

基于工业互联网的电气自动化系统优化与智能运维

王献帅

杭州电驰科技有限公司 浙江杭州 310005

摘要: 在新一代信息技术快速发展的推动下,工业互联网正在深刻改变传统工业系统的运行模式,推动电气自动化系统朝着高度集成、智能感知与实时运维方向迈进。传统电气自动化系统因其结构封闭、响应滞后和数据孤岛问题,逐渐暴露出在复杂工况和多样化生产环境中运行效率不高、系统灵活性不足的问题。本文基于工业互联网的整体架构,结合电气自动化系统的运行特性,围绕系统架构重构、边缘计算应用、数据融合优化与智能运维机制构建等关键问题,探讨提升系统综合性能的策略路径。通过引入分层协同模型、边云协同处理机制和状态预测模型,实现在电气系统中对设备运行状态的全域感知、数据实时处理和远程智能诊断,显著提升系统的安全性、柔性化能力与运维效率。研究表明,基于工业互联网的系统优化路径具有良好的可实施性与可扩展性,为推进电气自动化系统的数字化与智能化转型提供了可借鉴的技术支撑和理论参考。

关键词: 工业互联网; 电气自动化; 系统优化; 智能运维; 数据融合

引言

当前我国制造业正处于由传统自动化向智能制造加快转型的关键阶段,电气自动化系统作为工业生产中的核心控制单元,其功能性能直接影响生产效率、设备稳定性与系统安全等级。在传统自动化架构中,电气系统通常以局域控制为主,设备信息采集粒度有限,系统之间缺乏有效联动,导致整体运行模式偏向“点对点”“孤立式”,难以支撑跨区域、多终端、多设备协同作业的需求。工业互联网作为连接物理世界与数字世界的新型基础设施,具备海量连接、边缘协同、数据驱动与智能反馈等优势,为电气自动化系统提供了体系重构与功能跃升的新路径。本文以工业互联网与电气自动化系统融合为研究核心,系统梳理传统架构存在的问题,深入剖析工业互联网环境下系统优化的关键技术环节,并提出实现智能运维与高效控制的系统路径,旨在为相关工程实践与研究提供理论支撑和可行方案。

1 电气自动化系统传统结构的瓶颈分析

传统电气自动化系统在架构设计上以控制稳定与响应快速为主要目标,控制逻辑集中于 PLC、DCS 等局部控制器,数据采集主要依赖接入式传感器,系统间通信多以 RS485、Modbus 等协议实现,仅能满足单一设备或子系统的独立运行控制需求。在这一模式下,系统扩展性差、兼容性弱,数据不能有效共享,存在严重的信息孤岛问题,限制了系统集

成与功能拓展的空间。现场层设备与管理层平台之间缺乏有效的数据通道,控制逻辑无法根据实时工况动态调整,严重影响了生产灵活性与设备利用效率。此外,由于数据存储与处理能力受限,系统难以实现复杂数据的挖掘分析与预判功能,设备健康状况多依赖人工巡检与定期维护,无法做到故障预警与自适应运维,导致资源浪费、故障率高、生产中断风险增加。在多工厂协同管理或异地控制场景下,传统系统更因数据采集滞后与响应延迟问题,表现出严重的局限性。因此,必须从系统架构、通信方式与信息管理等层面进行全方位重构,借助工业互联网平台提升系统感知、协同、判断和优化能力,实现电气自动化系统由“自动”向“智能”的转型升级。

2 工业互联网下电气自动化系统架构的优化策略

2.1 分层协同架构设计

工业互联网为电气自动化系统提供了强大的网络基础和平台能力,促使架构设计向分层协同方向优化。通过打破传统的“控制中心-终端设备”刚性链条,构建感知层、边缘层、平台层和应用层协同运作的多层架构,可以显著提升系统各模块间的耦合效率与通信实时性。感知层作为基础,依托智能传感器、工业网关及执行终端完成现场数据的实时采集和初步处理,为上层提供准确可靠的信息支持。边缘层部署高性能计算资源,承担边缘计算与智能判别任务,实现

对现场事件的快速响应和处理,降低了对核心网络和云平台的依赖,有效缓解了数据传输压力和响应时延。这种分层设计不仅增强了系统的灵活性和扩展性,也为实现实时性强、响应快速的控制提供了技术保障,满足了工业现场复杂多变的应用需求。

2.2 边云融合与智能服务

在电气自动化系统中,平台层集成了数据管理和算法服务功能,汇聚历史与实时数据,通过人工智能、大数据分析和数字孪生技术实现设备健康状态的动态评估与故障趋势的精准预测。基于此,系统能够优化运维资源配置,提高故障响应速度,显著提升智能化水平。边缘层与云平台的深度融合保证了数据在本地和云端的高效流动与处理,使智能判别和控制逻辑得以协同执行,从而实现了低延迟和高可靠性的控制体系。此架构支持复杂的数据分析和决策任务在不同层级的高效分配,使系统具备更强的适应性和智能服务能力,满足现代工业对高效运维和精细化管理的迫切需求,推动生产效率和设备利用率的双重提升。

2.3 标准统一与开放兼容

应用层面旨在为企业管理者 and 操作人员提供丰富的可视化数据监控、远程控制、故障报警和能耗分析等服务。通过统一的技术标准与接口规范,系统实现了开放兼容,支持不同厂商设备的无缝接入与协同工作,打破了信息孤岛,促进设备间的高效协作。这种标准化策略不仅简化了系统集成与维护难度,还增强了整体系统的灵活性和可扩展性。整体架构围绕数据驱动、感知与控制融合、智能协同作业构建,推动电气自动化系统向高度智能化和数字化转型,满足工业互联网环境下多样化、个性化的应用需求,为现代工业企业提供强有力的技术支持和保障。

