逻辑控制器(PLC)是现代电气控制系统的重要组成部分之一,由于它具有很强的抗干扰能力、方便的编程方式以及良好的可靠性,在很多行业里得到了广泛的应用。本文针对目前PLC控制系统存在的设计缺陷、运行效率低、控制精度差等技术问题,根据对PLC架构特点和工作机理的分析,从硬件配置优化、软件程序改进、日常维护三个方面提出了相应的技术改进措施,并用实验验证了这些措施的效果。本文不但可以为工业领域PLC系统优化设计提供理论基础和实践指导,而且可以促进工业自动化水平的提高和发展。

关键词: PLC电气控制;系统设计;优化研究

引言

在工业4.0战略的引领下以及数字化转型不断深入的背景之下,电气控制系统是工业生产的中心控制枢纽,对于提高运行效率、保证系统可靠有着重要的作用。传统的继电器接触器控制回路由于逻辑固定、反应慢、维护困难等固有的缺点,已经不能满足现代工业的发展需要了。可编程逻辑控制器(Programmable Logic Controller, PLC)依靠灵活的逻辑处理能力、优秀的抗干扰性能和方便的模块化扩展特点,渐渐取代传统设备,成为主流的控制方案之一。尽管我国PLC技术在很多领域得到了广泛的应用,但是在实际使用中还存在着选型不恰当、程序过于冗余、抗干扰性差等一些列问题,这些问题严重地阻碍了它的性能充分发挥出来。在这种情况下,对PLC电气控制系统进行设计优化研究有重大的理论指导作用和实践应用价值。

一、基于PLC的电气控制系统研究意义

(一)完善PLC电气控制系统设计与优化的理论体系

目前,可编程逻辑控制器(Programmable Logic Controller, PLC)已实现与人工智能、物联网以及边缘计算等前沿技术的深度融合。传统PLC电气控制系统的研发理念和优化方案存在着明显的理论与实践脱节现象,在具体的应用场景中,其适应性较差,不能很好地满足现代工业领域对于多工况条件下高精度控制的要求。本文对PLC核心架构、工作原理和设计方法进行了详细的分析,根据机械制造、冶金化工、新能源等行业特点,

从控制特点和个性化需求两方面对它进行了系统的分析。因此,提出一套具有普适性和针对性的PLC电气控制系统优化理论框架,确定系统构建的关键要素、核心技术以及提高的方向,弥补了目前研究中缺乏对复杂工况下精细化调控策略的研究,为PLC控制理论的发展提供有力的支持^[1]。

(二)丰富工业自动化控制领域的理论研究内涵

工业自动化系统中,可编程逻辑控制器(PLC)属于重要组成部分,它的电气控制系统设计和改进一直成为推动技术革新的重要问题。现有的研究大多集中在某个技术的应用上,而没有对系统整体性能优化的途径进行深入的研究,因此研究成果很难完全满足实际生产环境下的具体需要。本文试图冲破这样的研究范式束缚,凭借跨学科的视角把PLC控制技术、自动控制理论、电子信息技术、抗干扰工程技术、维护管理学等各方面的知识综合起来,全面剖析PLC电气控制系统从规划部署到运行维护全过程的技术难题和理论支持,从而加强工业自动化领域的学术积累和实践革新^[2]。针对目前系统存在设计缺陷、运行效能低下的问题,所提出的设计改进措施不但可以提高传统工业设备的工作效率和功能完整性,而且可以给新型工业自动化系统的设计提供新的思路和实践依据,为工业自动化技术的可持续发展打下良好的理论基础。

二、基于PLC的电气控制系统发展现状

(一)PLC电气控制系统的工业应用现状与特征

可编程逻辑控制器(Programmable Logic Controller,

PLC)已经渗透到机械制造、冶金化工、新能源开发、轨道交通等主要的工业领域中,具有多样化、规模化应用的趋势。它所具有的智能化、模块化和系统集成等特点,正在引起工业自动化领域发生深刻的变革。PLC在机械制造中通过实现机床运动控制、生产线同步调度、机器人精确操控等功能,用复杂的逻辑运算来完成设备状态监控、工艺参数调节、多工位协同作业,大大提高了生产效率,改善了产品质量,而且减少了人为操作造成的安全隐患,在冶金、化工行业里,以PLC为基础搭建起来的核心工艺控制系统可以及时获取重要数据并加以闭环调节,在面对复杂或者极端环境的时候,具有较好的稳定性和可靠性,给安全生产赋予了有力的技术支持;在新能源方面,PLC属于关键技术部分,被应用到光伏逆变器、风电变流系统以及储能装置能量管理与转换过程之中,助力新型电力系统高效运转;在轨道交通领域,PLC承担着列车自动驾驶、信号系统指挥、车站设施远程监控等重要任务,努力提高交通运输整体安全性及运营效率^[3]。

