

基于 PLC 的电气自动化仪器仪表故障检测分析

马自虎 杨凯

运达能源科技集团股份有限公司

DOI:10.12238/etd.v6i6.16829

[摘要] 本文聚焦基于PLC的电气自动化仪器仪表故障检测分析。先阐述PLC与电气自动化仪器仪表概述,涵盖其作用、工作原理、结构及分类。接着剖析常见故障类型与原因,如传感器、执行器及信号传输故障。随后介绍基于PLC的故障检测方法,包括开关量输入、模拟量及通信故障检测。最后指出基于PLC故障检测具有提高检测准确性及时性、增强系统可靠性稳定性、实现智能化诊断预测等优势。

[关键词] PLC; 电气自动化; 仪器仪表; 故障检测

中图分类号: TM762 **文献标识码:** A

Fault Detection and Analysis of Electrical Automation Instrumentation Based on PLC

Zihu Ma Kai Yang

Yuanda Energy Technology Group Co., Ltd.

[Abstract] This study focuses on fault detection and analysis of electrical automation instrumentation utilizing Programmable Logic Controllers (PLCs). It begins by outlining the fundamental concepts of PLCs and electrical automation instrumentation, covering their functions, operational principles, structural configurations, and classifications. Subsequently, common fault types and their causes—such as sensor malfunctions, actuator failures, and signal transmission anomalies—are analyzed. The paper then introduces PLC-based fault detection methods, including the diagnosis of digital input faults, analog signal abnormalities, and communication failures. Finally, the advantages of PLC-based fault detection are highlighted, emphasizing its role in improving detection accuracy and timeliness, enhancing system reliability and stability, and enabling intelligent diagnosis and predictive maintenance.

[Key words] PLC; Electrical Automation; Instrumentation; Fault Detection

引言

在工业自动化蓬勃发展的当下,PLC与电气自动化仪器仪表是保障生产高效稳定运行的核心要素。它们协同构建工业控制系统,为生产提供精准控制与可靠监测。然而,电气自动化仪器仪表在长期运行中易受各种因素影响而出现故障,影响生产进程。基于此,深入探究基于PLC的电气自动化仪器仪表故障检测分析具有重要的现实意义,能为工业生产的稳定运行提供有力保障。

1 PLC与电气自动化仪器仪表概述

1.1 PLC与电气自动化概述

在工业自动化领域,PLC与电气自动化仪器仪表是推动生产高效稳定运行的核心要素。PLC是专为工业环境设计的数字运算电子系统,有强大逻辑控制、数据处理和通信能力。它用可编程存储器存储指令,通过数字或模拟输入输出控制机械或生产过程,广泛应用于汽车制造、化工生产、电力调度、食品加工等领域,是实现自动化生产的关键设备^[1]。电气自动化仪器仪表用于

测量、显示、记录和控制工业生产中的各类参数,包括温度、压力、流量等物理量和成分、浓度等化学量。它们能实时准确获取生产信息并反馈给控制系统,以便及时调整优化生产。其发展不断推动工业生产向更高精度、更高效率迈进。

1.2 PLC工作原理与结构

PLC工作原理基于循环扫描机制,运行后一般分输入采样、程序执行和输出刷新三个阶段。输入采样阶段,PLC以扫描方式依次读入所有输入状态和数据,存入I/O映象区相应单元。之后进入用户程序执行和输出刷新阶段,这两个阶段中,即便输入状态和数据变化,I/O映象区对应单元状态和数据也不变。所以,若输入是脉冲信号,其宽度须大于一个扫描周期,才能确保被读入。程序执行阶段,PLC按从上到下顺序扫描用户程序(梯形图),扫描每条梯形图时,先扫描左边触点构成的控制线路,按先左后右、先上后下顺序进行逻辑运算,再根据结果刷新逻辑线圈或输出线圈对应位状态,或确定是否执行特殊功能指令。输出刷新阶段,扫描完用户程序后,CPU按I/O映象区内状态和数据刷新所有输

出锁存电路,经输出电路驱动外设,这才是真正输出。结构上,PLC主要由CPU、存储器、输入输出接口、电源等组成。CPU是核心,负责执行程序、数据处理和逻辑运算;存储器存储系统、用户程序和数据;输入输出接口连接外部设备;电源提供电力支持。

1.3 电气自动化仪器仪表分类

电气自动化仪器仪表种类丰富,分类方式多样。按测量参数类型分,有温度仪表、压力仪表、流量仪表、液位仪表等。温度仪表用于测物体温度,常见热电偶、热电阻;压力仪表测压力,如压力变送器、压力表;流量仪表测流体流量,含电磁流量计、涡轮流量计;液位仪表测容器内液体液位高度,像浮子液位计、超声波液位计。依工作原理不同,可分为电动式、气动式、电子式仪表等。电动式仪表利用电磁感应原理测量,精度高、响应快;气动式仪表以压缩空气为介质,适用于易燃易爆等特殊环境;电子式仪表基于电子技术,集成多种功能,如智能仪表,具备自诊断、自校准、数据处理能力。从使用场合看,分工业现场仪表和实验室仪表。工业现场仪表安装在生产现场,参与生产过程控制与监测,要求可靠性、稳定性高,能适应恶劣工业环境;实验室仪表主要用于科研、教学,对测量精度和分辨率要求较高。

