

电气工程中电气自动化应用

赖成雨 张 海 宋皓然 刘 妍
国惠环保新能源有限公司 辽宁 沈阳 110000

摘 要：随着科技进步与能源结构转型，电气工程对智能化、自动化的需求日益迫切。本文聚焦电气自动化在电气工程中的应用，阐述了其概念内涵、关键技术与实际应用。深入剖析自动控制、监测诊断等关键技术原理，分析了电力系统、工业生产、建筑领域及新能源等场景下的应用模式。提出电气自动化通过实现系统智能控制、优化资源配置、提升能源利用效率，推动电气工程智能化转型。研究成果为电气工程领域进一步深化电气自动化应用，实现高效、节能、安全运行提供理论参考与实践依据。

关键词：电气工程；电气自动化技术；应用

引言：电气自动化技术凭借多学科融合优势，成为推动电气工程发展的核心力量。从电力系统稳定运行到工业生产效率提升，从建筑智能化管理到新能源高效利用，电气自动化的应用贯穿各关键领域。本文基于电气自动化技术体系，深入探讨其在电气工程中的实际应用，旨在揭示技术应用规律，为解决行业发展难题、促进可持续发展提供新的思路与方法。

1 电气自动化概念与内涵

1.1 电气自动化的定义与技术融合

电气自动化是电气工程领域与自动化技术深度融合的产物，指通过运用计算机技术、自动控制理论、电子技术等先进技术手段，对电气系统中的设备、流程及参数进行自动监测、控制、调节与优化的技术体系。其核心在于利用各类传感器实时采集电气系统的运行数据，如电压、电流、温度等物理量，经控制器进行逻辑运算与分析判断，再通过执行机构对电气设备实施精准操作，从而实现电气系统的自动化运行。在技术融合层面，电气自动化集成了多学科知识。电力电子技术为电气系统提供高效的电能变换与控制方式；计算机技术搭建起数据处理与指令传输的平台；自动控制理论则赋予系统智能决策与动态调节能力。这种多技术的协同融合，使电气自动化系统能够在无人或少人干预的情况下，依据预设程序或实时工况自动完成任务，极大提升了电气系统的运行效率与稳定性，也为电气工程向智能化、高效化发展奠定了基础。

1.2 电气自动化在电气工程中的核心地位

在电气工程领域，电气自动化占据核心地位，贯穿系统规划、设计、运行的全生命周期。从系统功能角度，其实现了对电气设备的远程监控、故障预警、自动保护等功能，有效降低人工操作强度与人为失误风险，

保障系统安全稳定运行。从技术支撑角度，电气自动化为电气工程创新发展提供关键动力。它推动传统电气设备向智能化、数字化转型，促进新能源并网、智能电网建设等新兴领域发展。在新能源发电系统中，电气自动化技术可实现风力发电机组、光伏电站的最大功率追踪、能量优化管理，提高能源转换效率。在应用价值层面，电气自动化显著提升电气工程的经济效益与社会效益，通过优化资源配置、降低能耗，在工业生产、建筑节能、电力供应等领域发挥重要作用，成为推动电气工程行业技术进步与产业升级的核心力量^[1]。

2 电气自动化关键技术

2.1 自动控制技术

自动控制技术是电气自动化的核心驱动，其通过精确调节电气参数实现系统稳定运行。PID控制作为经典控制策略，基于比例（P）、积分（I）、微分（D）三个控制参数，构建闭环反馈调节机制。比例环节对偏差进行即时响应，积分环节消除稳态误差，微分环节预测偏差变化趋势，三者协同作用实现对电气系统的动态平衡控制。模糊控制则突破传统数学模型限制，基于模糊逻辑规则库，将输入的精确量模糊化处理，通过模糊推理与解模糊过程，输出控制量调节系统。其优势在于能够适应非线性、时变系统，对难以建立精确数学模型的电气过程具有良好控制性能。神经网络控制利用多层神经网络结构，通过大量样本数据训练，学习输入与输出间的复杂映射关系，可实现对电气系统的自适应控制，尤其在处理高度非线性、强耦合的复杂系统时展现出强大优势。

