

电气工程实践电气工程自动化技术探讨

张 龙

中石油昆仑网联电能科技(广东)有限公司 广东 深圳 518000

摘要: 在科技飞速发展的当下,电气工程作为现代工业的核心支柱,其重要性日益凸显。本文围绕电气工程实践中的电气工程自动化技术展开探讨。先对电气自动化技术进行概述,接着阐述其在电力系统、工业控制、智能建筑等电气工程实践场景的具体应用情况。同时指出该技术在实践过程中面临系统集成化程度低、网络架构不统一、能源浪费以及技术人员素质不足等挑战。最后提出提高系统集成化程度、构建统一网络架构、优化节能设计和加强技术人员培训等改进策略,以促进电气自动化技术在电气工程实践中的良好发展与应用。

关键词: 电气工程; 自动化技术; 实践应用; 挑战; 改进策略

引言: 随着科技的迅猛发展,电气工程领域不断推陈出新,电气工程自动化技术成为推动行业进步的核心力量。它集多种先进技术于一体,为电气工程实践带来了高效、智能的变革。在电力系统中保障稳定供电,于工业控制里实现精准操作,在智能建筑方面营造便捷环境。然而,当前电气自动化技术在电气工程实践应用中,暴露出诸多亟待解决的问题。深入研究这些问题并提出有效对策,对提升电气工程实践水平意义重大。

1 电气自动化技术概述

电气自动化技术作为现代工业体系的核心支撑,是融合电力电子、控制理论、计算机科学与人工智能的交叉学科。其本质是通过自动化设备与系统实现对电能生产、传输、分配及使用的全过程智能控制,旨在提升生产效率、保障系统安全并降低能耗。该技术以计算机终端为载体,依托信息技术构建数字孪生模型,结合现场总线、工业以太网等通信技术,实现设备间数据实时交互与协同控制。技术架构涵盖感知层、控制层与执行层:传感器网络采集温度、压力等物理参数,PLC(可编程逻辑控制器)或DCS(分布式控制系统)进行逻辑运算与决策,最终通过变频器、伺服电机等执行机构完成动作。典型应用包括电力系统中的智能调度、工业场景下的柔性制造以及建筑领域的楼宇自控。其技术特征体现为多学科融合(电气工程+计算机+机械工程)、强弱电结合(高压配电与低压控制一体化)以及软硬件协同(嵌入式系统与上位机软件联动)^[1]。

2 电气自动化技术在电气工程实践中的应用

2.1 在电力系统中的应用

(1)电网调度自动化。电网调度自动化是电气自动化技术在电力系统中的核心应用之一。通过集成计算机技术、通信技术和控制理论,该系统实现电网运行的实时

监控与智能调控。以智能电网调度控制系统为例,其依托大数据分析和人工智能算法,可自动采集全网电压、电流、功率等数据,完成负荷预测、状态评估及故障预警。系统通过分层分区调度机制,优化发电与用电的时空匹配,例如在负荷高峰期自动启动备用机组,或在新能源出力波动时协调储能设备参与调节。实际应用中,该技术使调度响应时间缩短至毫秒级,显著提升了电网的稳定性和经济性。(2)变电站自动化。变电站自动化是电气自动化技术推动电力设备智能化的典型实践。通过引入数字化保护装置、智能传感器和光纤通信网络,传统电磁式设备被全微机化系统替代。例如,变电站综合自动化系统(SAS)可实时监测主变压器油温、断路器分合状态等参数,并通过IEC 61850标准协议实现设备间信息共享。当线路发生故障时,系统能在100ms内定位故障点并隔离故障区域,同时通过远程操控恢复非故障区域供电。此外,自动化系统支持无人值守模式,通过三维可视化平台实现设备状态全景展示,运维效率提升40%以上,年故障处理时间减少60%。(3)配电自动化。配电自动化通过分布式智能终端(DTU)和馈线自动化技术(FA),构建了“自愈型”配电网。以环网柜为例,其搭载的智能测控单元可实时监测线路电流、电压谐波等指标,当检测到单相接地故障时,系统能在200ms内完成故障定位,并通过遥控开关自动隔离故障段,恢复非故障区域供电。在分布式电源接入场景中,配电自动化系统可协调光伏逆变器、储能装置与负荷的动态匹配,例如在光伏出力过剩时启动储能充电,或在负荷突增时调用分布式电源供电。实际应用数据显示,该技术使配电网供电可靠性提升至99.999%,年停电时间缩短至5分钟以内。