2 电气自动化仪器仪表常见故障类型及原因

2.1 传感器故障

传感器作为电气自动化仪器仪表获取信息的关键部件,其故障类型较为多样。一种常见故障是零点漂移,传感器在使用一段时间后,其输出值在无输入信号时偏离初始零点的现象。这可能是由于传感器内部元件老化、温度变化等因素引起的。灵敏度下降也是传感器常见的故障之一。随着使用时间的增加,传感器的灵敏度可能会逐渐降低,使得其对输入信号的变化响应变慢或不准确。这可能是由于传感器敏感元件表面的污染、磨损或内部结构的变化等原因造成的。比如,压力传感器的膜片可能会因为长期受到压力作用而发生变形,从而影响其灵敏度。传感器还可能出现线性度变差的问题,即传感器的输出与输入之间不再保持严格的线性关系,导致测量误差增大。这可能是由于传感器的制造工艺存在缺陷或在使用过程中受到外界干扰等因素引起的^[2]。

2.2 执行器故障

执行器是电气自动化仪器仪表中用于执行控制指令的部件,其故障也会对生产过程产生严重影响。执行器常见的故障之一是动作不灵活或卡死。这可能是由于执行器内部的机械部件磨损、润滑不良或存在异物等原因造成的。另一个故障是输出力矩不足。执行器在运行过程中,如果输出力矩不能满足控制要求,就无法准确地驱动被控对象。这可能是由于执行器的电机功率不足、传动机构效率低下或负载过大等原因引起的。执行器的反馈信号异常也是常见的故障类型。执行器通常会将自己的动作状态反馈给控制系统,以便控制系统进行实时调整。如果反馈信号出现错误或丢失,控制系统就无法准确地掌握执行器的运行情况,从而导致控制失误。这可能是由于反馈传感器故障、信

号传输线路干扰等原因造成的。

2.3 信号传输故障

在电气自动化仪器仪表系统中,信号传输起着至关重要的作用。信号传输故障会导致控制系统无法准确获取现场信息或无法向执行器发送正确的控制指令,从而影响整个系统的正常运行。信号干扰是信号传输过程中常见的问题之一,在工业现场,存在着各种电磁干扰源,如电机、变压器、电焊机等。这些干扰源会产生电磁波,对信号传输线路造成干扰,导致信号失真或丢失。信号传输线路故障也是导致信号传输异常的重要原因。线路老化、破损、短路或断路等问题都可能影响信号的正常传输。比如,长期暴露在恶劣环境中的信号电缆,其绝缘层可能会逐渐老化,导致线路短路或漏电,从而使信号无法准确传输。另外,信号传输设备的故障也会影响信号的传输质量。

3 基于PLC的电气自动化仪器仪表故障检测具体方法

利用PLC强大的数据处理和逻辑控制能力,可以实现对电气自动化仪器仪表故障的有效检测。以下是几种基于PLC的故障检测具体方法。

3.1 基于开关量输入的故障检测

在电气自动化系统中,许多设备的工作状态可以通过开关量信号来表示,如设备的启动、停止、故障报警等。基于开关量输入的故障检测方法就是通过监测这些开关量信号的变化来判断设备是否出现故障。PLC可以实时采集各种开关量输入信号,并将其存储在内部的寄存器中。通过编写相应的程序,可以对这些开关量信号进行逻辑判断。当电机正常运行时,运行状态信号为“1”,故障报警信号为“0”;如果电机出现故障,故障报警信号会变为“1”。PLC可以根据这些信号的变化,及时发出报警信息,通知操作人员进行处理。基于开关量输入的故障检测方法还可以用于检测设备的连锁故障。在一些复杂的生产过程中,设备之间存在着严格的连锁关系。如果某个设备出现故障,可能会导致其他相关设备也无法正常运行。通过监测设备之间的连锁信号,PLC可以及时发现这种连锁故障,并采取相应的措施,避免事故的扩大。

