

PLC 在电气自动化设备故障诊断中的实践研究

景紫阳

国电投宁夏能源铝业青鑫炭素有限公司 宁夏 吴忠 751600

摘要: 在电气自动化设备广泛应用的当下,其运行稳定性成工业生产关键,故障诊断是确保稳定运行的重要手段。本文聚焦PLC在电气自动化设备故障诊断的实践。阐述用于故障诊断的基础支撑体系,涵盖信号交互、功能模块配置、信号采集预处理及系统架构。介绍核心诊断方法,如基于逻辑控制程序、模拟量监测、通信功能的定位方法及与算法融合方式。分析实践应用路径,提出优化策略与发展方向,为提升电气自动化设备故障诊断水平提供理论与实践参考。

关键词: PLC; 电气自动化设备; 故障诊断; 实践应用; 优化策略

引言: 电气自动化设备广泛应用于工业生产,其稳定运行至关重要。故障诊断是保障设备可靠性的关键环节。PLC作为核心控制单元,在故障诊断中具有独特优势。深入研究PLC在电气自动化设备故障诊断中的实践,有助于提升故障诊断效率与准确性,减少设备停机时间,降低维护成本,对推动工业生产智能化、高效化发展具有重要意义。

1 PLC用于电气自动化设备故障诊断的基础支撑体系

1.1 PLC与电气自动化设备的信号交互机制

PLC作为电气自动化设备的核心控制单元,通过输入输出接口与设备各模块实现无缝连接,构建起双向信号交互通道。输入接口负责采集设备运行状态信号,涵盖温度、压力、流量、速度等物理量,以及开关量、脉冲量等数字信号,这些信号经由传感器转换后传输至PLC。以一个包含10个温度传感器、5个压力传感器的设备系统为例,PLC需同时处理15路模拟量输入信号。输出接口则将PLC处理后的控制指令转化为电信号,驱动执行机构如电机、阀门、继电器等动作,实现设备精准控制^[1]。在信号交互过程中,PLC采用高速扫描机制,每10毫秒周期性读取输入信号状态,执行用户程序逻辑运算,更新输出信号状态,确保设备响应的实时性与准确性。

1.2 故障诊断所需PLC核心功能模块配置

为实现高效故障诊断,PLC需配置具备信号监测、数据处理、逻辑判断与通信能力的核心功能模块。信号监测模块需支持多类型信号输入,具备高精度采样与抗干扰能力,确保信号采集的稳定性。数据处理模块需集成算术运算、逻辑运算、数据比较等功能,支持浮点数运算与复杂算法实现,为故障特征提取提供计算支撑。逻辑判断模块需构建故障诊断逻辑库,通过条件判断、分支选择等逻辑结构,实现故障现象与故障原因的精准匹配。通信模块需支持多种工业通信协议,实现PLC与上位

机、其他PLC或智能设备间的数据交换,为远程监控与协同诊断提供通信保障。

1.3 故障信号的PLC采集与预处理技术

故障信号采集需兼顾全面性与针对性,通过合理配置传感器类型与数量,覆盖设备关键运行参数。以电机系统为例,需配置3个温度传感器、2个振动传感器与1个电流传感器,共6路信号采集通道。采集过程中,PLC采用分时采样策略,每5毫秒对一路信号进行采样,避免信号混叠与丢失,同时利用数字滤波技术抑制噪声干扰,提升信号质量。预处理环节,PLC对原始信号进行归一化、标准化处理,消除量纲差异,便于后续分析。针对非线性信号,采用分段线性化或非线性补偿算法进行校正,提升信号线性度。此外,PLC还支持信号特征提取,如峰值、均值、方差等统计特征,以及频域特征如频谱分析,为故障模式识别提供多维特征向量。

1.4 基于PLC的故障诊断系统架构设计

基于PLC的故障诊断系统采用分层架构设计,自下而上分为数据采集层、信号处理层、故障诊断层与决策执行层。数据采集层负责设备信号采集与初步处理,确保数据完整性与准确性。信号处理层集成信号调理、特征提取与数据融合算法,实现故障特征向量的构建。故障诊断层构建故障诊断模型,通过模式识别、逻辑推理或机器学习算法,实现故障类型识别与定位。决策执行层根据诊断结果生成维修建议或控制指令,驱动执行机构动作,实现故障隔离与设备恢复。各层间通过标准化接口实现数据交互,确保系统开放性与可扩展性。