2.2 在工业控制中的应用

(1)顺序控制。顺序控制是工业自动化中实现流程化

作业的核心技术,通过预设逻辑序列驱动设备按固定步骤运行。在汽车制造装配线上,PLC(可编程逻辑控制器)根据工艺流程依次控制机械臂抓取、焊接、涂装等动作,各工位间通过传感器信号实现精准同步。例如,当车身到达指定工位时,光电传感器触发PLC输出信号,驱动气动装置完成螺栓紧固,随后通过步进电机将工件传送至下一环节。该技术通过模块化编程和故障自诊断功能,使生产线换型时间缩短60%,同时将人为操作误差率控制在0.1%以下,显著提升了多品种、小批量生产的灵活性。(2)开关量控制。开关量控制通过二进制信号(0/1)实现设备的启停、方向切换等离散状态管理,广泛应用于机床、包装机械等领域。在数控机床中,PLC根据加工指令控制主轴电机启停、冷却液开关及刀具换向。例如,当加工深度达到设定值时,位移传感器输出高电平信号,PLC立即切断主轴电机电源并启动冷却液循环,防止刀具过热。该技术结合硬件冗余设计(如双通道继电器),使设备故障率降低75%,年无故障运行时间超过8000小时。在智能仓储系统中,开关量控制还可实现货架升降、输送带启停的协同作业,提升物流效率30%以上。(3)过程控制。过程控制通过连续调节技术参数实现工业流程的动态优化,常见于化工、冶金等连续生产行业。在石油精馏塔控制中,DCS(分布式控制系统)实时采集温度、压力、液位等模拟量数据,通过PID算法自动调整加热蒸汽流量和回流比。例如,当塔顶温度偏离设定值时,系统在2秒内完成参数计算并输出控制信号,调节再沸器加热功率,使产品纯度稳定在99.9%以上。该技术结合先进控制策略(如模型预测控制),可将过程波动幅度降低50%,原料消耗减少15%,同时通过历史数据回溯功能为工艺优化提供决策支持。

2.3 在智能建筑中的应用

(1)电源与接地系统。智能建筑的电源系统以高可靠性和稳定性为核心,采用双路市电供电、柴油发电机备用及不间断电源(UPS)的三级保障机制。通过智能配电柜实现负荷动态分配,结合电能质量监测装置,实时优化电压、频率参数,抑制谐波干扰。接地系统采用联合接地设计,将防雷、设备、保护接地整合为低阻抗接地网络,确保人身和设备安全。电磁兼容性设计通过屏蔽电缆、等电位联结等技术,有效降低外部电磁场对建筑内敏感设备的影响。(2)楼宇控制系统。楼宇控制系统通过分布式传感器网络 and 智能执行机构,实现建筑环境参数的自动化调节。系统集成温湿度、光照、空气质量等多类型传感器,结合PLC或DCU控制器,对空调、通风、照明等设备进行精准控制。采用变风量(VAV)空调技术和

智能照明算法,根据实时需求动态调整设备运行状态,降低能源消耗。同时,系统支持远程监控和故障诊断功能,通过数据分析优化控制策略。(3)通信自动化系统。通信自动化系统构建了智能建筑的信息传输基础设施,支持语音、数据、视频等多业务融合传输。采用综合布线系统实现有线网络的标准化部署,结合无线覆盖技术(如Wi-Fi 6、5G微基站)提供全域无缝接入。系统通过高速骨干网络连接建筑内各类子系统,实现设备间数据实时交互。集成物联网平台后,可统一管理安防、消防、能源等系统,形成“感知-分析-决策”的闭环控制。

3 电气自动化技术在电气工程实践中面临的挑战

3.1 系统集成化程度不高

当前电气自动化系统多呈现模块化、分散化特征,子系统间缺乏深度协同机制。监控、保护、计量等独立功能单元通过专用接口实现有限数据交互,难以形成全局感知与控制能力。硬件平台异构性导致设备兼容性差,不同厂商产品在通信协议、数据格式上存在壁垒,集成时需定制适配层,增加系统复杂度。跨系统联动控制能力不足,如电力调度与设备运维系统未实现状态同步,制约了故障快速响应与资源优化配置。集成度低还引发维护成本攀升,多套独立系统需分别升级,形成技术债务累积^[2]。

3.2 网络架构不统一

电气工程中网络技术标准碎片化现象突出,工业以太网、现场总线、无线通信等技术混用,缺乏统一架构设计。控制层与管理层网络边界模糊,导致关键控制指令与普通数据流混杂传输,易引发实时性冲突。协议多样性造成设备互通困难,Modbus、Profinet、DNP3等协议并存,需通过协议转换网关实现连接,增加通信延迟与故障点。网络拓扑结构缺乏弹性,星型、环型、总线型混合部署导致扩展性受限,新增设备时需重构网络,影响系统连续性运行。