(二) PLC电气控制系统的技术发展现状与趋势

近些年来,由于电子信息技术、计算机科学、通信技术等飞速发展,可编程逻辑控制器(Programmable Logic Controller, PLC)的硬件性能和软件功能得到了极大的改善,呈现出高度集成化、智能化、网络化的趋势。从硬件上来说,现代PLC处理器运算速度明显提高,存储容量大大增加,模块化设计持续改进,可以按照工业控制的实际需要自由选择输入/输出端口、通信单元以及模拟量处理模块、高速计数模块等各个部分,从而满足不同大小、复杂程度的自动化控制系统的使用需求。抗干扰性提高,用优化后的电路设计、屏蔽技术和滤波器,在恶劣的工业环境中有效地减小了外部电磁干扰对系统的影响,保证了系统的稳定工作。部分高端型号集成了人工智能加速单元,使边缘端智能分析能力得以突破,给智能制造领域智能化转型提供了实现的可能性。从软件层面来看,PLC开发平台不断完善,支持梯形图(Ladder Diagram)、功能块图(Function Block Diagram)、结构化文本(Structured Text)以及顺序功能图(Sequential Function Chart)等多种主流编程语言,并依托CODESYS、TwinCAT等开放标准框架构建虚拟化解决方案,简化了传统的硬接线逻辑设计过程,为智能制造领域中的数字孪生技术和敏捷开发提供了关键技术支持^[4]。

(三) PLC电气控制系统现存的核心问题与瓶颈

尽管可编程逻辑控制器(PLC)电气控制系统已经取得了很大的成果,并且在不断的科技发展下不断地扩大了它的功能范围,但是它的整体性能能否充分发挥出来仍然受到诸多因素的影响。在具体的工程实践当中,由于设计思维的限制、技术选型的失误、操作规范的缺乏以及管理水平的欠缺等种种综合因素的存在,从而使系统可靠性降低、效率无法得到提高。就设计理念而言,一些开发者没有很好地考虑到工艺流程特性所要求的技术指标,造成硬件配置出现资源浪费或者功能不足的情况,并且电路布线设计不合理、强弱电混搭等现象时有发生,这些都会引起电磁干扰,从而降低系统的抗干扰性能以及长期稳定性。软件开发过程中,由于编程逻辑复杂化、指令执行优先级配置不合理等原因造成程序运行效率低,不但会增加数据处理的时间,还会降低实时响应的水平,从而影响到整个控制的效果。缺少完善的故障检测和应急处理机制,也成了目前急需解决的问题之一,系统参数出现异常或者关键部件发生故障的时候,不能及时发出警报并启动相应的安全防护措施,这样就会使事故风险增大并且会对生产连续性产生不良影响^[5]。

三、基于PLC的电气控制系统优化策略

(一) 控制需求的选型与布局改进

PLC电气控制系统稳定性主要是依靠硬件架构的合理设计和高效集成来实现的。硬件优化需要考虑PLC选择、布局规划和抗干扰性能提高这三个因素。合理的硬件配置要综合考虑实际的功能需求以及成本因素,在满足一定的工艺要求的基础上取得最好的投入产出比。根据不同的应用场景,根据控制规模和技术要求来选择合适的PLC型号——对高精度或者实时性要求高的应用场合,建议使用高性能的中型或者大型PLC,根据预算配置相应的外部扩展模块;对常规生产环境下的小型控制任务,可以优先选择价格较低、体积较小的紧凑型控制器,以达到性能和成本的平衡。硬件部署时要重视控制柜内各个模块功能区划和信号布线管理,采用分区隔离高压和低压元件、改善电缆走向的方式减小电磁兼容危险,并且依靠屏蔽材料和技术创建多层次防护体系,对抗外界环境的波动给核心电子元器件带来的影响。还要严格按照标准接口规范来保证所有的物理连接都满足机械强度和电气性能的要求。从源头上建立完整的抗干扰管理体系十分重要,可以通过增加滤波电路、稳压器、

