

工业自动化中PLC与传感器协同控制策略研究

刘 欢

鄂尔多斯市永恒华煤炭运销有限公司 内蒙古 鄂尔多斯 017099

摘 要: 随着工业自动化技术的飞速发展,可编程逻辑控制器(PLC)与传感器在工业生产中的应用愈发广泛且关键。二者协同控制策略的优化对于提升工业生产效率、保证产品质量以及增强系统稳定性具有重要意义。本文深入探讨了工业自动化中PLC与传感器协同控制的基本原理,分析了当前协同控制策略存在的问题,并提出了一系列针对性的优化策略,旨在为工业自动化领域的进一步发展提供理论支持与实践指导。

关键词: 工业自动化; PLC; 传感器; 协同控制策略

1 引言

工业自动化是现代工业发展的核心,通过先进技术实现生产过程的高效、低成本与高质量。其中,PLC作为控制核心,具备逻辑控制、数据处理和通信能力;传感器则负责实时采集温度、压力等物理量并转化为电信号,二者协同实现系统精准控制。然而,实际应用中面临传感器精度不足、PLC响应速度与算法优化、复杂环境适应性等问题。因此,深入研究PLC与传感器的协同控制策略,对提升工业自动化系统的性能与可靠性具有重要意义。

2 PLC与传感器协同控制的基本原理

2.1 PLC的工作原理

PLC是专为工业环境设计的数字运算电子系统,用可编程存储器存储指令,通过数字/模拟输入输出控制机械或生产过程。其工作分三阶段:(1)输入采样:以扫描方式依次读取输入状态和数据,存入I/O映像区。扫描周期是采样速度指标,小型PLC为几毫秒到几十毫秒,如西门子S7-200系列典型扫描周期5-15ms。(2)程序执行:按指令顺序扫描执行,依据输入映像区等内容逻辑运算,结果存入元件映像区。执行时间取决于程序复杂度和指令速度,简单逻辑指令可能仅微秒级,复杂数学运算指令或达毫秒级。(3)输出刷新:指令执行完,将输出映像区状态转存到输出锁存器,驱动外部负载。

2.2 传感器的工作原理

传感器作为检测装置,能感受被测量信息并按一定规律转换为电信号或其他所需形式信息输出,以满足信息传输、处理、存储、显示、记录和控制等要求。不同类型传感器基于不同物理原理工作。热电偶传感器基于热电效应,将温度变化转换为电势差。其热电势与温度呈近似线性关系,在一定温度范围内,温度每升高1℃,热电势变化量相对稳定。例如,K型热电偶在0-1000℃

范围内,温度每升高1℃,热电势大约增加41μV。应变片传感器基于电阻应变效应,将物体应变转换为电阻变化。应变片的灵敏度系数通常在2左右,即当物体产生1μ ϵ (微应变,1μ ϵ =10⁻⁶)的应变时,应变片电阻变化率约为2×10⁻⁶。光电传感器基于光电效应,将光信号转换为电信号。其光电转换效率取决于传感器材料和结构,常见的硅光电二极管在可见光波段的光电转换效率可达30%-50%。

2.3 PLC与传感器的协同工作机制

在工业自动化系统中,传感器将采集到的物理量信号转换为电信号,经信号调理电路处理,使其符合PLC输入模块要求。信号调理电路可能包括放大、滤波、线性化等环节。例如,对于微弱的传感器信号,需要采用放大电路将其放大到合适的幅度,一般放大倍数在几十倍到几百倍之间;滤波电路用于去除信号中的噪声和干扰,常见的滤波器有低通滤波器、高通滤波器、带通滤波器等,其截止频率根据信号特征和干扰情况确定^[1]。处理后的信号输入到PLC输入端口,PLC对输入信号采样和处理,根据预设控制程序逻辑判断和运算,生成相应控制信号。控制信号通过PLC输出端口输出,驱动执行机构(如电机、阀门等)动作,实现对生产过程控制。同时,执行机构动作状态通过传感器反馈给PLC,形成闭环控制系统,实现对生产过程精确控制。例如,在一个温度控制系统中,温度传感器实时监测温度变化,将温度信号转换为电信号输入PLC。PLC根据设定温度与实际温度的差值,通过PID控制算法计算出控制量,输出控制信号调节加热器的功率,使温度稳定在设定值附近。

