

电气自动化控制系统的故障诊断与维护策略研究

杨佳伟

摘要: 论文首先对电气自动化控制系统进行了概述,明确其在现代工业中的重要地位和组成结构。接着详细阐述了基于模拟信号分析、数字信号处理以及机器学习的故障诊断技术要点,分析了各技术的原理和应用场景。而后提出了预防性维护、预测性维护和事后维护三种维护策略,探讨了它们在保障系统稳定运行中的作用。研究旨在为电气自动化控制系统的高效运行和故障处理提供理论支持和实践指导,以提高系统的可靠性和生产效率。

关键词: 电气自动化控制系统;故障诊断;维护策略

引言

在科学技术快速发展的今天,电气自动化控制系统已经被广泛应用于工业生产、交通运输以及能源供应等多个领域。以其高效准确的控制能力,大大提高了生产效率,减少了人力成本,并提高了产品质量。但是由于系统结构的复杂性和运行环境的变化无常,电气自动化控制系统的运行不可避免地会发生各种各样的故障。这些故障不但会使生产中断、设备受损,甚至会酿成安全事故,带来重大经济损失与社会影响。因此,对电气自动化控制系统故障诊断和维护策略进行深入研究具有非常现实的意义。通过高效的故障诊断技术可以及时、准确地检测出系统潜在故障,并为维护决策奠定基础;通过实施合适的维护策略,我们能够减少设备故障的可能性,延长其使用寿命,并确保整个系统能够稳定和可靠地运行。

一、电气自动化控制系统概述

电气自动化控制系统是现代工业生产中不可或缺的一部分,它通过自动化技术和电气技术的结合,实现对工业过程的自动控制和监测,极大提高了生产效率、降低了成本、改善了产品质量。该系统由传感器、执行器、控制器和通信网络等组件构成。传感器是重要组件,能将测量的物理量如温度、压力、流量等转换为电信号;执行器依据控制信号动作,像电动阀门、电机、气缸等,以此实现对工业过程的控制;控制器作为核心部分,接

收传感器采集的信号,按照预设控制算法生成控制信号,常见的有PLC(可编程逻辑控制器)、DCS(分布式控制系统)等;通信网络用于传输控制信号和监测数据,实现各组件间的信息交互,常见的包括以太网、现场总线等。其工作原理为传感器采集信号并发送给控制器,控制器处理信号后生成控制信号,控制信号通过通信网络传输到执行器驱动其动作,同时控制器通过传感器对执行器动作进行监测,并根据结果调整控制算法,实现对工业过程的优化控制。该系统广泛应用于制造业、石油化工、电力、交通运输等多个行业。

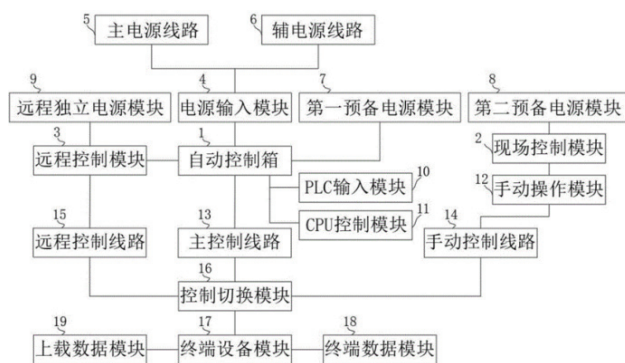


图1 电气自动化控制系统示意

二、电气自动化控制系统故障诊断技术要点

(一) 基于模拟信号分析的故障诊断

基于模拟信号分析的故障诊断是电气自动化控制系统故障诊断的重要方法。在模拟信号处理器方面,可通过直接观察外观,查看是否有明显破损或元件脱落,监听工作声音判断有无异常噪声,检查连接线是否松动、破损以及接口是否清洁牢固等方式初步判断故障。利用示波器检测输入输出信号波形,分析幅度、频率和相位等指标,并与正常波形对比,能找出异常波形确定故障