2 基于PLC的电气自动化设备故障诊断核心方法

2.1 基于PLC逻辑控制程序的故障判断方法

PLC逻辑控制程序是设备运行的核心规则库,通过解析程序中的逻辑关系与条件判断,可实现故障现象的快速定位。该方法聚焦于程序中的梯形图或指令表,分

析各逻辑元件间的连接关系与触发条件。当设备出现异常动作或停止运行时,通过在线监控程序执行流程,对比正常状态下的逻辑路径,识别出导致异常的逻辑分支。进一步结合程序中的定时器、计数器等元件状态,判断是否存在逻辑死锁、条件误判或元件失效等问题。此方法适用于控制逻辑复杂的设备,能够精准定位软件层面的故障根源,为程序修复提供直接依据。

2.2 依托PLC模拟量监测的故障识别方法

模拟量监测是PLC获取设备连续状态信息的关键手段,通过采集电压、电流、温度、压力等模拟信号,结合阈值比较与趋势分析,实现故障早期识别。该方法首先设定各模拟量的正常工作范围,当监测值超出阈值时触发报警。进一步,通过分析信号变化趋势,如斜率突变、周期性波动等,预测潜在故障。例如,电机电流持续上升可能预示过载,温度信号异常波动可能反映散热系统故障。此外,利用PLC的数据处理能力,可实现模拟量的滤波、归一化等预处理,提升监测信号的准确性,为故障识别提供可靠数据支撑。

2.3 基于PLC通信功能的分布式故障定位方法

在大型电气自动化系统中,设备间通过通信网络协同工作,PLC的通信功能成为分布式故障定位的重要工具。该方法利用PLC间的数据交换与状态同步,构建设备间的关联关系图。当某设备出现故障时,通过分析通信报文内容、发送频率与接收响应,判断故障是否由通信中断、数据错误或协议不匹配引发。进一步,结合网络拓扑结构,定位故障传播路径,识别受影响设备范围。此方法适用于多节点、长距离的分布式系统,能够快速隔离故障点,减少排查范围,提升系统整体可靠性。

2.4 PLC与故障诊断算法的融合实现方式

将先进故障诊断算法嵌入PLC,可显著提升诊断智能化水平。融合实现方式包括两种路径:一是开发专用故障诊断功能块,将算法封装为标准模块,通过PLC编程调用,实现算法与控制逻辑的无缝集成;二是利用PLC的开放架构,通过外部接口连接上位机或边缘计算设备,运行复杂诊断算法,将结果反馈至PLC执行^[2]。前者适用于算法复杂度较低、实时性要求高的场景,后者则支持更复杂的模型训练与数据分析。融合过程中,需解决算法计算资源分配、数据实时传输与同步等关键问题,确保诊断效率与控制性能的平衡。

3 PLC在电气自动化设备故障诊断中的实践应用路径

3.1 PLC故障诊断系统的硬件选型与搭建流程

硬件选型是构建PLC故障诊断系统的基础环节,需综合考量设备规模、诊断需求与成本约束。核心硬件包括

PLC主机、输入输出模块、传感器及通信模块。PLC主机应选择具备足够I/O点数与处理能力的型号,确保能够覆盖所有监测点与控制需求。输入模块需根据信号类型配置,如模拟量输入模块用于采集温度、压力等连续信号,数字量输入模块用于开关状态监测。输出模块则需匹配执行机构接口,如继电器输出模块驱动接触器,晶体管输出模块控制伺服电机。传感器选型需关注精度、响应速度与环境适应性,确保信号采集的可靠性。通信模块需支持现场总线或工业以太网协议,实现设备间数据交互。搭建流程包括硬件安装、接线调试与初步测试,需遵循电气安全规范,确保各部件连接正确、接地可靠,并通过上电测试验证硬件功能正常。

3.2 故障诊断相关PLC程序的编写与调试流程

程序编写是故障诊断功能实现的核心步骤,需结合设备控制逻辑与诊断需求设计程序结构。程序应包含数据采集、信号处理、故障判断与报警输出等功能模块。数据采集模块通过读取输入模块状态,获取设备实时运行参数。信号处理模块对原始信号进行滤波、归一化等预处理,提升数据质量。故障判断模块基于预设阈值或逻辑规则,分析信号异常,识别故障类型。报警输出模块则根据诊断结果驱动输出模块,触发声光报警或停机保护。调试流程包括离线仿真与在线调试两个阶段。离线仿真利用PLC编程软件模拟输入信号,验证程序逻辑正确性。在线调试则在实际设备上运行程序,通过监控程序执行流程与输出状态,调整参数与逻辑,确保诊断功能准确可靠。

3.3 故障诊断结果的PLC输出与反馈机制实现

故障诊断结果的输出与反馈是闭环控制的关键环节,需确保信息传递的及时性与准确性。输出机制通过PLC输出模块将诊断结果转化为控制信号,驱动报警装置或执行机构动作。例如,当温度超限时,PLC输出信号触发蜂鸣器报警,同时切断加热元件电源。反馈机制则通过传感器持续监测设备状态,将执行结果反馈至PLC,形成闭环控制。输出与反馈机制的设计需考虑信号延迟与干扰因素,确保系统响应的快速性与稳定性。

