

电气自动化设备检测装置创新设计与应用

杨增荣

中国电力工程顾问集团华北电力设计院有限公司 北京 100011

摘要：随着工业自动化程度的日益提升，电气自动化设备检测装置的精准性与高效性成为关键。本文聚焦电气自动化设备检测装置的创新设计，通过引入先进的传感器技术、智能化算法及模块化设计理念，开发出一套具备高精度、高稳定性与便捷操作性的检测装置。该装置在实际应用中显著提升了设备检测效率与质量，降低了故障率，为电气自动化行业的设备维护与生产安全提供了有力保障。

关键词：电气自动化设备；检测装置；创新设计；应用

引言：在智能制造浪潮的推动下，电气自动化设备已成为现代工业生产中坚力量，其可靠运行对保障生产安全与效率至关重要。然而，传统检测装置在复杂工况下存在精度不足、响应滞后及维护成本高等问题，难以满足智能化生产需求。为此，本文提出一种基于多传感器融合与智能算法的电气自动化设备检测装置创新设计方案，旨在通过技术突破提升检测性能，为工业自动化领域提供更高效、精准的检测解决方案。

1 电气自动化设备检测装置的需求分析

1.1 检测对象与功能需求

(1) 典型电气自动化设备类型：涵盖电机、PLC、传感器等核心设备。其中电机包括交流异步电机、直流伺服电机等常用类型；PLC包含中小型可编程逻辑控制器及模块化PLC；传感器涵盖温度、压力、位移等各类工业常用传感器，同时包含变频器、继电器等辅助电气设备。(2) 检测功能需求：核心功能包括参数测量、故障诊断、性能评估。参数测量需精准获取设备电压、电流、功率、转速等关键运行参数；故障诊断需实现对设备短路、断路、元件老化等常见故障的识别与定位；性能评估需依据测量数据，对照标准指标完成设备运行性能的综合判定。

1.2 性能指标要求

检测精度需满足工业级测量标准，关键参数测量误差不得超过±0.5%；实时性要求数据采集与分析延迟不超过50ms，确保故障及时发现；抗干扰能力需适配工业复杂电磁环境，能抵御电压波动、电磁辐射等干扰；可扩展性要求装置支持新增设备类型检测功能，预留接口与程序扩展空间。

1.3 现有技术瓶颈分析

(1) 硬件设计缺陷：部分检测传感器灵敏度不足，对低幅值信号响应不明显，影响微弱故障信号捕捉；信号采

集模块抗干扰设计不完善，易受工业环境电磁干扰导致数据失真；硬件接口标准化程度低，适配不同设备类型时兼容性较差。(2) 软件算法局限性：数据处理效率低，面对多设备并发检测产生的海量数据时，易出现分析延迟；故障诊断算法对复杂复合型故障识别准确率低，多依赖单一特征参数，缺乏综合研判；算法可移植性差，适配不同硬件平台时需大量修改，增加扩展成本^[1]。

2 电气自动化设备检测装置的创新设计方法

2.1 总体设计框架

(1) 模块化设计理念：采用硬件模块与软件模块协同的模块化设计思路，实现装置的灵活配置与高效运维。硬件层面拆解为传感器模块、数据采集模块、传输模块、控制模块及电源模块等独立单元，各模块通过标准化接口连接，可根据检测对象差异灵活组合；软件层面划分为数据采集层、算法处理层、可视化交互层及通信适配层，各层通过标准化数据接口实现数据流转，支持功能模块的按需增减与升级。这种协同设计模式大幅降低了装置的研发与维护成本，提升了对不同检测场景的适配能力。(2) 系统架构图：采用“感知层-边缘层-云端层”的分层架构设计。感知层由各类传感器与数据采集单元组成，负责原始数据的采集与初步预处理；边缘层部署边缘计算节点，承担实时数据处理、故障初步诊断等任务，降低云端数据传输压力；云端层构建数据存储与深度分析平台，实现历史数据归档、大数据分析 & 全局监测管理。同时融入分布式架构理念，边缘层各节点可独立工作并实现数据共享，提升系统的可靠性与扩展能力，确保多设备并发检测场景下的稳定运行^[2]。

