

# 电气自动化设备故障诊断系统研究与应用

汪勤 吴旻 李光华

国网四川电力送变电建设有限公司 四川 成都 610000

**摘要:** 电气自动化设备在现代工业、医疗、交通及能源管理中扮演着核心角色。为保障其稳定运行,故障诊断系统应运而生,通过精密传感器网络与智能分析技术,实现对设备状态的实时监测与故障预警。该系统能够迅速定位故障点,判断故障类型,并提供预防性维护建议,有效缩短停机时间,降低维修成本。在多个关键领域的应用中,电气自动化设备故障诊断系统显著提升了设备运行效率与安全性,为行业的可持续发展提供了坚实的技术支撑。

**关键词:** 电气自动化设备;故障诊断系统;智能监测与分析

## 引言

随着电气自动化技术的广泛应用,设备故障对生产安全与效率的影响日益凸显。传统故障诊断方法存在响应滞后、诊断精度不足等问题,难以满足现代工业对设备可靠性的高要求。因此,构建高效、智能的电气自动化设备故障诊断系统显得尤为重要。该系统通过集成数据采集、预处理、机器学习及深度学习等关键技术,实现了对设备状态的精准监测与故障预警,为设备管理与维护带来了革命性的变革。

### 1 电气自动化设备故障诊断系统的核心价值与重要性

电气自动化设备在现代化生产中扮演着至关重要的角色,其持续、稳定的运行是保障生产效率与安全的关键。鉴于这些设备往往处于连续作业状态,任何突发故障都可能迅速引发连锁反应,导致生产线中断、能源消耗加剧,甚至引发严重的安全事故。因此,电气自动化设备故障诊断系统的构建与应用显得尤为重要。一个高效的故障诊断系统能够及时捕捉设备运行中的异常信号,迅速定位故障源头,大幅缩短停机时间,有效遏制故障影响的扩散。这有助于迅速恢复生产,还能避免潜在的安全隐患转化为实际危害,确保生产系统的整体稳定与安全。通过对历史故障数据的深度挖掘与分析,故障诊断系统能为设备的优化设计提供宝贵的参考信息。这些数据揭示了设备故障的常见模式与潜在诱因,为工程师在设计改进与预防性维护策略时提供了科学依据。在此基础上,企业可以针对性地优化设备结构,强化其耐用性与可靠性,延长设备的使用寿命,减少因频繁维修与更换带来的成本负担。总的来说,电气自动化设备故障诊断系统是保障生产安全与效率的关键工具,更是推动企业实现可持续发展与经济效益提升的重要基础。通过不断优化与创新,该系统将在未来发挥更加深远的作用,引领电气自动化设备管理与维护的新趋势。

## 2 电气自动化设备故障诊断的关键技术

### 2.1 数据采集与预处理技术

数据采集在电气自动化设备故障诊断体系里占据着基础性地位。借助精密构建的传感器网络,可对设备运行过程中的多元关键数据予以实时捕捉,其中涵盖电流、电压这类反映电气性能的参数,以及温度、振动等表征设备物理状态的参量。传感器网络的合理布局与选型,是确保获取数据全面且精准的前提,其需依据设备的结构特性、运行工况等因素综合考量。例如在电机设备中,于轴承、绕组等关键部位部署振动、温度传感器,以便全面感知电机运行状态。采集到的数据并非直接适用于故障诊断,数据预处理环节至关重要。数据清洗作为预处理的首要步骤,旨在剔除数据中的错误值、缺失值,纠正因传感器故障、传输干扰等导致的数据偏差。去噪过程则运用滤波算法,如卡尔曼滤波、小波滤波等,消除各类噪声干扰,还原数据的真实特征。特征提取是预处理的核心,通过数学变换、统计分析等手段,从海量原始数据中提炼出对故障诊断具有指示性的关键特征参量。像对振动信号进行傅里叶变换,将时域信号转换为频域信号,从中识别出故障特征频率,为后续诊断提供有力的数据支撑<sup>[1]</sup>。

### 2.2 机器学习在故障诊断中的应用

(1) 机器学习为故障诊断提供了全新的视角和方法。其核心在于通过大量历史数据对模型进行训练,使系统能自主挖掘设备故障的特征与潜在规律,实现故障的智能识别与分类。(2) 支持向量机作为机器学习中的经典算法,展现了在故障诊断中的独特优势。它通过构建最优分类超平面,精确区分设备的正常状态与故障状态,甚至进一步区分不同类型的故障模式。这种算法在处理高维数据和复杂分类任务时表现出色,为故障诊断提供了强有力的支持。(3) 神经网络凭借其强大的非线性