3.2 模拟量故障检测算法

模拟量信号在电气自动化仪器仪表中广泛应用于测量各种物理量,如温度、压力、流量等。基于PLC的模拟量故障检测算法可以通过对模拟量信号的分析 and 处理,判断传感器或测量系统是否出现故障。一种常见的模拟量故障检测算法是阈值检测法。该方法通过设定模拟量信号的正常范围阈值,当采集到的模拟量信号超出该阈值范围时,判断为出现故障^[3]。例如,在一个温度控制系统中,设定温度的正常范围为20℃-30℃。如果PLC采集到的温度信号低于20℃或高于30℃,则认为温度传感器可能出现故障或温度控制系统出现异常。另一种模拟量故障检测算法是趋势分析法。该方法通过分析模拟量信号的变化趋势来判断是否出现故障。PLC可以对采集到的流量信号进行实时分析,当检测到异常变化趋势时,及时发出故障报警。还可以采用统计

方法进行模拟量故障检测。通过对一段时间内采集到的模拟量信号进行统计分析,计算其均值、方差等统计量。当统计量超出正常范围时,判断为出现故障。这种方法可以有效地检测出一些缓慢变化的故障。

3.3 通信故障检测技术

在基于PLC的电气自动化系统中,通信是实现各个设备之间信息交互的关键。通信故障会导致设备之间无法正常通信,从而影响整个系统的协调运行。因此,通信故障检测技术至关重要。PLC可以通过监测通信线路的状态来检测通信故障。例如,在采用串行通信的系统中,PLC可以检测通信线路的收发信号是否正常。如果发送信号正常但接收信号异常,可能表明通信线路存在断路或接收端设备出现故障;如果收发信号都异常,可能是通信线路受到严重干扰或通信协议设置错误。PLC还可以通过发送和接收特定的测试数据来检测通信故障。如果在规定的时间内没有收到设备的响应,则认为该设备与PLC之间的通信出现故障。通过这种方式,可以及时发现通信网络中的故障点,并进行相应的处理。

4 基于PLC故障检测的优势

基于PLC的电气自动化仪器仪表故障检测方法具有诸多优势,这些优势使得它在现代工业生产中得到了广泛的应用。

4.1 提高故障检测的准确性和及时性

PLC具有高速的数据处理能力和强大的逻辑控制功能,能够实时、准确地采集和分析电气自动化仪器仪表的各种信号。通过对这些信号的精确处理,可以及时发现设备中存在的微小故障和潜在问题,大大提高了故障检测的准确性。同时,PLC的循环扫描机制使得它能够快速响应设备状态的变化。一旦检测到故障信号,PLC可以立即发出报警信息,通知操作人员进行处理。这种及时的故障检测和报警功能可以避免故障的进一步扩大,减少设备损坏和生产中断的风险,从而提高生产效率。

4.2 增强系统的可靠性和稳定性

基于PLC的故障检测系统可以对电气自动化仪器仪表进行全面的监测和保护。通过对设备运行状态的实时监控,可以及时发现设备的异常情况,并采取相应的措施进行调整和处理,从而

保证设备始终处于正常运行状态。PLC本身具有较高的可靠性和稳定性,它采用了先进的硬件设计和软件算法,具有良好的抗干扰能力和容错能力。在恶劣的工业环境下,PLC能够稳定运行,确保故障检测系统的正常工作。这种可靠的故障检测系统可以有效地减少设备故障的发生,提高整个电气自动化系统的可靠性和稳定性。

4.3 实现智能化故障诊断与预测

随着人工智能技术的不断发展,基于PLC的故障检测系统可以实现智能化的故障诊断与预测功能。通过将人工智能算法,如神经网络、专家系统等引入到PLC中,可以对采集到的故障数据进行深度分析和挖掘,从而准确地判断故障的类型和原因^[4]。同时,利用历史故障数据和设备运行数据,可以建立故障预测模型。通过对模型的训练和优化,可以预测设备未来可能出现的故障,提前采取预防措施,实现故障的主动维护。这种智能化的故障诊断与预测功能可以大大提高设备的维护效率,降低维护成本,为企业的生产管理提供有力的支持。

5 结束语

基于PLC的电气自动化仪器仪表故障检测分析,为工业生产故障排查与处理提供了有效途径。通过对其工作原理、常见故障及检测方法的探讨,明确了PLC在故障检测中的显著优势,包括提高检测准确性与及时性、增强系统可靠性与稳定性、实现智能化诊断与预测。未来,随着技术发展,该领域将不断完善,为工业自动化发展注入更强动力,推动工业生产迈向更高水平。

[参考文献]

- [1]王月磊.基于PLC的电气自动化仪器仪表故障检测分析[J].仪器仪表用户,2025,32(4):100-102.
- [2]吴金岑.基于PLC的电气自动化仪器仪表故障检测分析[J].电子元器件与信息技术,2024,8(5):182-184.
- [3]赵华,张世军,吕小芳.基于PLC的电气自动化仪器仪表故障检测系统分析与设计[J].自动化应用,2023,64(3):120-122,127.
- [4]李春光.基于PLC的电气自动化仪器仪表故障检测系统[J].今日自动化,2022(9):113-115.