

电气工程自动化系统中故障诊断与预防技术探究

周长波

深圳市蕾奥规划设计咨询股份有限公司 广东 深圳 518000

摘要: 随着电气工程自动化普及发展,其故障诊断与预防愈发关键。本文聚焦电气工程自动化系统,深入探究其故障诊断与预防技术。首先阐述电气工程自动化系统常见的电气、机械及控制系统故障类型,为后续研究奠定基础。接着详细介绍基于信号处理、知识、模型以及数据驱动的智能诊断方法,展现故障诊断技术的多样性。随后探讨预防性维修、预测性维修、可靠性设计和操作规范制定等故障预防技术。最后分析智能化诊断与预防、数据驱动维护策略、无人化维护技术和数字孪生技术融合等发展趋势,旨在为提升电气工程自动化系统稳定性和可靠性提供参考。

关键词: 电气工程自动化;故障诊断;预防技术;发展趋势

引言:在科技飞速发展的当下,电气工程自动化系统广泛应用于工业生产、能源管理等众多领域,成为推动社会进步的关键力量。然而,系统在运行过程中不可避免地会出现各类故障,这不仅影响生产效率,还可能引发安全事故,造成巨大经济损失。故障诊断与预防技术作为保障系统稳定运行的重要手段,其重要性日益凸显。深入探究电气工程自动化系统故障诊断与预防技术,能够及时精准地发现并解决潜在问题,有效预防故障发生,对提升系统可靠性、保障生产安全以及推动行业发展具有深远意义。

1 电气工程自动化系统故障类型

1.1 电气故障

电气故障是电气工程自动化系统中较为常见的故障类型。它主要涉及电路方面的异常,涵盖电源、线路、电气元件等多个环节。电源问题如电压不稳定、供电中断等,会直接影响系统的正常运行,导致设备停机或工作异常。线路故障包含短路、断路、接触不良等情况,短路可能引发设备损坏甚至火灾,断路则会使设备失去电力供应。电气元件故障,像电阻、电容、二极管等元件的损坏,会改变电路的电气特性,影响信号传输和处理,进而干扰整个自动化系统的功能,降低系统的稳定性和可靠性。

1.2 机械故障

机械故障在电气工程自动化系统里也不容忽视。系统中的机械部分,如传动装置、运动部件等,在长期运行过程中,由于磨损、疲劳、腐蚀等因素,会出现各种问题。传动装置中的齿轮、皮带等,磨损后会导致传动精度下降,产生振动和噪声,影响设备的运行平稳性。运动部件如轴承,若润滑不良或受到过载冲击,会出现卡滞、损坏等现象,使设备无法正常运转。机械故障不仅

会直接破坏设备的机械结构,还可能间接影响电气部分的正常工作,引发连锁反应,扩大故障范围。

1.3 控制系统故障

控制系统故障是电气工程自动化系统的核心故障类型。控制系统负责协调和控制整个系统的运行,其故障会导致系统失控或运行紊乱。软件故障方面,程序错误、算法不合理或软件冲突等,会使系统无法按照预设的逻辑和指令运行,出现控制失误或响应异常。硬件故障包括控制器、传感器、执行器等硬件设备的损坏或性能下降。传感器故障会导致数据采集不准确,使控制系统无法获取真实的环境信息;执行器故障则会使控制指令无法有效执行,影响系统的实际动作^[1]。

2 电气工程自动化系统故障诊断技术

2.1 基于信号处理的诊断方法

基于信号处理的故障诊断技术,聚焦于对电气工程自动化系统运行信号的深度挖掘与分析,以此洞察系统内部状态,精准定位故障。系统运行产生的各类信号,如电气信号、振动信号、声音信号等,蕴含着丰富的故障信息。借助傅里叶变换,可将时域信号转换为频域信号,清晰呈现信号的频率成分,从而识别出如电气系统中的谐波干扰等周期性故障特征。小波变换则凭借其时频局部化特性,能同时捕捉信号的频率与时间信息,对于非平稳信号的处理效果显著,可精准检测机械振动信号里的瞬态冲击故障。相关分析可判断不同信号间的关联性,辅助定位故障源;谱分析能揭示信号的频率分布与能量状况,为故障类型判断提供依据。此外,经验模态分解等方法可将复杂信号分解为多个本征模态函数,进一步提取故障特征。