3.3 能源浪费严重

电气自动化系统运行中存在显著能源利用低效问题。设备设计冗余导致待机能耗占比过高,部分工业电机在轻载工况下仍以额定功率运行,空载损耗长期累积。控制策略缺乏动态优化能力,照明、空调等系统按固定模式运行,无法根据环境参数与人员活动实时调节,造成过量能源消耗。系统间协同不足导致能源调度失衡,分布式电源与储能装置未实现功率互补,出现弃风弃光与过度依赖主网供电并存现象。能源管理缺失使能耗数据分散,难以支撑精准节能决策。

3.4 技术人员素质有待提高

电气自动化技术融合多学科知识,但从业人员能力结构单一化问题突出。多数工程师仅掌握传统控制技术,对人工智能、边缘计算、数字孪生等新技术理解不足,难以推动系统智能化升级。跨领域知识缺失导致技术整合能力薄弱,在物联网设备接入、大数据分析等场景中缺乏解决方案。实践操作经验不足,部分人员对现场设备调试、故障诊断流程不熟悉,影响项目实施效率。知识更新滞后于技术发展,对行业标准、安全规范的变化响应迟缓,可能引发系统合规性风险。

4 改进电气自动化技术在电气工程实践中应用的策略

4.1 提高电气自动化系统集成化程度

推动跨平台集成标准制定,采用OPC UA等通用协议实现子系统无缝对接,消除数据孤岛。构建模块化硬件架构,通过标准化接口实现设备即插即用,降低集成复杂度。引入中间件技术,统一不同厂商产品的数据格式与通信规则,提升兼容性。建立全局数据模型,集成监控、保护、计量等功能,实现状态实时感知与协同控制。通过集成化设计缩短系统响应时间,提升故障定位精度,为智能化运维奠定基础。

4.2 构建统一、科学的电气自动化系统网络架构

制定分层网络设计规范,划分控制层、监控层与管理层,明确各层带宽与实时性要求。采用工业以太网为主干,结合5G/TSN时间敏感网络实现确定性传输,满足关键控制需求。统一通信协议栈,推广Profinet、EtherCAT等确定性协议,替代多协议混用模式。设计冗余拓扑结构,通过环网或双星型部署提升网络可靠性。通过架构标准化降低运维成本,支持系统弹性扩展与新技术快速接入。

4.3 优化电气工程的节能设计

应用动态功率管理技术,通过变频驱动、软启动装置实现电机负载自适应调节,降低空载损耗。部署智能传感器网络,实时采集环境参数与设备状态,驱动照明、

空调系统按需运行。集成能源管理系统(EMS),利用大数据分析定位高耗能环节,生成优化调度策略。采用分布式电源与储能装置协同控制,实现可再生能源最大化消纳。通过节能设计减少碳排放,提升系统全生命周期经济性。

4.4 加强技术人员培训

建立分层培训体系,针对初级人员开展设备操作与基础维护课程,为高级工程师设计人工智能、数字孪生等前沿技术研修班。引入虚拟仿真平台,通过数字孪生技术模拟故障场景,提升实践操作能力。鼓励参与行业标准制定与开源社区,拓宽技术视野。与高校、科研机构合作开设联合实验室,培养复合型技术人才。定期组织技能认证考核,建立能力晋升通道,激发人才创新活力^[3]。

结束语

电气工程实践中,电气自动化技术的深度应用已成为推动行业转型升级的核心动力。从系统集成化到网络架构标准化,从节能优化到人才梯队建设,技术革新正不断突破传统边界。未来,随着人工智能、数字孪生与工业物联网的深度融合,电气自动化将向智能化、柔性化方向加速演进,实现设备自主决策与能源高效配置。行业需持续强化技术创新生态,构建产学研用协同机制,同时注重复合型人才培养,以应对日益复杂的工程需求。唯有坚持技术驱动与人才赋能双轮并进,方能推动电气工程迈向更高水平的智能化发展阶段。

参考文献

- [1]王岩,朱慧珠,王学昌.电气工程及其自动化控制技术实践探讨[J].南方农机,2020,51(07):263.
- [2]金明宇.PLC技术在电气工程及其自动化控制系统中的运用[J].绿色环保建材,2020(03):243-244.
- [3]张波.PLC技术在电气工程及其自动化控制中的应用研究[J].电子世界,2020(02):178-179.