性映射能力,在故障诊断领域同样发挥着重要作用。多层感知器结构使得神经网络能够学习并记忆复杂的故障特征。通过反复训练大量故障样本,调整网络内部神经元之间的连接权重,神经网络能够实现对未知故障的准确识别。这种能力使得神经网络在应对多样化、复杂化的故障模式时具有显著优势。(4)在实际应用中,机器学习算法展现出高效处理海量数据的能力。将采集并预处理后的设备运行数据输入训练好的机器学习模型,模型经过内部运算处理,能够迅速输出准确的故障诊断结果。这提升了故障诊断的效率,还提高了诊断的准确性,为电气自动化设备的稳定运行提供了有力保障。

### 2.3 深度学习技术的最新进展

深度学习作为机器学习领域的前沿技术,在电气自动化设备故障诊断方面展现出卓越优势,近年来取得诸多突破性进展。卷积神经网络(CNN)通过卷积层、池化层等特殊结构,能自动提取数据中的局部特征与全局特征。在图像类故障数据(如电气设备内部的热成像图像、电路板图像等)处理中表现出色,可有效识别设备内部的异常发热区域、元件损坏迹象等故障特征。循环神经网络(RNN)及其变体(如长短期记忆网络LSTM),因其具备对序列数据的处理能力,特别适用于处理设备运行过程中的时间序列数据,像电流、电压随时间变化的曲线等。能捕捉数据在时间维度上的动态特征,对设备故障的发展趋势进行有效预测与诊断。深度学习模型在故障诊断领域展现出了卓越的能力。其最突出的优势在于自动特征学习,这一特性意味着模型无需依赖人工设计的复杂特征提取方法,而是能直接从原始数据中挖掘出深层次的、抽象的故障特征。这一转变极大地提升了故障诊断的准确性和效率,深度学习模型还具备出色的泛化能力。通过在大规模、多样化数据集上的训练,模型能适应不同设备、不同工况下的故障诊断需求。这种广泛的适用性使得深度学习成为电气自动化设备稳定运行的重要保障。无论是面对复杂的故障模式还是多变的运行环境,深度学习模型都能提供稳定可靠的故障诊断结果,为设备的维护和管理提供有力支持<sup>[2]</sup>。

## 3 电气自动化设备故障诊断系统的实际应用

### 3.1 在工业生产中的应用

(1)该系统通过部署在电机、自动化机床、工业机器人等核心生产设备上的多样化传感器,成功构建了一个全方位、实时的设备状态监测系统。这些高精度传感器能够不间断地捕捉电流、电压、振动、温度等一系列关键运行参数,确保数据的全面性和准确性。采集到的多维度数据被迅速传输至系统的核心处理单元,为后续

的数据分析与故障诊断提供了详实、可靠的信息基础。这一创新性的监测方案不仅提升了设备维护的及时性,还有效预防了潜在故障的发生,为企业的生产安全和效率提供了坚实保障。通过持续的数据监控与分析,该系统正逐步成为工业自动化领域不可或缺的一部分。(2)当系统检测到传感器采集的数据偏离正常范围时,会立即启动故障分析程序。借助先进的数据处理算法与智能诊断模型,系统能迅速定位潜在故障点,并准确判断故障类型及严重程度。在汽车制造生产线中,故障诊断系统通过监测自动化焊接机器人的振动数据与电机电流变化,能够敏锐地捕捉机器人机械部件磨损、电机绕组短路等早期故障迹象,及时发出警报,有效避免焊接质量缺陷以及机器人突发故障对生产线运行的影响。(3)该系统还具备故障预测与预防性维护的能力。通过长期积累设备运行数据以及故障案例,系统能构建出精准的故障预测模型。运用机器学习算法对设备运行趋势进行深入分析,系统提前预判可能出现的故障,并为企业提供针对性的预防性维护建议。预测电机在未来某时段可能因轴承磨损而引发故障,企业可据此提前制定维护计划,及时更换轴承,从而降低设备突发故障带来的维修成本与生产中断损失,确保工业生产的稳定性与高效性。

### 3.2 在智能交通系统中的应用

智能交通系统由交通信号设备、监控摄像头等大量电气自动化设备构成,其可靠运行对保障交通顺畅、安全至关重要。电气自动化设备故障诊断系统在此发挥着不可或缺的作用。对于交通信号设备,系统通过传感器实时监测信号灯的电压、电流以及信号灯控制模块的工作状态数据。如果信号灯出现亮度异常、闪烁频率失调或者控制模块故障等情况,系统能精准捕捉到相关数据变化,快速判定故障位置与原因,并立即向交通管理中心发送故障警报信息,通知维护人员及时赶赴现场维修,确保交通信号灯正常工作,避免交通拥堵和混乱。针对监控摄像头,故障诊断系统除监测其供电、图像采集模块等硬件状态外,还对采集到的视频图像质量进行实时分析。若摄像头出现镜头脏污、图像模糊、偏色或者信号传输中断等问题,系统能通过图像识别算法以及数据通信监测机制及时察觉,迅速通知维护人员处理,保证交通监控的有效性与连续性。故障诊断系统收集的交通数据,如不同时段车流量、车速等信息,经深度挖掘与分析后,能为交通管理部门制定科学合理的交通疏导方案、优化信号灯配时以及交通规划提供有力的数据支撑,助力智能交通系统高效运行<sup>[3]</sup>。