3 当前PLC与传感器协同控制策略存在的问题

3.1 传感器精度与可靠性问题

传感器的精度和可靠性直接影响着PLC获取信息的准确性。在实际应用中,传感器可能会受到环境因素(如

温度、湿度、电磁干扰等)的影响,导致测量误差增大或出现故障。例如,在高温环境下,传感器的性能可能会下降,测量精度降低;在强电磁干扰环境下,传感器输出的信号可能会受到干扰,导致PLC接收到的信号不准确。此外,传感器的长期使用也可能会导致其老化、磨损,进一步影响其精度和可靠性。

3.2 PLC控制算法与响应速度问题

PLC的控制算法和响应速度对于协同控制的效果至关重要。在一些复杂的工业生产过程中,需要快速、准确地处理大量的传感器信号,并根据这些信号进行实时控制。然而,传统的PLC控制算法可能无法满足这些要求,导致控制效果不佳。例如,在一些对控制精度和响应速度要求较高的场合,如高速生产线、机器人控制等,传统的PID控制算法可能无法及时响应系统的变化,导致系统出现超调、振荡等问题^[2]。此外,PLC的扫描周期也会影响其响应速度,如果扫描周期过长,可能会导致控制信号的延迟,影响系统的实时性。

3.3 通信协议与数据传输问题

PLC与传感器之间的通信协议和数据传输方式也会影响协同控制的性能。目前,市场上存在多种不同的通信协议,如Modbus、Profibus、Profinet等,不同的传感器和PLC可能支持不同的通信协议,这给系统的集成和通信带来了一定的困难。此外,数据传输过程中可能会出现丢包、误码等问题,导致PLC接收到的传感器数据不完整或不准确,影响控制决策的正确性。

3.4 系统集成与兼容性问题

在工业自动化系统中,往往需要将多个PLC和传感器进行集成,形成一个复杂的控制系统。然而,不同厂家生产的PLC和传感器在硬件接口、软件编程等方面可能存在差异,导致系统集成和兼容性问题。例如,某些传感器可能无法直接与特定的PLC进行连接,需要通过额外的转换模块或接口电路才能实现通信;某些PLC的编程软件可能不支持特定传感器的驱动程序,导致无法正确读取传感器数据。

4 PLC与传感器协同控制策略的优化

4.1 提高传感器精度与可靠性的策略

传感器选型与校准:选择传感器时,应根据实际应用场要求,选精度高、可靠性好的产品。例如,在精密测量场合,可选用精度达 $\pm 0.01\%$ FS的高精度传感器。定期校准传感器确保测量精度,校准可采用标准仪器比对,根据比对结果调整修正。校准周期根据传感器类型和使用环境确定,一般高精度传感器校准周期为3-6个月,普通传感器校准周期为6-12个月。

环境补偿与防护:针对传感器受环境因素影响,采取环境补偿和防护措施。在高温环境下,采用散热装置或选耐高温传感器。例如,为热电偶传感器加装散热片,可使传感器在高温环境下工作温度降低 $20\sim 30^{\circ}\text{C}$,提高测量精度。在强电磁干扰环境下,采用屏蔽措施或选抗干扰能力强的传感器。采用金属屏蔽罩可将电磁干扰强度降低 $30\sim 50\text{dB}$ 。对传感器密封处理,防止灰尘、水分进入影响性能。密封良好的传感器在潮湿环境下使用寿命可延长2-3倍。

传感器冗余设计:对可靠性要求高的工业生产过程,采用传感器冗余设计。同时安装多个同类型传感器测量同一物理量,通过数据处理算法融合多个传感器输出信号,提高测量结果准确性和可靠性^[3]。例如,在航空航天领域,关键参数测量常采用三冗余传感器设计,通过多数表决算法确定最终测量值,使系统可靠性提高一个数量级以上。当某个传感器故障时,系统自动切换到其他正常传感器,保证生产连续性。

4.2 优化PLC控制算法与提高响应速度的策略

先进控制算法的应用:针对传统控制算法不足,引入先进控制算法,如模糊控制、神经网络控制、自适应控制等。这些算法能更好处理非线性、时变性和不确定性系统,提高控制系统性能。例如,在机器人控制中,采用模糊控制算法可根据机器人运动状态和环境信息实时调整控制参数,实现更灵活精确运动控制。实验表明,采用模糊控制算法后,机器人定位精度可提高 $20\%\sim 30\%$,运动轨迹跟踪误差可降低 $30\%\sim 40\%$ 。

优化PLC程序结构:合理设计PLC程序结构,减少不必要扫描和运算,提高程序执行效率。采用模块化编程方法,将复杂控制程序分解为多个相对独立模块,每个模块完成特定功能,便于程序调试和维护。例如,在一个大型化工生产控制系统项目中,采用模块化编程后,程序开发时间缩短 30% ,调试时间缩短 40% 。合理利用PLC定时器、计数器等指令,实现精确时间控制和计数功能。例如,利用定时器实现精确延时控制,延时精度可达毫秒级。