2.2 基于知识的诊断方法

基于知识的故障诊断方法,依托于人类专家在电气

工程自动化领域长期积累的丰富经验与专业知识,以实现系统故障的精准判断。专家系统是该方法的典型代表,它将专家的知识与经验以规则的形式存储在知识库中。当系统出现故障时,推理机依据输入的系统状态信息,在知识库中进行搜索和匹配,按照预设的推理策略得出故障诊断结果。这种方式能有效模拟专家的决策过程,但知识获取和更新难度较大,需耗费大量时间收集、整理专家经验。故障树分析则以系统故障为顶事件,通过逐层分析导致故障发生的直接和间接因素,构建故障树模型。从顶事件出发,沿着树枝向下追溯,找出所有可能的故障原因组合,从而确定系统的薄弱环节和故障根源。模糊逻辑方法考虑到故障现象与原因之间的模糊性,运用模糊集合和模糊推理来处理不确定信息,能够更准确地描述故障特征与故障原因之间的关系,提高诊断的准确性和可靠性。

2.3 基于模型的诊断方法

基于模型的故障诊断方法,围绕电气工程自动化系统的精确数学模型展开,通过对比实际与预期状态来识别故障。构建系统模型是关键第一步,常见的有状态空间模型、传递函数模型等。这些模型能精准刻画系统输入、输出及内部状态间的关系。以状态空间模型为例,它用一组一阶微分方程描述系统动态特性,清晰呈现系统在不同输入下的状态变化。在系统运行过程中,实时采集实际输出数据,并与模型预测输出对比,产生残差信号。若系统无故障,残差应在合理范围内波动;一旦出现故障,残差会显著偏离正常范围。利用残差分析技术,如阈值检测、统计检验等,判断残差是否异常,进而确定故障发生与否。该方法能深入揭示系统内在运行机理,诊断结果准确可靠

2.4 数据驱动的智能诊断方法

数据驱动的智能诊断方法依托电气工程自动化系统运行产生的大量数据,借助智能算法挖掘潜在故障信息,实现精准诊断。机器学习是其中重要手段。支持向量机通过对数据特征的分析与学习,构建分类超平面,能将正常与故障数据有效区分,对复杂故障模式有较好的识别能力。决策树算法则依据数据的特征属性进行层层划分,形成树状结构,直观呈现故障判断逻辑,便于理解与解释。深度学习进一步提升了诊断性能。卷积神经网络擅长处理图像类数据,可对设备的红外热成像图、振动频谱图等进行分析,自动提取故障特征。循环神经网络及其变体长短期记忆网络,能有效处理时序数据,实时监测系统运行状态变化,预测故障发展趋势。数据驱动的智能诊断方法无需精确系统模型,能自动适应不同

工况与故障类型。不过,它依赖大量高质量数据,数据标注和预处理工作繁琐,且模型训练过程复杂,对计算资源要求较高,需不断优化算法与模型结构以提高诊断效率和准确性^[2]。

3 电气工程自动化系统故障预防技术

3.1 预防性维修

预防性维修是一种主动式故障预防策略,旨在通过定期维护降低电气工程自动化系统故障发生率。它依据设备的历史运行数据、制造商建议以及实际使用情况,制定出科学合理的维修计划。在预防性维修中,会定期对系统中的各类设备进行全面检查,涵盖机械部件的磨损程度、电气元件的性能状态等。对于易损件,会按照既定周期进行更换,防止其因过度磨损而引发故障。同时,对设备进行清洁、润滑、紧固等常规保养操作,确保设备处于良好的运行环境。预防性维修能够提前发现并解决潜在问题,有效延长设备使用寿命,提高系统的稳定性和可靠性。然而,它也存在一定局限性,维修周期的设定难以精准匹配设备实际状态,可能导致过度维修,造成资源浪费,或者维修不足,无法及时消除故障隐患,需结合其他技术手段进行优化。

3.2 预测性维修

预测性维修是依托先进技术对电气工程自动化系统故障进行前瞻性预防的手段。它借助高精度传感器,实时采集设备运行中的温度、振动、电流、电压等关键参数,这些参数如同设备状态的“晴雨表”,能直观反映其健康状况。采集到的数据被传输至数据分析系统,运用机器学习、深度学习等智能算法进行深度挖掘。通过分析数据的变化趋势和异常模式,系统能够精准预测设备可能发生故障的时间和部位。基于预测结果,维修人员可提前规划维修工作,在故障尚未影响系统正常运行时进行针对性维护。这种方式避免了预防性维修中可能出现的过度维修或维修不足问题,既能有效降低设备故障率,减少非计划停机带来的损失,又能合理分配维修资源,提高维修效率,保障电气工程自动化系统长期稳定运行。

3.3 可靠性设计

可靠性设计是电气工程自动化系统故障预防的关键环节,旨在从源头提升系统抵御故障的能力。在设计阶段,就需全面考量各种可能影响可靠性的因素。元器件选型上,优先挑选质量可靠、性能稳定且经过严格筛选的产品,确保其能在规定的工作环境和寿命周期内正常工作。对于关键部件,会预留一定的性能裕量,以应对可能的负载波动和意外情况。系统结构设计采用模

