

电气工程自动化中人工智能的运用分析

张东勇

宁夏隆基宁光仪表股份有限公司 宁夏 银川 750000

摘要:在“双碳”目标推进与能源革命深化的当下,电气工程自动化需突破传统技术瓶颈实现升级,人工智能因独特技术优势成为关键赋能手段。本文界定了人工智能的定义与核心原理,梳理电气工程自动化的发展现状、挑战及需求,剖析机器学习、深度学习、模糊逻辑与专家系统三大核心技术在该领域的适配特性,最后从设备优化设计、故障诊断、电力系统运行控制、电气系统智能控制四方面阐述具体应用。研究表明,人工智能可有效提升电气工程自动化系统的适应性、精度与效率。

关键词:电气工程自动化;人工智能;技术;具体应用

引言:电气工程自动化面临传统系统动态适应不足、复合型人才短缺、标准不统一等问题。人工智能凭借自主学习与智能决策能力,为解决这些难题提供新路径。本文以电气工程自动化与人工智能的融合为研究方向,通过分析人工智能的技术特性与行业实际需求,系统探讨其核心技术及具体应用,旨在明确人工智能对电气工程自动化的赋能价值,为行业突破发展瓶颈、实现智能化升级提供理论支撑。

1 人工智能定义与原理

1.1 人工智能的定义

人工智能(Artificial Intelligence,简称AI)是融合计算机科学、数学、心理学、神经科学等的交叉技术领域,核心目标是构建模拟人类智能行为的系统。广义上,它涵盖所有具备感知、推理、学习、决策等类人类智能特征的技术与系统,从基础算法到复杂智能体均属其范畴;狭义上,特指通过机器学习、深度学习等算法,让机器从数据中自主获取知识、优化性能,实现特定任务自主处理的技术范式,区别于传统依赖固定程序的自动化技术,更强调“自主学习”与“智能决策”能力。

1.2 人工智能的核心原理

人工智能模拟人类智能的核心逻辑,基于“数据输入—模型运算—结果输出”闭环流程,关键原理分三大环节。(1)数据感知与表示,通过传感器、数据库收集结构化或非结构化数据,经特征工程转化为向量、矩阵等机器可识别格式,模拟人类感官获取信息的过程。(2)学习与推理机制,为核心环节:机器学习通过逻辑回归、决策树等数学模型,从数据中挖掘规律并优化参数,实现“数据到知识”转化;深度学习依托多层神经网络,模拟人类大脑神经元连接,自动提取数据深层特征,无需人工干预特征设计,提升学习效率与复杂问题

处理能力。(3)决策与反馈,基于学习所得模型分析新数据、生成决策,部分系统通过反馈机制将决策效果反向输入模型迭代优化,持续提升智能水平^[1]。

2 电气工程自动化发展现状与需求

2.1 电气工程自动化发展现状

在“双碳”目标与能源革命推动下,电气工程自动化已从传统“电力保障”升级为能源转型核心支撑,呈现技术融合与领域拓展特征。产业层面,传统电力系统与新能源、储能、智能电网深度交织,形成“传统电力+新能源+智能技术”复合格局,应用场景从发电、配电延伸至新能源电站、电动汽车电控等新兴领域。技术层面,系统集成化提升,但标准化建设滞后,不同厂商设备协议壁垒与兼容性问题突出,增加系统调试与维护成本。行业人才结构调整,传统电气技术人才占比下降,兼具电气功底与智能技术能力的复合型人才需求显著上升,招生与就业市场向新能源、智能控制方向倾斜。

2.2 电气工程自动化面临的挑战与需求

行业发展面临多重挑战,催生技术与体系升级需求。技术上,传统自动化系统依赖固定程序,动态工况响应与适应能力不足,技术迭代周期长,难匹配新能源消纳、电网调度的实时性要求;开放网络连接加剧数据泄露、恶意攻击等安全风险,安全与效率平衡难题突出。人才与体系上,复合型人才短缺制约升级,传统人才知识结构难适配智能化改造;缺乏统一行业标准导致系统集成效率低,增加技术推广成本。因此,行业需引入智能感知、自主决策技术提升系统适应性,借标准化破解兼容问题,通过人才培养与技术创新实现安全与效率协同提升^[2]。

3 电气工程自动化中人工智能核心技术

3.1 机器学习技术

机器学习核心是通过数学模型让系统从海量电气数据中自主挖规律、优参数,无需人工预设规则,按学习方式分三类:监督学习依赖标注电气样本数据训练,具备分类或回归能力;无监督学习无需标注,自动挖掘电气系统聚类特征;强化学习通过“智能体-环境-奖励”交互,在电气设备控制、电网调度等动态场景中试错调策略,趋近最优目标。其在电气领域数据格式兼容性强,可处理结构化与部分半结构化数据,模型训练部署硬件门槛低,易衔接现有自动化系统。

