

电气工程及其自动化问题探究

张天雨

沙坡头区南山台电灌站 宁夏 中卫 755000

摘要: 电气工程及其自动化在运行与应用中面临诸多问题,本文深入剖析了电力系统稳定性、设备可靠性、控制指令响应延迟等运行核心问题,以及技术适配性、兼容性、升级衔接断层等技术应用问题,还探讨了核心自主研发、技术更新节奏失衡等发展挑战,并从核心技术优化、系统调控策略完善等方面探索了问题解决的技术路径。

关键词: 电气工程及其自动化; 运行问题; 技术应用; 发展挑战; 技术路径

引言: 电气工程及其自动化是现代工业发展的关键支撑,在能源供应、设备运行、自动化控制等领域发挥重要作用。随着新能源占比提升、设备复杂度增加以及技术迭代加速,电气工程及其自动化在运行过程和技术应用层面面临诸多问题,制约其效能发挥与可持续发展。深入探究这些问题并提出解决路径,对推动电气工程领域技术进步具有重要意义。

1 电气工程及其自动化运行过程核心问题分析

1.1 电力系统稳定性维持难点

电力系统稳定运行是保障能源持续供应的核心要求,但实际运行中面临多重挑战^[1]。负荷动态变化导致供需平衡难以实时精准匹配,发电端与用电端功率波动存在时间差,尤其在新能源占比提升后,光伏出力的昼夜差异、风电受气象条件影响的随机性,进一步加剧了功率平衡难度。电网拓扑结构复杂化也带来稳定性风险,交直流混联电网中不同电压等级的耦合、分布式电源的分散接入,使故障传播路径更趋复杂,传统稳定控制策略难以适应新型电网形态。此外,继电保护装置的误动或拒动可能引发连锁故障,保护定值整定需兼顾灵敏性与选择性,在电网结构频繁调整时面临动态适配难题。

1.2 电气设备运行可靠性制约因素

电气设备可靠性受多重环境因素与技术条件共同影响。高温环境会加速绝缘材料老化,降低设备绝缘性能,而低温可能导致润滑介质凝固,影响机械传动部件灵活性。湿度变化易引发设备内部凝露,造成金属部件腐蚀或绝缘击穿,沿海地区盐雾环境对户外设备的腐蚀作用尤为显著。电磁干扰是影响电子设备可靠性的关键因素,开关操作产生的暂态过电压、谐波电流可能干扰控制信号传输,导致设备误动作或数据丢失。设备制造工艺缺陷同样不容忽视,焊接质量不佳、元件参数偏差等问题可能潜伏至运行阶段,在长期应力作用下逐渐暴露为故障。

1.3 自动化控制指令响应延迟诱因

控制指令响应延迟直接影响系统动态性能,根源在于信号传输与处理环节的多重制约。传感器采样频率不足会导致数据更新滞后,无法实时反映系统状态变化,尤其在快速动态过程中可能丢失关键信息,采样频率一般需达到100-1000赫兹。通信网络带宽限制与传输协议效率影响数据传输时效性,工业以太网在高峰负荷时可能出现拥塞,带宽需求可达10-100兆比特每秒,无线通信则可能受信号衰减或干扰影响,信号强度衰减可达20-50分贝。控制器算法复杂度与计算能力不匹配也会造成处理延迟,复杂控制策略需更高算力支持,若硬件性能不足则无法满足实时性要求,算力需求可达1-10万亿次每秒。执行机构响应速度同样关键,液压系统因流体惯性存在固有延迟,响应时间可达0.1-1秒,电动阀的启闭时间受电机特性制约,启闭时间范围在0.05-0.5秒。

1.4 多设备协同运行适配性障碍

多设备协同需解决接口标准、控制逻辑与运行策略的兼容性问题。不同厂商设备采用私有通信协议导致互联困难,即使支持通用协议也可能因数据格式差异需要额外转换,增加系统集成复杂度。控制逻辑冲突是常见问题,各设备独立设计时未充分考虑协同场景,可能出现动作时序不协调或目标冲突,例如变频器与电机保护装置在过载时的响应策略差异。运行策略适配需兼顾效率与安全性,分布式电源的功率分配需与储能系统充放电策略协同,若缺乏统一调度可能导致局部过载或能源浪费。系统级优化需建立全局模型,但设备级参数差异与运行工况变化使模型精度难以持续保证。