模块化理念,将复杂系统分解为多个独立又相互协作的模块。这种设计便于故障隔离,当某一模块出现问题时,不会迅速扩散至整个系统,降低故障影响范围。同时,引入冗余设计,为关键功能或设备配备备用单元,当主单元故障时,备用单元能立即投入运行,保障系统连续工作。通过可靠性设计,可显著提高电气工程自动化系统的稳定性和可用性,减少后期维护成本和停机时间。

3.4 操作规范制定

操作规范制定是电气工程自动化系统故障预防不可或缺的一环,它为系统操作人员提供了明确、标准的行为准则。规范需涵盖系统启动、运行、停止以及调试等全流程操作步骤。启动前,要详细检查设备状态、参数设置等,确保各项条件满足要求,避免因准备不足引发故障。运行过程中,明确规定操作人员需实时监控的关键指标,如温度、压力、电流等,一旦出现异常能及时采取措施。停止操作时,也要按照特定顺序进行,防止设备受损。同时,规范要强调安全注意事项,如佩戴防护装备、禁止违规操作等。定期对操作人员进行培训与考核,确保其熟悉并严格遵守规范。通过制定和执行操作规范,可减少人为失误导致的故障,使系统在稳定、安全的条件下运行,延长设备使用寿命,降低故障发生频率,保障电气工程自动化系统的高效可靠运转^[3]。

4 电气工程自动化系统故障诊断与预防技术的发展趋势

4.1 智能化诊断与预防

智能化诊断与预防依托人工智能技术,通过传感器网络实时采集设备运行数据,利用深度学习、机器学习等算法分析数据,实现对故障的精准预测与快速响应。智能系统可自动调整设备运行参数,优化控制策略,降低故障风险。智能化技术还能减少人工干预,降低运维成本,提高故障处理效率,推动电气工程自动化系统向自主化、高效化方向发展。

4.2 数据驱动的维护策略

数据驱动的维护策略以海量设备运行数据为基础,通过大数据分析技术挖掘数据价值,识别故障模式与趋势。结合历史故障数据和实时监测信息,构建预测模型,实现故障预警和预防性维护。数据驱动策略还能优化维护资源分配,将维护重点聚焦于高风险设备,避免过度维护或维护不足,显著提升设备可靠性和使用寿命。

4.3 无人化维护技术

无人化维护技术通过机器人、无人机等自动化装备,结合远程监控与智能控制系统,实现设备维护的无人化操作。在危险或复杂环境中,无人化技术可替代人工完成巡检、检测和维修任务,降低安全风险。例如,无人机搭载红外热像仪和高清摄像头,可快速检测输电线路故障;协作机器人可在生产线中自主更换磨损部件。无人化维护技术还结合边缘计算和5G通信,实现实时数据传输与远程决策,提升维护效率和响应速度。

4.4 数字孪生技术的融合

数字孪生技术通过构建物理设备的虚拟模型,实现设备全生命周期的动态映射与仿真分析。融合物联网、大数据和人工智能技术,数字孪生可实时采集设备运行数据,预测潜在故障,优化维护策略。例如,在智能电网中,数字孪生模型可模拟电网负荷变化,提前调整运行参数,避免过载故障;在工业生产中,数字孪生可模拟设备磨损过程,指导预防性维护。数字孪生技术还能通过虚拟调试降低设备开发成本,缩短研发周期,推动电气工程自动化系统向智能化、精准化方向发展^[4]。

结束语

在电气工程自动化系统不断发展的进程中,故障诊断与预防技术的重要性日益凸显。通过对多种故障诊断技术的深入探究,我们能够更精准、快速地定位故障,为系统修复争取宝贵时间。而故障预防技术则从源头出发,降低故障发生概率,保障系统的稳定运行。未来,随着科技持续进步,这些技术将不断优化升级,融合更多先进理念与智能算法。我们需持续加大研究投入,提升技术创新能力,让故障诊断与预防技术更好地服务于电气工程自动化系统,推动行业向更高水平迈进,创造更大的经济效益与社会价值。

参考文献

- [1]谢明明.分析电气工程自动化系统中的节能技术应用[J].电气技术与经济,2023(6):90-91,94.
- [2]夏正杰.电气工程自动化系统中的智能化技术分析[J].集成电路应用,2023,40(8):322-323.
- [3]林达强.电气工程自动化系统中节能设计技术的应用分析[J].百科论坛电子杂志,2020(7):1500-1501.
- [4]朱世峰.电气自动化在电气工程领域中的发展及应用[J].现代工业工程,2025(6):28-30.