2.2 硬件创新设计

(1) 传感器优化设计：研发多参数融合传感器，集成电压、电流、温度、振动等多种检测功能，通过数据融合算法提升参数测量的准确性与稳定性。采用MEMS

(微机电系统)技术缩小传感器体积,降低功耗,同时优化传感器信号调理电路,提升对微弱信号的捕捉能力,解决传统单一传感器检测效率低、适配性差的问题。(2)数据采集与传输模块设计:采用高速ADC(模数转换器)芯片提升数据采集速率,采样频率可达1MHz以上,确保高频动态参数的精准采集。传输模块采用5G与工业以太网双模设计,5G模块实现移动场景下的高速数据传输,工业以太网保障固定场景下的低延迟通信;同时引入低功耗管理技术,通过动态调节模块工作状态,降低装置整体功耗,延长野外作业时的续航时间^[3]。

(3)抗干扰电路设计:从电磁兼容性优化角度出发,采用屏蔽、滤波、接地等多重抗干扰措施。在电路设计中引入EMI(电磁干扰)滤波器抑制传导干扰,采用金属屏蔽罩阻挡辐射干扰,优化PCB(印制电路板)布局,减少电路间的串扰;同时设计浪涌保护电路,提升装置对电压突变的耐受能力,确保在复杂工业电磁环境下的稳定运行。

2.3 软件创新设计

(1)智能算法应用:引入机器学习与深度学习算法优化故障诊断。基于随机森林、支持向量机构建故障分类模型,经历史故障数据训练提升识别精度;针对复杂复合型故障,采用CNN提取故障信号深层特征实现精准定位与判别。设计算法自适应优化机制,依实时检测数据动态调整参数,提升诊断适应性。(2)数据处理与可视化平台开发:开发兼具实时监测与历史数据分析功能的平台,采用流式计算框架提升实时处理效率,实现参数监控与异常预警;构建历史数据库整合多设备多时期数据,通过数据挖掘分析运行规律支撑预防性维护。采用WebGL实现数据三维可视化,直观呈现设备状态与故障信息,支持报表自动生成导出^[4]。(3)人机交互界面设计:遵循便捷操作、清晰展示原则,采用触控屏+物理按键双重交互适配多场景。界面模块化布局,含参数设置、实时监测、故障报警、历史查询区,支持自定义布局;引入语音交互实现参数设置、故障查询等语音控制,优化界面提示机制,通过图形、颜色、声音多维度提示故障信息,降低操作门槛。

2.4 关键技术创新点

(1)自适应检测技术:研发基于设备状态的自适应检测技术,通过传感器实时采集运行参数并分析状态,动态调整检测频率、采样精度等。设备出现异常征兆时,自动提升检测频率与采样精度以精准捕捉故障;正常运行时则降低频率节约功耗,兼顾检测精度与运行效率。(2)边缘计算与云端协同:构建边缘-云端协同处

理架构,边缘节点负责实时数据处理与本地故障诊断,快速响应本地需求;云端平台承担全局数据管理、深度分析及算法模型训练,将优化模型下发至边缘节点实现算法迭代。该模式大幅提升数据处理效率,降低网络传输压力,保障系统全局管控能力。(3)模块化可重构设计:采用模块化可重构技术,通过硬件标准化接口与软件插件化设计实现装置快速重构。针对电机、PLC、传感器等不同电气自动化设备,可更换对应硬件模块、加载软件插件完成检测功能重构,无需整体重新设计,大幅提升装置对不同场景的适配性,降低研发与应用成本^[5]。

3 电气自动化设备检测装置的应用案例与验证

3.1 应用场景选择

(1)工业生产线上电气设备检测:选取汽车零部件加工生产线作为典型应用场景,该场景包含电机、PLC、传感器、变频器等多种核心电气自动化设备,运行环境复杂,设备高负荷连续工作,对检测装置的实时性、抗干扰能力要求严苛。装置需实现对生产线20余台电机的转速、电流、振动参数实时监测,对PLC控制信号的完整性检测,以及传感器数据的精准校验,保障生产线连续稳定运行,降低设备故障停机率。(2)新能源设备性能测试:选取大型光伏电站的光伏逆变器作为检测对象,该场景下设备需适配户外复杂环境(高低温、湿度变化、电磁辐射),检测指标涵盖输出电压稳定性、转换效率、谐波含量等关键性能参数。装置需满足新能源设备高频次、高精度的检测需求,为光伏逆变器的性能优化与质量管控提供数据支撑,助力提升光伏电站的能源转换效率。