3.2 深度学习技术

深度学习是机器学习的进阶,适用于高维度、非线性电气场景,核心优势是无需人工干预特征工程,借卷积神经网络(CNN)、循环神经网络(RNN)等自动捕捉数据深层关联:CNN擅长处理空间特征电气数据,通过卷积层与池化层提局部特征并整合;RNN及变体(LSTM、GRU)针对时序性强的电气数据,有效捕捉时间依赖关系。其在电气领域需大量数据与高计算资源,依赖高性能GPU或专用芯片支撑训练,但建模精度高,能应对传统技术难处理的复杂问题,是高精度设备诊断、电网态势感知的关键技术。

3.3 模糊逻辑与专家系统

二者适配电气自动化“不确定性场景”与“经验性决策”需求,常结合应用。模糊逻辑突破传统二值逻辑,借模糊集合、隶属度函数,将电气系统中模糊信息转化为可量化数学语言,精准处理模糊问题,适用于难建精确数学模型的设备控制场景。专家系统以“知识库+推理机”为核心,将电气专家经验、规则结构化存入知识库,推理机模拟专家思维分析决策。其优势是决策透明、可解释性强,能复用行业成熟经验,对数据质量与计算资源要求低于深度学习,易在中小型电气自动化系统推广^[3]。

4 人工智能在电气工程自动化中的具体应用

4.1 在电气设备优化设计中的应用

电气设备设计要兼顾性能、成本与安全性,人工智能技术通过数据驱动与智能计算,从设计全流程实现优化,具体应用如下:(1)设计参数智能化匹配。基于机器学习算法构建设备参数数据库,整合同类设备历史设计数据、性能测试数据及材料特性数据,通过回归分析与多目标优化模型,自动计算不同工况下的最优参数组合,减少人工试错成本,提升参数匹配精度。(2)结构设计轻量化与可靠性提升。利用深度学习中的有限元分析模型,对设备结构进行力学仿真与疲劳寿命预测,结合拓扑优化算法,在满足强度与绝缘要求的前提下,优

化材料分布,实现设备轻量化设计,同时降低结构应力集中导致的故障风险。(3)设计流程自动化迭代。依托专家系统与规则引擎,将电气设备设计规范、行业标准转化为可执行的算法规则,自动校验设计方案是否符合安全标准(如绝缘等级、温升限值),对不符合项实时反馈并给出修改建议,缩短设计方案审核周期,避免因人工疏漏导致的设计缺陷。(4)多学科协同设计整合。通过知识图谱技术整合电气、机械、热学等多学科设计知识,建立跨学科数据关联模型,在设备设计过程中自动协调不同学科的设计需求,打破传统设计中各学科独立作业的壁垒,提升整体设计效率。

4.2 在电气设备故障诊断中的应用

电气设备故障具有隐蔽性、突发性特点,人工智能技术通过实时数据感知与智能分析,实现故障的精准识别与预警,具体应用包括:(1)实时数据采集与特征提取。利用传感器网络获取设备运行过程中的多维度数据(如电流、电压、温度、振动频率、局部放电信号),通过深度学习中的卷积神经网络(CNN)或自编码器,自动提取数据中的故障特征,无需人工预设特征指标,提升特征提取的全面性与准确性。(2)故障类型分类与定位。基于监督学习算法(如支持向量机、随机森林)构建故障分类模型,利用历史故障数据(如设备短路、绝缘老化、轴承磨损等故障数据)训练模型,实现对实时数据的故障类型判断;结合注意力机制,在识别故障类型的同时,定位故障发生的具体部位,为维修提供精准指引。(3)早期故障预警与趋势预测。通过时序预测算法(如长短期记忆网络LSTM、门控循环单元GRU)分析设备运行数据的变化趋势,建立设备健康状态评估模型,当数据指标趋近故障阈值时,自动触发预警信号;同时预测故障发展速度与可能导致的后果,为运维人员预留处置时间。(4)多源数据融合诊断。利用数据融合技术整合设备运行数据、环境数据(如湿度、粉尘浓度)、历史维修记录等多源信息,通过模糊逻辑或贝叶斯网络处理数据中的不确定性(如传感器误差、环境干扰导致的信号波动),提升故障诊断的抗干扰能力,减少因单一数据来源偏差导致的误诊。