提高PLC硬件性能:选性能更高的PLC硬件产品,如高速处理器、大容量内存等,提高数据处理能力和响应速度。采用分布式I/O系统,将I/O模块靠近传感器和执行机构,减少信号传输距离,提高系统实时性。例如,采用高速处理器(主频达 1GHz 以上)的PLC,程序执行速度可提高 $50\%\sim 70\%$;分布式I/O系统可使信号传输延迟降低至几毫秒以内。

4.3 解决通信协议与数据传输问题的策略

统一通信协议：系统设计和集成中，尽量选统一通信协议，减少不同协议间转换和兼容性问题。例如，在同一个工业自动化系统中，优先选一种主流通信协议，如Profinet，并确保所有传感器和PLC都支持该协议。若必须用不同通信协议，采用协议转换器或网关设备转换协议。协议转换器转换延迟一般在几毫秒到几十毫秒之间，对系统实时性影响较小。

数据校验与重传机制：数据传输中，采用数据校验和重传机制，确保数据完整性和准确性。采用循环冗余校验（CRC）算法校验传输数据，若发现数据错误，要求发送方重新发送数据。研究表明，采用CRC校验后，数据传输误码率可降低至 10^{-6} 以下。此外，采用握手协议等方式，确保数据可靠传输。握手协议可使数据传输成功率提高至99%以上。

优化网络拓扑结构：合理设计工业自动化系统网络拓扑结构，减少网络延迟和拥塞。采用星型、环型或总线型等网络拓扑结构，根据系统规模和要求选合适拓扑结构。例如，对于小型工业自动化系统，星型网络拓扑结构简单可靠，网络延迟小；对于大型分布式系统，环型或总线型网络拓扑结构可提高网络扩展性和可靠性。合理分配网络带宽，确保关键数据优先传输^[4]。例如，通过设置不同优先级，使关键控制数据传输带宽占总带宽的70%以上，保证系统实时性。

4.4 解决系统集成与兼容性问题的策略

标准化接口与规范：制定统一硬件接口和软件编程规范，确保不同厂家PLC和传感器能方便集成和通信。采用标准电气接口和通信接口，如RS485、以太网等，以及标准编程语言和开发环境，如IEC61131-3标准。IEC61131-3标准规定了五种编程语言（梯形图、指令表、功能块图、顺序功能图、结构化文本），提高了程序可移植性和互操作性。

中间件与驱动开发：针对不同厂家PLC和传感器间兼容性问题，开发中间件和驱动程序。中间件实现不同系

统间数据交换和通信，驱动程序实现PLC对特定传感器数据读取和控制。通过中间件和驱动开发，降低系统集成难度，提高兼容性。例如，开发一个通用中间件，可实现不同品牌PLC与多种传感器通信，开发周期一般为3-6个月，开发成本相对较低。

系统集成测试与验证：系统集成完成后，进行全面测试和验证，确保系统功能和性能指标符合要求。测试内容包括传感器数据准确性、PLC控制算法有效性、通信可靠性等。通过测试和验证，及时发现和解决系统问题，保证系统稳定运行。例如，在一个大型工业自动化项目集成测试中，通过模拟各种生产场景和故障情况，发现并解决了20多个潜在问题，确保系统顺利上线运行。

结语

本文深入研究工业自动化中PLC与传感器协同控制策略，分析当前协同控制策略问题，提出针对性优化策略。通过提高传感器精度与可靠性、优化PLC控制算法与提高响应速度、解决通信协议与数据传输问题以及解决系统集成与兼容性问题等方面的优化措施，可有效提高工业自动化系统性能和可靠性。未来，随着智能传感器与PLC融合、物联网技术应用深化及人工智能引入，协同控制系统将向更智能、高效和自适应方向发展，推动工业自动化水平持续提升。

参考文献

- [1]任超凡.基于自动控制理论的工业自动化生产线控制系统设计与优化[C]//广西网络安全和信息化联合会.第六届工程技术管理与数字化转型学术交流会论文集.巴音郭楞职业技术学院,2025:313-315.
- [2]赵睿智.工业自动化控制系统的作用及设计方案[J].造纸装备及材料,2025,54(02):58-60.
- [3]滕龙.工业自动化中高精度压力传感器的设计与应用[J].今日制造与升级,2025,(02):68-70.
- [4]崔健,欧宇钧,许丽洁,等.浅析基于工业自动化的无线传感器网络设计[J].中国设备工程,2024,(16):163-165.