作者简介: 杨佳伟(1995.10——)女,汉族,本科学历,中级工程师,主要从事火电厂电气设备检修运维方面的研究工作。

点,但要注意避免过度测试损坏处理器。对于模拟电路,可将伪随机噪声信号作为测试激励信号,利用正常与故障状态下输出响应的残差信号作为故障特征,通过信号相关分析实现故障检测与定位,该方法操作简单,适用于硬故障和软故障诊断。在4-20mA模拟信号传输中,若出现负载电阻超出允许范围、波形失真、信号漂移等故障,可通过检查负载电阻、隔离干扰源、检测接地系统等方式进行诊断。

(二) 基于数字信号处理的故障诊断

基于数字信号处理的故障诊断在电气自动化控制系统中极为重要。数字信号处理以高精度、高效率、高可靠性等优势,广泛应用于故障诊断领域。在实际操作中,首先要对采集到的信号进行预处理,如去噪、滤波等操作,以此提高信号的信噪比,就像在基于数字信号处理的轴承故障诊断方法中,会利用小波变换对数据进行去噪。特征提取是关键环节,通过分析信号的时域、频域等特性,能提取出与故障相关的特征信息。时域特征中的均值、方差、峭度、峰值等统计量,对简单故障模式具有高鲁棒性;频域特征里的功率谱密度(PSD)与谱峭度,能揭示周期性振动特征,适用于旋转机械状态监测。还可运用多维信号降维方法,如主成分分析(PCA)或独立成分分析(ICA),减少冗余信息,提高计算效率,同时保留关键故障特征。深度学习特征学习如卷积神经网络(CNN)可自动提取局部特征,助力小样本故障识别。

(三) 基于机器学习的故障诊断

以机器学习为基础进行故障诊断,是科学技术迅速发展,传统故障诊断方法已很难适应现代需求这一背景下产生的一种行之有效的办法。它以数据为驱动,通过对历史数据、故障信息等进行学习,构建故障特征到故障类别的映射,从而达到预测、识别未知故障的目的。应用上机器学习可以分为有监督学习与无监督学习两种方式。在进行有监督学习时,需要事先为数据集做好标记,并通过模型训练来实现故障的自动检测,常用的技术包括支持向量机、决策树和神经网络等;在无监督学习中,不需要对数据集进行标注,而是直接从原始数据中抽取特征来进行诊断分析。

深度学习作为一种功能强大的机器学习技术,在故障诊断方面有着优异的表现,该技术利用多层神经网络架构,从复杂的数据集中抽取有价值的特征,从而达到故障的自动检测。与传统的机器学习技术相比,其表现更为出色。以机器学习为基础进行故障诊断有着显著优

点。它可以迅速地处理海量的数据,减少诊断时间;基于历史数据对模型参数进行自动优化,以提高诊断的精度;自动识别故障和减少人工干预;该模型便于推广,以满足不同装备、不同行业故障诊断需要。然而在工业应用上,其同样面临着数据量大、质量良莠不齐的挑战,但是随着大数据和云计算的发展,今后故障诊断会向智能化方向发展、自动化方向发展,实现对设备状态的实时监控以及预测性维护等功能。

三、电气自动化控制系统维护策略

(一) 预防性维护

预防性维护(Preventive Maintenance,简称PM)是为防止设备故障发生、消除失效隐患及避免生产计划外中断,而在故障发生之前所采用的系统性维护措施,又是制造过程设计中的一项重要产出。这一理念不仅对硬件设备具有适用性,同时也扩展到了软件行业,即在软件交付完成后,进行潜在缺陷的检测和修复,以防止这些缺陷进一步转化为实际的故障问题。它的核心是通过定期的检查、探测和维修来达到及早发现和干预设备异常情况的目的,以维持设备指定功能状态的正常运行。

