

电气自动化控制设备常见故障的维修及预防

张瑞 喻浩

华电湖北发电有限公司黄石热电分公司 湖北黄石 435000

DOI:10.12238/ems.v7i9.15229

[摘要] 随着工业自动化水平的不断提高,电气自动化控制设备在各行业的应用日益广泛。本文系统分析了电气自动化控制设备的常见故障类型,包括电气故障、控制系统故障、传感器及执行元件故障以及机械与环境因素导致的故障。针对这些故障,提出了有效的故障诊断技术和维修方法,同时强调了通过合理的设备选型、定期维护、环境控制以及操作规范培训和现代监测预警技术的应用,实现设备故障的预防与控制。

[关键词] 电气自动化;控制设备;故障维修;故障预防

一、引言

电气自动化控制设备作为现代工业生产的重要组成部分,承担着自动监测、控制和执行任务,极大地提高了生产效率和质量。然而,由于设备结构复杂,运行环境多变,加之电气元件的老化和人为操作失误,设备故障频发,严重影响生产的连续性和安全性。如何有效诊断、维修常见故障并采取科学的预防措施,成为工业自动化领域亟需解决的重要课题。本文围绕电气自动化控制设备的故障类型及其维修与预防技术展开研究,旨在为设备维护管理提供理论支持和实践指导。

二、电气自动化控制设备概述

(一) 电气自动化控制设备的组成

1. 控制器

电气自动化控制设备是现代工业生产中不可或缺的重要组成部分,其主要由控制器、执行机构、传感器与检测装置以及电气线路及接口四大部分构成。控制器是设备的核心,负责对各类输入信号进行处理,按照预设程序或逻辑发出控制指令,常见的控制器包括可编程逻辑控制器(PLC)、继电器逻辑控制装置以及工业计算机等。控制器的性能直接影响设备的自动化水平和运行稳定性。

2. 执行机构

执行机构是接收控制器发出的指令并完成具体动作的装置,通常包括电动机、气动阀门、电磁铁等。这些机构负责机械动作的实现,如驱动机械部件运动、调节流量或压力等,是电气自动化系统实现控制功能的关键环节^[1]。执行机构的响应速度和精度决定了整个系统的控制效果。

3. 传感器与检测装置

传感器与检测装置用于实时采集环境和设备的各种参

数,如温度、压力、位置、速度等,并将这些物理量转换为电信号传递给控制器。传感器的准确性和稳定性对系统的安全运行和故障诊断具有重要意义。检测装置还包括电流、电压等电气参数的检测器件,为设备的监控和维护提供数据支持。

4. 电气线路及接口

电气线路及接口是各个组成部分之间进行信号传输和电能供应的桥梁。包括电源线、信号线、连接端子以及各种接口模块等。合理设计和维护电气线路不仅保证设备正常运行,还能有效防止电气故障的发生,提高系统的可靠性和安全性。

(二) 设备的工作原理及应用领域

电气自动化控制设备的工作原理主要是通过传感器采集现场数据,控制器根据预设的控制程序对信号进行逻辑处理,生成相应的控制指令,再由执行机构完成相应动作,最终实现对被控对象的自动调节和控制。整个过程依赖于传感器、控制器与执行机构之间的紧密配合,并通过电气线路实现信息和能量的传输,形成闭环控制系统。

电气自动化控制设备广泛应用于制造业、能源、交通、建筑及农业等多个领域。在制造业中,自动化控制设备能够实现生产线的自动化作业,提高生产效率和产品质量;在能源行业,如电力系统中,自动化设备用于电网监控和调节,保障供电稳定;交通领域则利用自动化设备实现信号控制和车辆管理;建筑自动化系统通过控制设备实现对照明、空调、安全等系统的智能管理;农业领域中,自动化设备辅助实现精细化农业管理和智能灌溉。

三、电气自动化控制设备常见故障类型

(一) 电气故障

常见的电气故障包括断路、短路、接触不良及绝缘损坏等。断路通常由于电线断裂或接触器触点损坏引起,会导致

设备无法正常通电或信号传输中断。短路故障可能因线路绝缘破损或设备内部元件故障引发, 容易导致电路保护装置动作甚至设备烧毁^[2]。接触不良通常表现为电气连接处松动或氧化, 造成电流不稳定, 影响设备运行。绝缘损坏会导致漏电甚至触电事故, 严重威胁设备安全。针对这些故障, 必须定期检查电气线路, 确保接线牢固, 及时更换老化绝缘材料。