2 电气工程及其自动化技术应用层面关键问题拆解

2.1 复杂工况下技术适配性不足问题

电气工程技术在极端环境或动态工况中常面临适配性挑战^[2]。高温环境会削弱电子元件的散热效率,导致芯片结温升高引发性能衰减,而低温环境可能使润滑介质黏度

异常,影响机械传动部件的启动灵活性。强电磁干扰场景下,开关操作产生的暂态过电压可能突破设备电磁兼容阈值,造成控制信号失真或数据传输错误。高湿度环境易引发设备内部凝露,加速金属部件腐蚀与绝缘材料老化,沿海地区盐雾腐蚀对户外设备的破坏作用尤为突出。动态负荷波动场景中,新能源发电的间歇性与用电需求的随机性叠加,使功率平衡控制策略难以实时响应,传统稳态分析方法在快速变化工况中失效风险增加。

2.2 技术集成过程中的兼容性冲突问题

多技术融合时系统级兼容性冲突制约整体效能发挥。硬件层面,不同厂商设备采用差异化接口标准与通信协议,导致信号传输需额外转换模块,增加系统复杂度与故障点,接口标准种类可达5-15种。软件层面,控制算法开发平台与操作系统版本差异可能引发驱动冲突,涉及的操作平台种类可达3-8种,实时操作系统与非实时系统的混合部署易造成任务调度紊乱,任务调度延迟可达0.1-1秒。数据层面,异构设备产生的数据格式、采样频率与精度标准不统一,需建立复杂的数据清洗与融合机制,否则可能因数据失真导致决策偏差,数据格式种类可达8-15种,采样频率差异范围在10-1000赫兹。功能层面,独立模块设计时未充分考虑协同场景,可能出现动作时序错配或目标冲突,例如变频器调速与电机保护装置在过载时的响应策略差异,响应时间差可达0.05-0.3秒。

2.3 技术升级过程中的衔接断层问题

技术迭代周期缩短导致系统升级面临衔接断层风险。硬件替换时,新一代器件的封装尺寸、引脚定义或电气特性变更可能引发物理连接不兼容,需重新设计电路板布局或增加适配层。软件升级时,旧版本数据结构与新算法逻辑不匹配,需开发数据迁移工具或保留兼容模式,否则可能造成历史数据丢失或功能异常。控制策略更新时,传统PID控制与智能控制算法的切换需平滑过渡机制,避免参数突变引发系统振荡。系统架构升级时,集中式控制向分布式控制的转变需重构通信网络,若未规划过渡方案可能导致短期控制失效。

2.4 技术应用中的能耗优化瓶颈问题

能源效率提升受多重技术因素制约形成优化瓶颈。设备级能耗方面,电机系统长期运行于轻载或变载工况,固定转速设计导致效率曲线与负载需求错配,变频调速技术普及率不足限制节能空间。系统级能耗方面,多设备协同运行时缺乏全局能量管理策略,局部优化可能导致整体能耗增加,例如储能系统充放电策略与新能源出力的时空错配。控制策略能耗方面,复杂算法需更高算力支持,若硬件能效比不足则可能抵消控制优化带

来的节能收益。能源回收技术方面,制动能量再生、余热利用等技术经济性受设备规模与运行工况限制,小功率场景下回收成本常高于节能收益。

3 电气工程及其自动化技术发展面临的挑战

3.1 核心技术自主研发突破难度

电气工程核心技术的自主创新面临多重壁垒^[3]。高端电力电子器件领域,碳化硅、氮化镓等宽禁带半导体材料的制备工艺被少数企业垄断,器件性能优化涉及材料科学、微纳加工等多学科交叉,国内在缺陷控制、封装可靠性等关键环节仍存在技术短板。工业软件层面,电磁场仿真、控制系统设计等工具长期依赖进口,国产软件在算法精度、计算效率及多物理场耦合分析能力上与国际领先水平存在差距,难以满足复杂工程场景需求。基础理论创新方面,新型电力系统稳定性机理、高比例新能源接入下的控制策略等前沿课题,需突破传统分析框架,构建适应新型电网形态的理论体系,这对研究团队的跨学科知识整合能力提出更高要求。

3.2 技术与设备更新换代节奏失衡问题

技术迭代加速与设备生命周期延长形成矛盾。电力电子器件从硅基向宽禁带材料升级时,新一代器件的电气特性变化要求配套驱动电路、散热系统同步更新,但既有设备改造周期长、成本高,导致新技术推广受阻。工业自动化领域,PLC、DCS等控制系统的软件升级需兼容旧有硬件架构,而硬件平台性能限制可能制约新算法功能实现,形成"软件等硬件"的被动局面。新能源发电设备方面,光伏组件效率提升速度与逆变器技术更新节奏不匹配,早期安装的逆变器难以充分发挥新型组件的发电潜力,造成系统整体能效损失。