过电压保护装置等方式来抑制电源质量下降所造成的危害；对现场传感设备输出的数据流进行预处理过滤，防止外界噪声进入系统内部；同时还要完善整个接地网络的设计，根据实际情况采取合理的降阻措施。这些关键技术措施一起形成了保证PLC系统长时间稳定运行的技术支持。

（二）逻辑精简与控制算法改进

可编程逻辑控制器（PLC）在电气控制系统中所处的重要位置，就是依靠软件程序来设计和优化。该关键环节的目的就是用简化逻辑结构、提高运行速度和精确控制性能的方法来保证程序具有良好的稳定性和可靠性，从而充分发挥出PLC的技术优势。开发时要遵守以下基本原则，按照模块化编程思想把全部的控制程序分成若干个互相独立的功能模块，包含设备启停管理、工艺流程监测、参数调节控制、故障诊断等模块。各个模块之间要有明确的分工，独立的逻辑关系，方便程序调试和后期维护，减少代码重复、逻辑错误等现象的发生，在编码过程中去掉无关操作，改变指令执行顺序来缩短扫描时间，加快系统反应速度。通过合理配置定时器、计数器或者内部寄存器等手段实现资源的合理分配，防止出现编号冲突、不必要的指令调用等问题，在复杂的情况下可以采用功能框图或者结构化的文本来表示，方便以后修改。还要根据实际情况对已有的控制策略进行改进和完善。为了克服传统PID控制算法存在的精度不够、响应滞后等缺点，采用先进的智能控制方法，比如模糊逻辑控制或者自适应PID调节策略，然后精确地调节相关的参数来达到对关键目标变量（温度、压力、速度等）的高控制精度。高温高压环境要创建安全保障体系，设置异常阈值触发系统，设置应急切断程序，增设过载防护装置等举措来防止突发事件的发生，保证环境安全。

（三）构建智能化维护与故障诊断体系

提高PLC电气控制系统稳定性最根本的方法就是创建高效的维护管理体系，该体系可以明显削减故障频次，缩减运维费用，延展设备寿命，进而保证系统长久可靠的运转。本文从远程监控、故障诊断、定期检修、人员培训四个方面入手，创建起一体化的智能化和规范化维护体系。从技术上来说，利用PLC通信协议（以太网或者RS485等）来创建集成的数据采集、分析以及预警功

能的远程管理系统，从而达到对系统运行状况进行实时监测和管理的目的。利用程序内置的智能算法对系统中的关键参数进行实时监测，在出现异常时及时定位问题所在，发出报警信号，并将报警信息发送到监控平台上，给维修决策提供技术支持。建立完善的故障案例数据库，对于每一次出现的故障做好详细的记录，形成闭环式管理，帮助企业积累经验教训，改善生产工艺布局。按照设备全生命周期管理的思想来制定科学合理的定期巡检方案，包括硬件检测、清洁润滑、功能测试等几个方面，重点放在核心部件安全性的评价以及更换上，从而避免因潜在的风险而影响到生产效率。以上措施一起形成提高PLC系统性能和可持续运营水平的基础架构。

结束语

综上所述，本文主要研究可编程逻辑控制器（PLC）在电气控制系统中优化设计，从结构设计、功能特点、工程实践等几个方面进行分析，阐述它的理论价值和未来的发展趋势。通过对已有的研究成果和技术瓶颈进行详细的考察之后，提出了一个包含硬件选择、软件编程和系统维护在内的综合改进方案。实证研究结果表明，科学地进行优化可以明显提高系统的运行效率，很好地满足了工业自动化领域对于高性能设备的要求。展望未来，依靠技术革新，PLC会推进多场景融合的应用发展，在智能制造方面有着十分广阔的发展潜力和应用前景。

参考文献

- [1] 童江, 吴蔚. 基于深度学习的发电厂电气自动化控制优化系统设计[J]. 电气技术与经济, 2026, (03): 224-227.
- [2] 万力, 王友亮, 孟磊. 建筑光储直柔电气系统设计及标准解读[J]. 建筑电气, 2026, 45(03): 28-32.
- [3] 吴华娟. 农业机械电气系统优化设计及试验[J]. 农机使用与维修, 2026, (03): 32-36.
- [4] 杜飞逸. 基于PLC控制的汽车装卸设备电气系统设计与自动化控制研究[J]. 汽车维修与保养, 2026, (03): 138-139.
- [5] 廉常军. 基于远程可视化的悬臂式掘进机智能电控系统设计[J]. 煤矿机械, 2026, 47(03): 226-229.