4.3 在电力系统运行控制中的应用

电力系统运行要维持发电、输电、配电的实时平衡,人工智能技术通过动态分析与智能决策,提升系统运行的稳定性与经济性,具体应用如下:(1)负荷预测与发电调度优化。基于机器学习算法(如梯度提升树、神经网络)构建短期与中长期负荷预测模型,结合气象数据(如温度、光照)、经济数据(如工业生产指

数)、用户用电习惯数据,精准预测区域用电负荷;根据预测结果,利用优化算法(如粒子群优化、遗传算法)分配各类电源(火电、水电、风电、光伏)的发电功率,实现发电成本最低化与新能源消纳最大化。(2)电网安全稳定控制。通过深度学习构建电网态势感知模型,实时分析电网潮流分布、节点电压、线路功率等运行数据,识别电网运行中的薄弱环节(如重载线路、电压越限节点);当电网发生扰动时,利用强化学习算法快速生成控制策略,避免事故扩大,维持电网稳定运行。(3)配电网智能化管理。在配电网中应用分布式人工智能技术,通过边缘计算节点实时处理配网数据(如用户用电数据、分布式电源出力数据),实现配网拓扑动态识别与故障自愈;利用聚类算法对用户用电负荷进行分类,针对不同类型用户(如工业用户、居民用户)制定差异化的供电策略(如峰谷电价响应、需求侧管理),提升配网运行效率。(4)新能源并网控制。针对风电、光伏等新能源出力的随机性与波动性,利用预测算法(如时空图神经网络)提高新能源出力预测精度;通过自适应控制算法调整新能源逆变器的控制参数,使其输出功率更平稳,减少对电网频率、电压的冲击;同时利用协同控制模型,协调新能源电站与储能系统的运行,实现新能源出力的平滑输出与余电存储。

4.4 在电气系统智能控制中的应用

电气系统智能控制需实现设备与系统的精准、高效运行,人工智能技术通过自适应与自学习能力,提升控制精度与鲁棒性,具体应用体现在:(1)非线性系统自适应控制。针对电气系统中的非线性环节,利用模糊控制或神经网络控制算法,构建自适应控制模型,实时调整控制参数(如电机转速控制中的PID参数、逆变器输出电压控制中的调制系数),避免传统控制中参数固定导致的控制精度下降问题,实现系统在不同工况下的稳定运行。(2)多设备协同控制。通过分布式人工智能技术构建多智能体系统(MAS),将电气系统中的设备(如变频器、伺服电机、传感器)作为独立智能体,每个智

能体具备数据感知与局部决策能力,通过智能体间的通信与协同算法(如共识算法、博弈论),实现多设备的同步运行,提升系统整体运行效率。(3)动态工况下的实时控制。利用强化学习算法训练控制策略,让系统在动态变化的工况(如工业负载突变、电网电压波动)中,通过环境的实时交互调整控制动作,如在电机负载突然增加时,快速提升输出力矩以维持转速稳定;在电网电压暂降时,迅速调整UPS的输出电压以保障敏感设备供电,提升系统对动态工况的响应速度。(4)控制过程的自优化与自学习。通过在线学习算法,让控制系统在运行过程中持续收集控制效果数据(如控制误差、能耗指标),并根据数据反馈迭代优化控制模型,如在电梯电气控制系统中,通过学习不同时段的乘梯人流规律,优化电梯运行调度策略;在机床电气控制中,通过学习加工精度数据,优化伺服电机的运动轨迹,提升加工质量,实现控制性能的持续提升^[4]。

结束语:本文系统分析了人工智能在电气工程自动化中的运用,明确了人工智能的技术原理、核心技术体系及在设备设计、故障诊断、系统控制等场景的应用路径,验证了其对提升行业效率与适应性的重要作用,同时指出技术、人才、标准层面的现存挑战及应对方向。未来,随着人工智能技术与电气工程自动化的深度融合,需进一步加强算法创新、完善人才培养体系与行业标准,推动二者融合向更高效、安全、绿色的方向发展。

参考文献

- [1]毕爽,叶天迟.电气工程自动化中人工智能的运用分析[J].数字技术与应用,2025,43(8):226-228.
- [2]梁启凡,李文雅.电气工程自动化中人工智能的运用分析[J].中国设备工程,2021(14):19-20.
- [3]曹亚,张浩远,谢路杰.电气工程自动化中人工智能的运用分析[J].中国科技期刊数据库工业A,2020(4):230-231.
- [4]高健.浅议电气工程自动化中人工智能的运用分析[J].中国科技期刊数据库工业A,2021(8):239-239+241.