预防性维护是为了预防故障而采取的一种维护活动,它是指设备经过检验、测试后,找出故障征兆或者为了预防故障而维持指定功能状态的过程。这种维护方法已经被现代制造业广泛采纳,从最初的单一维修方式发展到包括计划维护和以可靠性为核心的维护(RCM)在内的多种综合维护方式。预防性维护有很多优点,该系统能够有序地进行维护和检查工作,确保资产的使用能够持续到其整个生命周期,并确保保修信息始终处于最新状态。此外,它还有助于降低维护的总成本,这包括了计划内和计划外的维护、库存以及备件的费用。同样,当劳动力组织得当时,生产力有可能得到提升;如果不进行预防性维护,就有可能出现非计划性停机所造成的损耗。同时,其能够在设备运行过程中提高生产效率、节省成本,并带来系统运行可靠性的提升,降低了更换零件的费用损失,缩短了系统的停机时间,优化了零件的库存管理,具有长远的效益。

(二) 预测性维护

预测性维护(Predictive Maintenance,简称PdM)是基于设备当前运行状态的维护策略,通过对设备实时监控和数据分析,预测其未来健康状况,并在故障发生前采取维护措施。其运用大数据、人工智能和机器学习的技术手段对设备数据进行深度挖掘与分析,确定设备的

异常运行模式及潜在的故障特征，以实现了对设备故障的超前预知。

预测性维护具有显著优势。此技术可以缩短约45%的停机时长，减少生产的中断和可能的收益损失，并且可以根据真实的数据进行有针对性的维护，从而避免了不必要的维修和高额的费用。与传统的预防性维护和事后修复相比，这种方法能更准确地确定维护的具体需求。同时，及时发现可能发生的故障，可以减少设备运行过程中的安全风险，确保高风险操作或者关键任务的设备安全运行。另外，根据实际需求进行定期的维护，可以有效地延长设备的使用寿命，减少由于设备老化或磨损引发的故障，从而提高设备的整体性能。

（三）事后维护

事后维修是指当设备或系统故障时，为使故障设备恢复正常运行而进行的维修措施。其优点是：不需要定期检修，可以节约人力、物力，降低检修成本，同时可以减少不必要的检修，检修计划可以根据实际情况进行灵活地调整，对非关键设备有较好的应用前景。但事后检修也有明显的弊端，设备故障会造成生产中断、故障维修时间不易控制，甚至会造成更大损失等。

根据实际案例分析，上海的一个高档楼盘在半年时间里因为电梯问题暂停了12次服务，二手房的挂牌价格比周围低15%，因此，维修人员也需要24小时待命以应对突发的故障情况。然而事后检修也是非常重要的，及时地进行事后检修可以确保操作人员安全、降低事故发生几率、对设备受损情况进行维修来延长设备使用寿命、减少更换成本等。事后检修时故障数据及检修记录的采集可为后续预防性维护及设备改进等工作提供重要基础。

随着科学技术的进步，现代事后维护更加倾向于数据驱动、智能化，同时也需要整合资源、团队协作、构建知识库、培训体系等手段来提高维护效率。

结论

电气自动化控制系统的稳定运行对各行业意义重大，故障诊断与维护策略的研究极具价值。基于模拟信号分析、数字信号处理和机器学习的故障诊断技术各有千秋，能从不同角度精准识别系统故障。预防性维护可防患于未然，预测性维护能精准预判故障，事后维护则能及时修复问题。实际应用中，应结合系统特点与需求，综合运用这些技术和策略，构建全面的保障体系。未来，随着技术不断革新，故障诊断与维护将更智能高效，为电气自动化控制系统的可靠运行提供坚实支撑。

参考文献

- [1] 桑运广. 水泥建材电气自动化设备故障诊断及智能维护策略[J]. 区域治理, 2025(13): 0172-0174.
- [2] 王兆生. 基于电气自动化控制技术的水泵故障诊断与智能维护研究[J]. 中文科技期刊数据库(全文版)工程技术, 2024(002): 000.
- [3] 王涛. 电气自动化系统故障诊断与维修技术的研究[J]. 家电维修, 2025(8).
- [4] 李向平. 基于电气自动化控制技术的水泵故障诊断方法研究[J]. 2025.
- [5] 赵小彪. 基于PLC的水电站电气自动化控制系统[C]//全国绿色数智电力设备技术创新成果展示会论文集(四). 2024.