3 智能运维模式的构建与关键技术支撑

智能运维作为电气自动化系统数字化转型的重要体现,强调以设备状态为导向、以数据分析为基础,实现从“定期维修”向“预测性维护”转变。在工业互联网平台支撑下,可通过边缘设备持续监测电流、电压、频率、温度、振动等关键参数,结合云端大数据分析平台,利用机器学习模型与专家知识库构建设备健康评分机制,对关键部件进行剩余寿命评估与故障趋势预测。在此基础上,系统可根据运行负荷、自学习经验与环境参数调整运维策略,动态生成检修计划与资源调配方案,降低非计划停机时间与运维成本。在控制层

面,通过部署可远程更新与自动调节的控制程序,实现设备参数自适应调整与异常情况自处理能力,提升系统鲁棒性与故障容忍度。同时,智能运维平台通过与移动终端和远程中控系统的紧密联动,能够实现对设备的远程诊断和故障定位,大大缩短了问题发现与处理的时间。运维人员可通过手机或平板等移动设备,实时接收设备状态信息和报警通知,借助高清视频传输功能获得现场直观画面,结合系统提供的视频引导和专家在线支持,实现远程指导维修操作。这不仅显著提升了故障响应速度,也有效降低了现场维修的复杂度和人力成本。运维过程中,平台不断积累丰富的设备运行数据和维修记录,通过数据分析挖掘潜在问题和设备薄弱环节,为后续系统升级、结构设计优化和运行策略调整提供了真实、全面的决策依据。基于大数据和智能算法的深入应用,智能运维平台能够实现对设备状态的精准预测和健康管理,推动系统运行质量和管理水平的全面提升,促进设备的高效稳定运行和延长使用寿命,为企业带来更大经济效益和管理效能。

4 系统安全机制与稳定运行策略探讨

4.1 多层次网络安全防护

随着电气自动化系统对网络通信和数据交互的高度依赖,系统安全成为稳定运行的核心保障。通信层面,需采用多重加密技术和严格的身份认证体系,防止数据在传输过程中被窃听、篡改或伪造,确保信息的保密性与完整性。网络层则应部署工业级防火墙和入侵检测系统,实时监测并自动阻断异常访问行为,同时完整记录安全日志,为事后安全事件的追溯和取证提供依据。多层防护的设计有效降低了网络攻击的风险,提升了系统整体安全防御能力。

4.2 系统架构的抗故障与恢复设计

系统架构需引入边缘隔离与分布式处理机制,以减少单点故障带来的连锁反应风险。边缘计算节点的独立运行能力确保关键业务即使在核心网络受损时依旧稳定执行。分布式处理增强了系统的自恢复能力,使其能在遭受攻击或故障时迅速切换到备份节点,维持正常运行。该策略不仅提高了系统的抗攻击性,也提升了整体运行的可靠性和连续性。

4.3 数据管理与运维安全规范

数据层面,应建立完善的冗余备份与灾难恢复机制,保障关键业务数据的安全可靠与持续可用。运维管理方面,需制定详细的安全操作规程和权限管理体系,明确各类操作

权限的边界与职责分工,防止人为误操作及权限滥用导致的系统风险。制度与技术双重保障共同构建起覆盖物理安全、通信安全、应用安全及管理安全的全方位防护体系,为电气自动化系统的稳定、可靠运行提供坚实基础。

5 电气自动化系统智能化发展的趋势展望

随着工业场景需求的不断扩展与技术融合的持续深化,未来电气自动化系统将在架构开放化、服务平台化与功能智能化方向持续演进。系统将不再是单一控制逻辑的集合体,而是成为具备数据感知、智能决策、远程协同与自我演进能力的智能生态节点。基于低功耗广域通信(LPWAN)、5G专网等通信技术,系统的设备接入能力与数据传输速率将大幅提升,为异地运维、多厂协同与实时监控提供技术保障。数字孪生技术的引入将使设备运行状态在虚拟空间中实时映射与演算,系统管理者可基于仿真结果进行策略预演与方案优化,提高管理决策的科学性与前瞻性。与此同时,绿色低碳目标将推动电气自动化系统进一步优化能效管理机制,依托数据驱动实现多源能源管理、动态调度与功率优化,形成可持续运行的绿色电气系统。在此基础上,系统设计理念也将从功能导向转向服务导向,构建多方协同、资源共享的工业服务平台,实现设计、制造、运维、升级全过程的闭环

联动。

6 结论

电气自动化系统在工业互联网平台的加持下,正由传统封闭式结构向开放式、智能化方向演进,系统结构更加灵活、响应更加快速、运维更加高效。通过分层协同、边缘计算、智能分析等关键技术的集成应用,系统不仅提升了运行稳定性与故障响应能力,也在数据驱动、资源调度与远程管理等方面展现出更强适应力与拓展力。文章从架构优化、智能运维、安全保障到未来发展方向,系统分析了构建面向未来的电气自动化系统的关键路径与实施策略,为实现工业控制系统的智能化转型提供了可行性方案。未来,随着技术融合的不断深入,电气自动化系统将成为智能制造体系中不可或缺的基础支撑力量。

参考文献:

- [1] 刘伟. 工业互联网赋能电气自动化系统的路径研究[J]. 自动化技术与应用, 2022(10): 54-57.
- [2] 张涛. 电气自动化与工业互联网融合的系统架构探讨[J]. 电气自动化, 2023(06): 41-45.
- [3] 陈晨. 智能制造背景下电气自动化运维模式创新分析[J]. 机电工程技术, 2021(12): 59-62.