

电气工程及其自动化中的物联网技术应用

杨学超

北京经纬纺机新技术有限公司 北京 100000

摘要: 本文探讨物联网技术在电气工程及其自动化中的应用。分析物联网技术应用于电气工程的技术基础,包括核心技术架构与两者的技术衔接;阐述核心应用场景,如电力设备智能监控、电力系统自动化调控等;介绍支撑应用实现的关键技术突破,涉及感知层、数据传输处理及安全防护;展望未来发展趋势,为相关领域应用提供参考。

关键词: 物联网技术; 电气工程; 自动化应用; 技术突破; 发展趋势

引言: 电气工程及其自动化是现代工业发展的关键支撑,物联网技术的兴起为其带来新的发展契机。物联网凭借强大的感知、通信与智能处理能力,可实时采集电气设备数据,实现设备监控、故障预警等功能。深入探究物联网技术在电气工程中的应用,对于提升系统运行效率、推动行业智能化转型具有重要意义,本文将对此展开详细论述。

1 物联网技术应用于电气工程的技术基础

1.1 核心技术架构

物联网的感知层技术特性体现在传感器节点部署需适应电气工程的复杂环境,节点分布需覆盖电气设备关键部位,避免信号遮挡影响数据采集完整性^[1]。数据采集精度控制通过动态调整采样频率实现,在设备运行稳定阶段降低频率减少能耗,在负载波动时段提高频率捕捉细微变化。多类型信号转换需将电流电压等电气量与温度湿度等环境量统一转换为数字信号,为后续处理提供一致的数据格式。网络层的通信协议适配需兼顾传输效率与稳定性,无线传感网络协议需优化频段选择,避开电气设备产生的电磁干扰,保障数据传输的连续性。工业以太网融合需解决实时性问题,通过优先级划分确保控制指令传输延迟处于可控范围。数据传输加密机制需嵌入通信过程,对敏感的设备参数和控制信号进行加密处理,防止信息泄露或篡改。应用层的智能处理框架中,数据聚合算法需过滤冗余信息,提取对设备状态评估和控制决策有价值的信息,减轻系统处理负担。边缘计算节点配置需靠近设备终端,承担部分实时分析任务,减少向云端传输的数据量,提升响应速度。云端协同管理平台需整合多区域设备数据,通过全局分析优化资源调度,实现对电气工程系统的整体管控。

1.2 与电气工程的技术衔接

电气设备状态参数的感知适配需精准采集电压电流信号,通过专用传感器获取设备运行时的电气特性,反

映负载变化和故障隐患。设备温度监测需采用非接触式传感方式,在高电压环境下安全获取温度数据,避免因接触式测量带来的安全风险。机械振动感知需针对电机变压器等旋转设备,捕捉振动频率和幅值变化,判断设备机械结构是否存在异常。自动化系统与物联网的接口融合需实现控制指令转译,将物联网平台的数字指令转换为设备可识别的电气信号,确保控制动作准确执行。设备状态反馈机制需建立双向通信通道,使物联网平台能实时接收设备运行状态信息,形成闭环控制。系统时钟同步需通过高精度授时技术实现,保证分布在不同位置的设备和传感器在时间维度上保持一致,避免因时间偏差导致数据关联错误。接口融合还需兼容老旧设备通信格式,通过信号转换模块实现新老系统无缝对接。

2 物联网技术在电气工程自动化中的核心应用场景

2.1 电力设备智能监控

设备运行状态的实时感知涵盖绝缘状态监测,通过部署在设备内部的传感器捕捉绝缘介质的局部特性变化,及时发现潜在的绝缘老化迹象。局部放电检测借助高频信号采集技术,捕捉设备内部微弱的放电脉冲,区分正常运行噪声与故障放电特征。散热系统工况跟踪通过监测风扇转速、散热片温度及冷却介质流量,判断散热系统是否能满足设备散热需求,避免因过热导致性能下降^[2]。设备表面涂层状态监测通过光学传感器捕捉表面锈蚀或剥落情况,提前预警设备防护能力下降的风险。故障预警与诊断逻辑中,异常特征提取通过对比实时数据与历史正常运行参数,识别超出阈值范围的波动信号,提炼故障前的典型特征。故障模式匹配将提取的异常特征与预设的故障特征库进行比对,确定可能的故障类型及严重程度。维修策略生成根据故障类型、设备重要性及运行环境,制定针对性的维修方案,包括维修时间窗口选择和所需资源调配建议,减少对系统运行的影响。诊断逻辑会结合设备运行年限和维护记录,修正故