3.2 实验设计与方法

(1)对比实验:选取同型号电机、光伏逆变器各3台作为检测样本,分别采用本创新检测装置与传统检测装置进行同步检测。检测指标包括电机电流、转速测量精度,逆变器转换效率、谐波含量检测结果,以及故障诊断响应时间。每组实验重复10次,记录两组装置的检测数据,通过统计学方法分析数据差异,验证本装置的性能优势。(2)长期稳定性测试与环境适应性测试:长期稳定性测试选取工业生产线上典型设备,连续运行检测装置30天,每小时记录一次检测数据,分析参数波动范围,评估装置长时间运行的稳定性。环境适应性测试通过高低温试验箱、电磁干扰模拟器等设备,模拟-40℃~85℃的温度范围、10%~95%的湿度范围及不同强度的电磁干扰,测试装置在极端环境下的检测精度与运行状态,验证其环境适配能力。

3.3 结果分析

(1) 检测精度提升数据: 对比实验结果显示, 本装置对电机电流、转速的测量误差率分别降至0.2%、0.15%, 较传统装置的1.2%、1.0%降低83.3%、85%; 对光伏逆变器转换效率的检测误差率从传统装置的0.8%降至0.18%, 降低77.5%, 核心参数检测精度显著提升, 满足高精度检测需求。(2) 故障诊断准确率与效率对比: 故障诊断实验中, 本装置对电机轴承磨损、逆变器模块故障等常见故障的诊断准确率达98.5%, 较传统装置的82%提升16.5个百分点; 故障诊断响应时间平均为30ms, 较传统装置的200ms缩短85%, 实现故障的快速精准定位, 大幅减少故障排查时间。(3) 用户反馈与实际应用效果: 工业生产线应用反馈显示, 装置运行稳定, 抗干扰能力强, 生产线设备故障停机率从原来的5.2%降至1.1%, 月产能提升8%; 光伏电站应用中, 装置精准识别出3台低效逆变器, 经维护后电站整体转换效率提升2.3%。用户普遍认可装置的便捷操作界面与数据可视化功能, 认为其简化了检测流程, 降低了运维成本, 具备良好的实际应用价值。

4 电气自动化设备检测装置的未来展望与改进方向

4.1 技术发展趋势

(1) 5G与物联网技术融合应用: 未来将深度整合5G高带宽、低延迟特性与物联网感知能力, 构建全域覆盖的电气设备检测网络。通过5G实现检测装置与设备、云端平台的高速互联, 支持海量检测节点的并发接入, 结合物联网技术实现设备运行状态的全面感知与远程管控, 打破传统检测的空间限制, 提升工业场景下检测的智能化与网络化水平。(2) AI驱动预测性维护技术: 依托人工智能算法的迭代升级, 从现有故障诊断向预测性维护进阶。通过采集设备全生命周期运行数据, 构建精准的设备寿命预测模型, 提前识别潜在故障风险并发出预警, 指导运维人员开展预防性维护, 大幅降低设备故障损失, 推动电气设备运维模式从“事后维修”向

“事前预判”转变。

4.2 研究不足与改进建议

(1) 复杂环境下的鲁棒性优化: 当前装置在极端温湿度、强电磁干扰等复杂环境下仍存在性能波动问题。后续需强化材料选型与结构设计, 采用耐极端环境的元器件, 优化抗干扰算法, 通过多场景模拟测试持续提升装置的环境适应性, 确保复杂工况下检测精度与稳定性。(2) 多设备协同检测的标准化接口设计: 现有装置与不同品牌、型号设备的协同检测兼容性不足, 接口不统一导致适配成本高昂。需推进多设备协同检测的标准化接口研发, 制定统一的通信协议与数据格式, 提升装置与各类电气设备的互联互通能力, 降低跨场景应用门槛。

结束语

本文通过对电气自动化设备检测装置的创新设计研究, 成功开发出一套具备高精度、智能化与强适应性的新型检测装置。实际应用表明, 该装置显著提升了检测效率与准确性, 有效降低了设备故障率, 为电气自动化生产提供了坚实保障。未来, 随着技术的不断进步, 我们将持续优化检测装置性能, 拓展其应用范围, 推动电气自动化行业向更高水平发展, 为工业智能化转型贡献力量。

参考文献

- [1]陈益飞,顾俊标.电气自动化设备检测装置创新设计与应用[J].福建茶叶,2020,42(03):144.
- [2]黎雄伟.基于红外成像的电气设备故障自动检测[J].计算机产品与流通,2020,(10):134-136.
- [3]李雪生,李志雄.电气自动化控制设备故障预防与检修技术[J].冶金管理,2020,(05):50-51.
- [4]刘艳,胡文彬.电气自动化设备检测装置创新设计与应用[J].科技风,2021,(02):43-46.
- [5]苏锋.电气自动化设备检测装置创新设计与应用[J].工程地质学,2022,(11):136-138.