2.2 监测与诊断技术

监测与诊断技术为电气设备安全运行构筑起技术防线。振动监测技术基于设备运行时的振动信号，通过加

速度传感器、位移传感器等采集振动数据,利用傅里叶变换、小波变换等信号处理方法,分析振动频率、幅值等特征参数,识别设备机械部件磨损、不平衡、松动等故障。红外测温技术利用物体的热辐射特性,通过红外热像仪捕捉设备表面温度分布,基于斯蒂芬-玻尔兹曼定律计算温度值,可快速定位电气设备接触不良、过载等导致的异常发热部位。局部放电检测技术针对电气设备内部绝缘缺陷,采用高频电流传感器、超声波传感器等,检测局部放电产生的脉冲电流、超声波信号,结合脉冲电流法、特高频法等检测方法,分析放电量、放电相位等参数,判断绝缘老化、局部放电缺陷程度。

2.3 通信与网络技术

通信与网络技术是电气自动化系统实现数据交互与协同控制的神经网络。工业以太网基于以太网标准,采用TCP/IP协议栈,通过交换机、路由器等网络设备构建星型、环型等拓扑结构,实现电气设备间高速数据传输。其支持100Mbps甚至更高带宽,满足大量监测数据、控制指令的实时传输需求,同时具备良好的开放性与兼容性,可与企业信息系统无缝集成。现场总线技术则面向工业现场设备,如PROFIBUS、Modbus等,采用主从通信模式,在一条总线上连接多个智能设备,实现设备间的分布式控制与数据交换。其具有抗干扰能力强、实时性高、布线简单等特点,适用于工业现场复杂电磁环境下的设备通信。两类通信网络技术从不同层面满足电气自动化系统需求,工业以太网侧重系统级的数据交互与远程监控,现场总线聚焦设备级的实时控制与数据采集,共同构建起层次化、分布式的通信网络架构,保障电气自动化系统高效稳定运行。

2.4 智能算法与优化技术

智能算法与优化技术为电气自动化系统的参数优化与运行调度提供技术支撑。遗传算法模拟生物进化过程,通过选择、交叉、变异等遗传操作,在参数空间中搜索最优解。在电气自动化系统中,其可用于优化电力系统潮流计算中的控制变量,求解复杂约束条件下的最优运行状态,如变压器分接头位置、无功补偿容量等参数优化。粒子群算法基于鸟群觅食原理,通过粒子在解空间中的位置更新与速度调整,寻找最优解。在电气系统运行调度中,可用于优化机组组合、负荷分配等问题,通过迭代计算快速收敛到较优解。这些智能算法突破传统优化方法的局限性,无需对问题进行线性化等简化处理,能够直接处理复杂非线性、多约束条件的优化问题^[2]。

3 电气自动化在电气工程中的应用

3.1 电力系统自动化控制

电力系统自动化控制是电气自动化的核心应用领域,通过构建分层分布式控制系统实现对以下发电、输电、变电、配电各环节的全程监控与智能调度。(1)在发电环节,基于DCS(分布式控制系统)实现对发电机组的自动启停、负荷分配与优化控制,通过PID调节技术精确控制锅炉温度、汽轮机转速等关键参数,提高发电效率与稳定性。(2)输电环节采用SCADA(数据采集与监视控制系统)实时监测电网运行状态,通过远程终端单元(RTU)采集电压、电流、功率等数据,经通信网络传输至调度中心,实现对输电线路的远程监控与故障快速定位。(3)变电环节应用变电站综合自动化系统,将保护、测量、控制功能集成于一体,通过智能化开关设备与通信技术实现设备间信息共享与协同控制,完成无人值守变电站建设。(4)配电环节采用馈线自动化技术,通过分段开关、重合器等设备实现故障自动隔离与供电恢复,结合配电网自动化主站系统,优化配电网重构与负荷转移策略,提升配电网可靠性与供电质量。

3.2 工业生产过程自动化

在工业生产领域,电气自动化技术实现生产过程的精准控制与优化运行。基于PLC(可编程逻辑控制器)构建自动化生产线控制系统,通过逻辑编程实现对生产设备的顺序控制、定时控制与联锁保护,广泛应用于汽车制造、机械加工、食品包装等行业。在连续生产过程中,采用DCS系统实现对温度、压力、流量等工艺参数的闭环控制,通过PID算法实时调整执行机构,确保生产过程稳定运行。在复杂工业系统中,引入先进控制策略如模糊控制、神经网络控制,解决非线性、大滞后、强耦合系统的控制难题。例如在化工生产中,利用模糊控制技术实现对反应釜温度的精确控制,提高产品质量与生产安全性。同时,工业机器人技术在焊接、装配、搬运等作业环节的应用,通过电气自动化控制实现机器人的轨迹规划与动作控制,提升生产效率与精度,推动工业生产向智能化、柔性化方向发展^[3]。