障判断权重,提升老旧设备的预警准确性。

2.2 电力系统自动化调控

分布式能源的协同管理中,光伏风电出力监测通过安装在发电设备端的传感器,实时获取发电量变化,结合气象数据预测出力趋势。储能设备充放电控制依据电网负荷状态和可再生能源出力情况,自动调整充放电功率,维持电网能量平衡。负荷动态平衡通过监测各区域用电负荷变化,引导分布式能源出力与负荷需求匹配,避免出现供需失衡。微电网与主网的切换控制通过实时监测两侧电压频率差异,自动执行并网或离网操作,保障供电连续性。电网潮流优化与调度包含节点电压调节,通过实时采集各节点电压数据,自动调节变压器分接头位置,使电压维持在合理范围。线路负载监控持续跟踪输电线路的电流变化,避免负载超过安全限值。无功补偿自动控制根据电网功率因数变化,调整无功补偿装置的投入容量,提高电网运行效率,减少线路损耗。潮流方向监测通过相位传感器判断功率流动方向,为电网拓扑调整提供依据,优化能源输送路径。

2.3 工业电气自动化升级

生产线上的设备联动控制涉及电机转速同步,通过物联网实时传递转速信号,确保多台电机在生产过程中保持速度一致,避免因转速差异导致产品质量问题。传动系统协调通过监测各传动部件的运行状态,动态调整驱动力分配,使整个传动链运行平稳。生产流程动态调整依据各环节的实时运行数据,自动调整设备运行参数,适应原材料特性或生产需求的变化。设备闲置状态监测通过电流传感器捕捉空载信号,自动触发休眠模式,降低非生产时段的能耗。能耗监测与优化管理中,各环节能耗采集通过在生产设备、辅助系统安装能耗传感器,全面获取各环节的能源消耗数据,形成完整的能耗分布图谱。能效分析模型对采集的能耗数据进行多维度分析,识别高能耗环节及节能潜力。节能策略自动执行根据分析结果,调整设备运行参数或生产节奏,在不影响生产效率的前提下降低能源消耗,实现能耗的动态优化。能耗数据与生产计划联动,根据订单量变化提前调整能源供应方案,避免能源浪费。

3 支撑应用实现的关键技术突破

3.1 感知层优化技术

传感器的微型化与抗干扰设计需适应电气工程中的强电磁环境,通过屏蔽材料阻隔电磁信号,减少设备运行时产生的电磁辐射对传感数据的干扰。提升信号信噪比需优化电路设计,过滤环境噪声对有效信号的掩盖,使微弱的设备状态信号得以清晰捕捉^[1]。延长续航能力

通过低功耗芯片选型和动态休眠机制实现,在保证数据采集连续性的同时降低能耗,减少频繁更换电池对系统运行的影响。传感器外壳采用耐高低温材料,适应电气工程中多变的温度环境,避免极端温度导致传感性能下降。异构传感网络的协同组网依赖节点自组织机制,使不同类型的传感器节点能自动识别并加入网络,形成覆盖全面的感知体系。数据冲突避免通过时分复用技术实现,为不同节点分配独立的传输时段,防止多节点同时发送数据导致的信号混乱。冗余节点休眠策略根据感知区域的信号强度动态调整节点状态,当某一区域信号覆盖充足时,部分节点进入休眠状态,减少能量消耗和数据冗余。

3.2 数据传输与处理技术

低延迟通信协议优化需对实时性数据进行优先级划分,确保设备控制指令和故障报警信号优先传输,避免因延迟导致的响应滞后。传输路径动态选择通过实时监测各路径的拥堵状况,自动切换至更畅通的通道,保障数据传输的稳定性。带宽自适应分配根据数据类型和传输需求,灵活调整各节点的带宽占用,在数据量激增时优先保障关键信息的传输。协议兼容层的设计可实现不同通信标准的平滑对接,消除异构网络间的数据传输壁垒。边缘节点的数据预处理包含特征值提取,从海量原始数据中提炼出反映设备状态的关键特征,减少向云端传输的数据量。冗余信息过滤通过算法识别并剔除重复或无关的数据,降低存储和处理压力。本地快速决策生成使边缘节点能直接处理简单的控制需求,无需等待云端指令,提升系统的实时响应能力,尤其适用于对延迟敏感的自动化控制场景。