(二) 控制系统故障

控制系统作为电气自动化设备的大脑, 其故障直接影响设备的正常运行。控制系统故障主要包括 PLC 程序错误、控制逻辑失效以及通讯故障。PLC 程序错误可能是由于程序编写不合理、软件升级不兼容或运行时出现异常导致, 表现为设备运行异常或停机。控制逻辑失效则是控制指令执行错误, 可能是硬件元件损坏或系统设置错误引起, 导致设备动作混乱。通讯故障通常出现在控制器与传感器、执行机构之间的信号传输链路中, 导致指令或反馈信号丢失。为避免此类故障, 应加强程序调试和版本管理, 确保控制系统硬件和软件的稳定性及兼容性。

(三) 传感器及执行元件故障

传感器和执行元件作为系统的感知和执行部分, 其故障会直接影响设备的自动控制效果。传感器故障主要表现为信号异常、失灵或漂移, 原因包括传感器本身老化、污染、损坏或安装位置不当。执行元件故障则多见于电机堵转、阀门卡滞、继电器线圈烧毁等, 通常由于机械磨损、润滑不足或电气损坏引起。此类故障不仅会导致设备动作迟缓或错误, 还可能引发安全事故^[3]。因此, 定期对传感器进行校准和清洁, 对执行元件进行维护和润滑, 及时更换损坏部件, 是保障设备正常运行的关键措施。

(四) 机械与环境因素导致的故障

机械故障主要包括零部件磨损、松动、变形以及润滑不足, 常常导致设备运转异常或卡滞。环境因素则包括灰尘、湿气、高温、振动及腐蚀等, 这些因素会加速设备老化, 影响电气元件的绝缘性能和机械结构的稳定性。例如, 潮湿环境可能导致电气元件短路, 粉尘堆积会阻碍散热, 振动则可能引起接线松动或传感器失灵。为此, 必须根据设备运行环境采取相应的防护措施, 如安装防尘罩、防潮装置, 改善通风散热条件, 定期紧固机械连接件, 确保设备在良好环境下稳定运行。

四、故障诊断与维修方法

(一) 故障诊断技术

1. 视觉检查

视觉检查是故障诊断的基础且最直接的方法。通过观察设备的外观和工作状态, 维修人员可以初步判断设备是否存在明显的异常, 如线路松动、元件烧毁、连接器氧化或受潮等情况。视觉检查不仅能够快速发现设备外部的损坏, 还能帮助识别可能的安全隐患。定期进行细致的视觉检查, 有助于提前发现潜在故障, 防止设备发生严重损坏。

2. 测试仪器使用

测试仪器是电气自动化设备故障诊断的重要工具。常用的测试仪器包括万用表、示波器、绝缘测试仪和信号发生器等。利用这些仪器, 维修人员可以测量电压、电流、电阻及波形信号, 判断电气线路是否正常, 检测元件的电性能是否达标。比如, 万用表可以检测电路的开路或短路情况, 示波器能直观显示信号波形, 有助于发现控制信号的异常。通过科学合理地使用测试仪器, 可以大大提高故障诊断的准确性和效率。

3. 软件诊断与仿真工具

随着自动化技术的发展, 软件诊断与仿真工具逐渐成为故障诊断的重要手段。现代电气自动化设备通常配备有诊断软件, 可以实时监控设备运行状态, 自动报警异常信号, 并记录故障日志。仿真工具能够在虚拟环境中重现设备运行过程, 帮助工程师分析故障原因及其对系统的影响^[4]。这种数字化诊断方法不仅提高了诊断的精确度, 还能节省实际调试时间, 为维修提供科学依据。

(二) 故障维修步骤

1. 故障定位

故障定位是维修过程中的关键环节, 决定了后续修复工作的效率和准确性。维修人员要根据故障现象和诊断结果, 结合设备的电路图和逻辑, 分析可能的故障区域。通过逐步排除法, 对电气线路、控制元件和执行机构进行分区检测, 准确找到故障点。有效的故障定位不仅节省时间, 还能避免盲目拆卸和更换, 减少维护成本和二次损坏。

2. 部件更换与修复

确定故障部位后, 下一步是对损坏的元件进行更换或修复。对于损坏严重或性能下降的元器件, 如继电器线圈、传感器、PLC 模块等, 建议直接更换, 以保证设备的长期稳定运行。对于部分机械或电气元件的轻微故障, 如接线松动、触点氧化或机械卡滞, 可以通过清洁、紧固或润滑等方式进行修复。维修过程中应严格遵循设备厂商的技术规范, 确保