3.3 跨学科技术融合应用壁垒

电气工程与多学科交叉融合面临知识体系重构挑战。与人工智能结合时,传统控制理论需融入深度学习、强化学习等算法,但工程人员对神经网络训练、数据标注等技术的掌握不足,导致智能控制策略落地困难。与物联网技术融合时,设备层通信协议碎片化问题突出,不同厂商设备采用私有协议,需开发中间件实现数据互通,增加了系统集成复杂度。与材料科学交叉领域,新型导电材料、绝缘材料的研发需经历从实验室到工程应用的漫长转化周期,材料性能测试标准与电气设备设计规范的衔接不畅制约技术落地速度。

3.4 技术创新转化效率偏低问题

科研成果向工程应用转化存在多重梗阻。高校与科研机构的研究方向常侧重理论突破,对工程化需求理解不足,导致技术成熟度难以满足企业要求。企业受制于

研发资源有限,对前沿技术跟踪滞后,更倾向于选择成熟技术进行规模化应用。技术转化链条中,中试环节资金投入大、风险高,民间资本参与意愿低,而政府扶持资金多聚焦于基础研究,对中试阶段支持不足。此外,知识产权保护机制不完善导致技术泄露风险,抑制了企业开展技术转化的积极性,形成“不敢转、不愿转”的困境。

4 电气工程及其自动化问题解决的技术路径探索

4.1 核心技术优化改进方向

电力电子器件性能提升需聚焦材料与工艺创新^[4]。宽禁带半导体材料研发应突破单晶生长、缺陷控制等关键技术,通过离子注入、快速退火等工艺优化提升载流子迁移率,降低导通损耗。针对工业软件短板,可构建开源仿真平台,整合多物理场耦合算法库,通过模块化设计降低开发门槛,同时加强产学研合作,将实际工程需求反馈至软件架构设计环节。基础理论研究方面,需建立新型电力系统稳定性评估体系,融合大数据分析与管理建模方法,开发适应高比例新能源接入的动态安全域计算工具,为控制策略设计提供理论支撑。

4.2 系统运行调控策略完善路径

分层分区调控架构可提升系统响应灵活性。在区域层面部署边缘计算节点,实现本地数据实时处理与控制指令快速下发,减少集中式控制中心的通信延迟与计算压力。动态功率分配算法需考虑新能源出力预测误差,引入鲁棒优化方法构建不确定性约束条件,通过调整储能系统充放电策略平抑功率波动。设备健康状态评估可融合振动信号分析与温度场监测数据,利用机器学习模型预测剩余使用寿命,为预防性维护提供决策依据,降低非计划停机风险。

4.3 技术集成与协同机制构建思路

标准化接口协议是打破设备壁垒的关键。制定统一的通信数据模型与传输规范,将不同厂商设备的异构数据映射至标准格式,通过中间件实现协议转换与数据融合。构建虚拟仿真平台开展协同控制策略预验证,在数

字孪生环境中模拟多设备交互场景,优化动作时序与参数匹配,减少现场调试周期。分布式协同控制架构下,各设备需具备局部决策能力,通过共识算法达成全局目标一致,同时设计容错机制应对通信中断等异常工况。

4.4 技术创新体系建设要点

产学研用深度融合需建立长效合作机制。高校可与企业共建联合实验室,针对关键技术开展定向攻关,企业提供工程化场景与数据支持,加速技术迭代。构建开放式创新平台,整合产业链上下游资源,通过技术众包、竞赛等方式激发社会创新活力^[5]。知识产权保护体系完善需平衡技术共享与权益分配,探索专利交叉许可、技术标准必要专利等模式,降低技术转化风险。创新人才培养应注重跨学科能力融合,在课程体系中加入人工智能、材料科学等交叉学科内容,培养既懂工程实践又具理论创新能力的复合型人才。

结束语

电气工程及其自动化发展既面临核心技术突破、技术与设备更新节奏失衡等挑战,也存在诸多解决路径。通过优化核心技术、完善系统调控策略、构建技术集成协同机制以及加强技术创新体系建设,可有效应对现存问题,提升电气工程及其自动化系统的性能与可靠性,推动行业向更高水平迈进,为经济社会稳定运行提供坚实保障。

参考文献

- [1]彭栋.电气工程及其自动化问题及对策[J].科技创新导报,2022,19(19):37-39.
- [2]王涵.电气工程及其自动化应用中存在的问题及解决对策[J].模具制造,2023,23(4):223-225.
- [3]康泰,刘祥之.浅谈电气工程及其自动化的质量检测与安全问题[J].中国公共安全,2025(2):85-87.
- [4]刘昊泽.电气工程及其自动化应用中存在的问题与对策研究[J].中国设备工程,2024(23):117-119.
- [5]曾艳.电气工程及其自动化中存在的问题与解决路径[J].模具制造,2023,23(10):172-174.