### 3.3 在其他领域的应用

(1) 该系统通过在核磁共振成像(MRI)仪、CT扫描仪、心电监护仪等医疗设备的关键部位部署精密传感器,能够实时捕捉设备运行的关键参数,如MRI仪的磁场强度与射频信号稳定性、CT扫描仪的球管温度与旋转速度等。如果设备出现任何异常波动,系统即可迅速介入,通过深入分析数据,准确判断故障类型,并即时发出警报,为医护人员与维修工程师提供宝贵的响应时间,有效保障诊断结果的准确性及患者的生命安全。

(2) 在航空航天领域,电气自动化设备故障诊断系统同样发挥着举足轻重的作用。系统利用遍布飞机各部位及发动机的传感器网络,全面收集飞行姿态、发动机转速、燃油流量、振动强度等海量数据。借助复杂的数据分析算法与先进的故障预测模型,系统能够实时评估飞机的飞行状态,及时发现发动机部件磨损、燃油泄漏等潜在安全隐患。在飞行过程中,如果检测到任何异常,系统会立即向飞行员发出警报,并提供详尽的故障信息,为飞行决策提供关键支持,确保飞行安全,助力航空航天事业的稳健前行。总的来说,电气自动化设备故障诊断系统在医疗设备与航空航天设备领域的应用,提升了设备运行的可靠性,更为相关领域的安全与连续发展提供了坚实的技术保障。

#### 3.4 在能源管理中的应用

在能源管理这一关键领域,电气自动化设备故障诊断系统同样展现出了其不可或缺的价值。(1) 该系统在电力系统的应用中,通过部署于变压器、断路器、发电机等关键设备的传感器网络,实时监测电流、电压、功率因数、温度等关键参数。如果系统检测到数据异常,如电流过载、电压波动或设备过热等,能够迅速启动故障分析程序,精确定位故障点,判断故障类型,并即时发出警报。这有助于及时采取措施避免设备损坏,还能有效预防大规模停电事故的发生,确保电力系统的稳定运行与供电可靠性。(2) 在新能源领域,如风力发电和太阳能发电系统中,电气自动化设备故障诊断系统同样

发挥着重要作用。系统通过监测风力发电机组的转速、功率输出、叶片角度以及太阳能光伏板的电流、电压等数据,能够及时发现设备故障或性能下降的迹象。如风力发电机组的齿轮箱磨损、轴承故障或光伏板的灰尘积累、电池组老化等问题,系统都能通过数据分析进行预警,为运维团队提供精准的故障定位与修复建议,有效延长设备寿命,提高能源转换效率。(3) 电气自动化设备故障诊断系统收集的能源管理数据,经过深度挖掘与分析,还能为能源调度与优化提供有力支持。通过对历史数据的回顾与未来趋势的预测,系统能够帮助能源管理者制定更加科学合理的能源生产计划与调度策略,优化资源配置,减少能源浪费,实现节能减排的目标。这有助于提升能源利用效率,还能为可持续发展战略的实施提供坚实的技术支撑<sup>[4]</sup>。

#### 结束语

电气自动化设备故障诊断系统的研究与应用,不仅提升了设备运行的安全性与稳定性,还为企业的生产管理与决策提供了有力的数据支持。未来,随着物联网、大数据、人工智能等技术的不断发展,故障诊断系统将进一步智能化、网络化,为电气自动化设备的全生命周期管理提供更为全面、精准的服务。这将有助于推动相关行业的转型升级,实现更加高效、绿色的生产模式。

#### 参考文献

- [1]袁宏普.电气设备监测与故障诊断系统在自动化工程中的应用研究[J].中国金属通报,2024(6):87-89.
- [2]朱新华.电力系统保护与控制中电气工程及其自动化技术的应用研究[J].电子元器件与信息技术,2024,8(10):93-95.
- [3]靳刚.冶金电气自动化系统改造与应用研究[J].世界有色金属,2024(8):42-44.
- [4]陈忠文.电气系统中的数字化保护与自动化技术应用研究[J].电工技术,2024(z1):122-125.