3.4 PLC故障诊断系统的集成与联动控制实现

系统集成是将PLC故障诊断功能融入整体电气自动化系统的过程,需实现与上位机、其他PLC或智能设备的协同工作。集成方式包括数据接口对接与协议转换,通过OPCUA、Modbus等通信协议实现数据共享。联动控制则基于集成后的系统架构,构建多设备间的关联控制逻辑。例如,在生产场景场景中,当某台设备出现故障时,PLC不仅触发本地报警,还通过通信网络将故障信息发送至上

位机,同时向上下游设备发送停机指令,避免故障扩散。集成与联动控制需解决数据同步、冲突消解与容错机制等关键问题,确保系统在故障状态下的安全性与可靠性。

4 PLC故障诊断实践的优化策略与发展方向

4.1 提升PLC故障诊断精度的技术优化措施

提高诊断精度需从信号采集、算法设计与数据处理三方面协同优化。在信号采集环节,采用高精度传感器与抗干扰电路设计,降低环境噪声对信号的干扰,通过多传感器数据融合技术,综合多维度信息提升特征提取的准确性^[3]。算法设计方面,引入自适应阈值调整机制,根据设备运行状态动态修正判断标准,避免固定阈值在变工况下的误判。数据处理环节,应用小波变换或经验模态分解等时频分析方法,提取信号中的微弱故障特征,结合支持向量机或深度学习模型,构建高精度故障分类器,提升复杂故障模式的识别能力。

4.2 增强PLC故障诊断系统兼容性的优化方案

兼容性优化需聚焦硬件接口标准化与软件协议开放化。硬件层面,选择支持多种现场总线协议的PLC型号,如Profibus、EtherCAT或ModbusTCP,确保与不同厂商设备的无缝对接。同时,设计通用型输入输出模块,通过跳线或软件配置适应不同信号类型,减少硬件改造成本。软件层面,开发基于OPCUA的统一数据访问接口,实现跨平台数据交互,并采用模块化程序设计思想,将故障诊断功能封装为独立功能块,通过参数配置适配不同设备诊断需求,提升系统的可扩展性与复用性。

4.3 降低PLC故障诊断延迟的程序与架构优化

减少诊断延迟需从程序执行效率与系统架构设计两方面入手。程序优化方面,采用事件驱动编程模式替代周期扫描机制,仅在检测到信号变化时触发诊断逻辑,减少无效计算。同时,优化算法复杂度,用查表法或分段线性化替代复杂数学运算,缩短单次诊断耗时。架构设计层

面,引入边缘计算技术,将部分诊断任务下放至现场级PLC执行,避免数据上传至云端或上位机产生的通信延迟。对于分布式系统,采用分层诊断架构,本地PLC负责快速响应基础故障,上级系统集中处理复杂关联故障,实现诊断任务的分级处理与并行执行。

4.4 智能化趋势下PLC故障诊断的发展路径探索

智能化发展需融合人工智能技术与工业互联网架构。一方面,将深度学习、强化学习等算法嵌入PLC,通过历史数据训练故障预测模型,实现从“事后诊断”向“事前预警”的转变。另一方面,构建基于数字孪生的虚拟诊断系统,在虚拟空间中模拟设备运行状态,通过数据映射与模型仿真提前发现潜在故障,指导物理设备维护^[4]。此外,借助5G或工业以太网实现设备状态数据的实时云端存储与分析,结合大数据技术挖掘故障传播规律,优化诊断策略,形成“端-边-云”协同的智能化诊断生态。

结束语

PLC在电气自动化设备故障诊断中发挥着不可替代的作用。通过构建基础支撑体系、运用核心诊断方法、明确实践应用路径,并不断优化策略,可显著提升故障诊断能力。随着技术发展,PLC故障诊断将融合更多先进技术,实现更精准、高效、智能的诊断,为电气自动化设备的稳定运行提供更坚实保障。

参考文献

- [1]戴璨伟.PLC在机械设备电气自动化控制中的应用研究[J].仪器仪表用户,2025,32(7):118-120.
- [2]郑连山.基于PLC的电气自动化仪器仪表故障检测系统设计[J].科技视界,2025,15(20):64-67.
- [3]徐宽.基于PLC技术的高压电气设备运维自动化控制系统[J].自动化应用,2025,66(19):23-25,29.
- [4]王焘.基于PLC的机械电气设备故障应急处理系统[J].现代制造技术与装备,2025,61(1):210-212.