更换或修复后的部件与系统兼容。

3. 系统调试

部件更换或修复完成后,必须对整个系统进行全面调试,确保设备恢复正常功能。调试内容包括检查电气连接的正确性,测试各传感器和执行机构的响应性能,验证控制程序的运行逻辑。通过系统调试,及时发现潜在问题,调整参数,优化控制策略,确保设备在实际工作环境中稳定可靠。调试完成后,应做好相关记录,便于后续维护和故障追踪。

五、电气自动化控制设备故障的预防措施

(一) 设备选型与设计优化

设备的选型和设计是保障电气自动化系统稳定运行的基础。合理的设备选型应根据实际工况、负载要求和环境条件,选择性能可靠、技术成熟的元器件和控制系统。设计阶段应充分考虑系统的扩展性、冗余性和容错能力,避免单点故障导致整个系统瘫痪。同时,优化电气线路布局,减少干扰和信号衰减,提升系统的抗干扰能力。在设计时,还应重视设备的散热和防护设计,确保元件在合理温度范围内工作。通过科学的选型和设计,不仅提高设备的使用寿命,也为后期维护和故障预防打下坚实基础。

(二) 定期维护与检查

定期维护与检查是防止设备故障发生的有效手段。维护工作包括清洁电气元件和线路、检查接线端子紧固情况、测试元器件的电气参数以及校准传感器。通过定期检查,可以及时发现和排除潜在隐患,如接触不良、绝缘老化、机械磨损等问题,避免小故障演变成大事故^[5]。建立完善的维护计划和记录体系,明确检查周期和维护内容,确保每个环节有人负责和执行。培训专业维护人员,提高其故障识别和处理能力,也能显著提升维护效果,减少设备停机时间。

(三) 环境控制

环境因素对电气自动化设备的稳定运行具有重要影响。良好的环境控制措施能够有效降低故障率。为设备提供干燥、通风良好的工作环境,防止湿气和高温导致电气绝缘下降和元件老化。采取防尘措施,如安装防尘罩、空气过滤系统,减少灰尘积累对电气接点和机械部件的影响。对于振动较大的环境,应加强设备的减震和固定,防止机械松动和接线断裂。避免腐蚀性气体和化学品的侵蚀,对设备外壳和关键部件进行防腐处理。综合环境控制不仅保护设备本身,也保障自动化系统整体的安全和可靠。

(四) 操作规范与培训

操作规范的制定和操作人员的培训是预防电气自动化控制设备故障的重要环节。规范的操作流程可以有效避免人为操作失误导致的设备损坏或异常运行。企业应制定详细的操作规程,明确各项操作步骤、注意事项及安全要求,并通过定期培训使操作人员熟练掌握设备的性能特点和操作技巧。培训内容应涵盖设备的基本原理、故障识别及初步处理方法,提高操作人员的应变能力和安全意识。建立严格的岗位责任制和考核机制,确保每位操作人员按照规范执行操作,从根本上减少因人为因素引发的设备故障。

(五) 使用现代监测与预警技术

随着工业自动化技术的发展,现代监测与预警技术在故障预防中发挥着越来越重要的作用。通过安装在线监测系统,可以实时采集设备的运行数据,如电流、电压、温度、振动等关键参数,及时发现异常信号。利用大数据分析和人工智能技术,对设备运行状态进行诊断和趋势预测,实现故障的早期预警和精准维护。预警系统不仅提高了设备管理的科学性,还降低了突发故障的风险,延长设备寿命。采用智能监控和远程诊断技术,维修人员可以远程监测设备状态,快速响应故障,提高维修效率,保障生产的连续稳定运行。

六、结论

电气自动化控制设备的稳定运行对工业生产至关重要。通过对设备常见故障的分类和分析,结合先进的故障诊断技术和科学的维修流程,可以有效提高故障处理的效率和准确性。同时,预防措施如合理选型、定期维护、良好环境控制及操作培训,能显著减少故障发生频率。引入现代监测与预警技术,更进一步提升了设备运行的安全性和可靠性。综合应用上述方法,不仅能够延长设备使用寿命,还能保障生产系统的稳定与高效运行,为工业自动化的发展提供坚实保障。

[参考文献]

- [1]王伟康,郭建刚.电气自动化控制设备常见故障的维修及预防[J].模具制造,2025,25(7):219-221.
- [2]缪继鹏.电气自动化控制设备常见故障的维修及预防[J].农业工程与装备,2023,50(2):26-27,30.
- [3]张晓春.电气自动化控制设备常见故障的维修及预防[J].中国设备工程,2024(15):193-195.
- [4]黄知文.电气自动化控制设备中常见故障及维修技巧[J].机械与电子控制工程,2022,4(7).
- [5]季彩瑞.浅析电气自动化控制设备的故障预防与维修技术[J].文渊(高中版),2021(12):1004.