3.3 建筑电气自动化系统

建筑电气自动化系统通过集成化设计实现对建筑设备的智能管理与控制。在供配电系统中,采用智能电表与电力监控系统实时采集用电数据,通过数据分析优化负荷分配,实现节能降耗。照明控制系统利用传感器检测环境亮度与人员活动情况,自动调节照明亮度与开关状态,既满足照明需求又降低能源消耗。空调控制系统通过温度、湿度传感器实时监测室内环境参数,结合变频技术调节制冷制热设备运行,实现舒适与节能的平衡。电梯控制系统采用群控技术,根据客流情况智能调

配电梯运行,提高运输效率。在安防系统中,通过电气自动化技术实现视频监控、入侵报警、门禁管理等子系统的集成联动,一旦检测到异常情况立即触发相应处置机制。火灾自动报警系统通过烟雾传感器、温度传感器实时监测火情,自动触发报警装置与消防设备,保障人员生命财产安全。这些系统通过通信网络连接成有机整体,实现建筑设备的集中监控与自动化管理,提升建筑的智能化水平与运行效率。

3.4 新能源与节能技术应用

在新能源领域,电气自动化技术为可再生能源高效利用提供关键支撑具体应用如下:(1)在风力发电系统中,通过变桨距控制技术根据风速变化自动调节叶片角度,实现最大功率追踪;利用双馈感应发电机控制技术优化电能转换效率,通过电力电子变流器实现电能的变频与并网控制。(2)光伏电站中,采用MPPT(最大功率点跟踪)技术实时跟踪太阳光照强度变化,调整光伏阵列工作点,确保太阳能电池始终在最大功率点附近运行;通过逆变器控制技术将直流电转换为交流电并接入电网,同时实现对并网电能质量的控制。(3)在储能系统中,电气自动化技术实现对蓄电池充放电过程的精确控制,通过电池管理系统(BMS)监测电池状态参数,优化充放电策略,延长电池使用寿命。(4)在节能技术方面,电气自动化在电机调速领域发挥重要作用,通过变频调速技术根据负载变化动态调整电机转速,降低电机能耗。在工业企业中,采用电力需求侧管理系统,通过自动化技术实现对用电设备的分时控制与负荷预测,优化用电方案,降低高峰时段用电负荷,提高能源利用效率。(5)在智能电网建设中,电气自动化技术支撑分布式电源接入、微电网运行控制与能量管理,推动能源结构调整与绿色低碳发展。(6)在新能源消纳与区域能源互联方面,电气自动化技术通过构建柔性直流输电(VSC-HVDC)系统,实现不同区域新能源电力的高效

传输与灵活分配。利用电力电子换流器的四象限运行特性,对直流电网的电压、功率进行精确控制,有效降低新能源电力远距离传输损耗。借助自动化的能源路由器技术,实现风电、光电、水电等多种能源的协同调度,根据各区域能源供需情况动态调整电力流向,提升新能源在跨区域电网中的消纳能力,推动区域能源互联与协同发展。(7)在能源数字化管理层面,电气自动化融合物联网、大数据与人工智能技术,搭建能源综合管理平台。通过部署大量智能终端设备,实时采集能源生产、传输、消费各环节数据,利用人工智能算法对能源使用模式进行深度分析,预测能源需求趋势。基于分析结果,自动化生成能源优化配置方案,对能源生产设备、储能装置、用能终端进行联动控制,实现能源从生产到消费的全流程数字化、智能化管理,助力构建高效、清洁、可持续的综合能源服务体系^[4]。

结束语

本研究全面梳理了电气自动化在电气工程中的应用体系,明确了其在系统控制、能源管理等方面的重要价值。通过关键技术创新与多场景应用实践,有效提升了电气工程运行效能。但面对能源变革与数字化转型挑战,未来需进一步加强电气自动化与新兴技术融合,深化在复杂系统、新型能源领域的应用研究。

参考文献

- [1]罗小芋,岳良科.电气工程中电气自动化应用研究[J].河北农机,2020(5):48.
- [2]阳猛.电气工程中电气自动化应用研究[J].百科论坛电子杂志,2020(3):923.
- [3]仇化吉.电气工程中电气自动化应用浅析[J].汽车博览,2024(7):55-57.
- [4]马建勋.电气工程中电气自动化应用研究[J].建筑工程技术与设计,2021(23):2911.