3.3 安全防护技术

设备身份认证与访问控制通过基于密钥的身份识别实现,每个接入网络的设备需通过密钥验证方可获得访问权限,防止未授权设备的非法接入。操作权限分级管理根据用户角色和设备重要性设置不同的操作权限,限制对关键设备的控制权限范围,降低误操作或恶意操作的风险。异常接入拦截通过监测设备的接入行为和通信特征,识别不符合常规模式的接入请求并及时阻断,保障网络边界安全。数据传输与存储加密采用端到端加密算法,确保数据从采集端到接收端全程处于加密状态,防止传输过程中的信息泄露。分布式账本存证为数据创建不可篡改的记录,便于追溯数据的生成和修改过程,提升数据的可信度。数据篡改检测通过校验数据的完整性特征,及时发现并预警被篡改的数据,保障基于数据做出的决策的准确性。加密密钥定期自动轮换,增强防

护体系的动态安全性。

3.4 系统集成与互操作性优化

不同厂商的电气设备与物联网系统往往存在接口差异,需建立统一的集成标准,规范数据交互格式与通信方式,消除厂商壁垒带来的整合难题。针对多代际设备共存的现状,开发中间转换模块,使老旧设备能接入新的物联网平台,避免因系统升级导致的设备淘汰浪费。系统互操作性优化需强化各子系统间的联动响应,当某一环节出现异常时,相关系统能快速接收信息并协同调整,形成跨系统的应急处理机制。通过构建统一的设备管理名录,实现对不同类型、不同功能设备的集中标识与状态监控,提升系统整体的可管理性。优化系统资源调度算法,根据各模块的实时负载情况动态分配计算与存储资源,避免部分节点过载影响整个系统的运行效率。

4 物联网技术在电气工程领域的发展趋势

4.1 技术融合深化方向

感知技术与电气设备的集成化设计聚焦嵌入式传感器研发,将传感元件直接嵌入设备内部核心部件,减少外部接线带来的故障隐患,使传感器与设备形成有机整体^[4]。设备状态自感知能力强化通过内置智能芯片实现,能自主识别运行参数变化,无需依赖外部监测装置即可完成基础状态评估,提升设备的自主诊断水平。集成化设计还需优化设备结构布局,使传感器安装位置更贴近监测点,提高数据采集的直接性和准确性,同时降低因外部环境干扰导致的信号衰减。人工智能与物联网的协同应用中,智能决策模型嵌入将算法模块整合到物联网网关,使系统能根据实时数据自主生成控制指令,减少对云端计算资源的依赖。自适应控制策略优化通过机器学习不断调整控制参数,使系统能自动适应负载波动和环境变化,维持稳定运行状态。预测性维护升级结合设备历史运行数据和实时感知信息,提前识别潜在故障风险,生成针对性的维护建议,将被动维修转化为主动预防,降低设备停机概率。算法模型会随设备运行时间积累经验,持续优化判断逻辑,提升决策适配性。

4.2 应用场景拓展路径

泛在电力物联网的全域覆盖推动配电网末梢感知延

伸,在偏远地区和低压台区部署小型化传感设备,填补传统监测盲区,实现电网全范围状态感知。用户侧用电信息交互通过智能电表和家用传感设备,建立电网与用户之间的双向通信通道,使用户能实时了解用电情况,电网也能根据用户需求调整供电策略。跨区域电网协同借助物联网构建统一信息平台,实现不同区域电网运行数据的实时共享,为互联电网的调度决策提供数据支撑,提升整体运行效率。工业电气领域的全流程智能化涵盖设计阶段的物联网仿真,在设备设计过程中通过虚拟传感网络模拟运行状态,提前发现设计缺陷。生产过程的实时优化利用物联网捕捉各环节运行数据,动态调整生产参数,使生产节奏与设备性能相匹配。运维阶段的无人化通过搭载传感器的巡检机器人替代人工巡检,结合物联网远程控制技术,完成设备检查和简单维护操作,减少人工干预,提升运维安全性和效率。智能终端的普及让操作人员能通过移动设备接收实时数据,远程参与流程调控,增强人机协作的灵活性。

结束语

物联网技术在电气工程及其自动化中的应用已取得诸多进展,从技术基础构建到实际场景落地,再到关键技术突破,形成了较为完整的应用体系。尽管仍面临一些挑战,但随着技术融合深化与应用场景拓展,其在提升系统效率、保障运行安全等方面的作用将愈发突出。未来,持续推动技术创新与优化,将进一步释放其在电气工程领域的应用潜力,助力行业向更智能、高效的方向发展。

参考文献

- [1]李少元.智能技术在电气工程自动化控制中的应用[J].科学与信息化,2025(2):135-137.
- [2]周雯,欧元理.电气工程自动化中的物联网技术研究与应用[J].电脑校园,2024(9):1-3.
- [3]盛开,袁力.基于物联网技术的建筑电气工程智能照明系统研究[J].科学与信息化,2025(9):115-117.
- [4]莫亚欣.电气工程及其自动化的智能化技术应用探讨[J].中国设备工程,2024(24):185-187.