

配电网电力调度自动化中的人工智能技术与应用

张思勤 夏宇梅 杜文翔

内蒙古电力(集团)有限责任公司巴彦淖尔供电分公司 内蒙古 巴彦淖尔 015000

摘要: 配电网电力调度自动化作为智能电网建设的关键环节,其智能化水平的提升对于保障电网安全稳定运行、提高能源利用效率具有重要意义。本文探讨了人工智能技术在配电网电力调度自动化中的应用,包括专家系统、可视化技术、人工神经网络、智能负荷预测与优化调度以及故障诊断与预警系统等。这些技术的应用不仅增强调度的智能化和自动化水平,还提高电网的可靠性和安全性,为构建高效、绿色、智能的现代配电网提供有力支撑。

关键词: 人工智能;电力调度;自动化;技术应用

1 人工智能技术

人工智能技术(Artificial Intelligence, AI)作为21世纪最具革命性的技术之一,正逐步渗透到社会经济的各个领域,引领着新一轮的科技革命和产业变革。AI技术基于计算机科学、数学、逻辑学、认知心理学等多个学科的理论与方法,旨在使机器具备或超越人类的智能水平,从而能够执行复杂的任务、做出决策、理解自然语言、学习新知识等。其核心在于模拟人类的思维方式,通过算法和模型的学习、推理、感知、理解等能力,实现智能化操作和服务。AI的发展历程可以追溯到上世纪50年代,经历了从符号主义、连接主义到深度学习等多个阶段。随着大数据、云计算、高性能计算等技术的快速发展,AI技术迎来了前所未有的发展机遇。如今,AI已经不再是遥不可及的概念,而是广泛应用于智能制造、智慧城市、医疗健康、金融服务、教育娱乐等多个行业,成为推动经济社会发展的新引擎。AI技术的主要类型包括机器学习、深度学习、自然语言处理、计算机视觉、强化学习等^[1]。机器学习是AI的核心技术之一,它使机器能够从数据中自动学习并改进其性能,而无需进行明确的编程。深度学习则是机器学习的一个分支,通过构建深层神经网络来模拟人脑的学习过程,具有强大的特征提取和模式识别能力。自然语言处理和计算机视觉则分别使机器能够理解人类语言和识别图像,进一步拓宽了AI的应用范围。

2 人工智能在电力行业的应用优势

电力行业作为国民经济的基础产业,其智能化转型对于提高能源利用效率、保障电网安全稳定运行、促进绿色低碳发展具有重要意义。人工智能技术在电力行业的应用,凭借其高效率、高精度、强大的数据处理与分析能力、高度的自动化与智能化水平等优势,正在深刻改变电力行业的生产方式和运营模式。

2.1 高效率与高精度

在电力行业,人工智能技术能够显著提高工作效率和精度。例如,在电网调度方面,AI算法可以实时监测电网运行状态,快速预测并调整电力供需平衡,有效避免电网过载或欠载现象的发生。这不仅提高了电网的稳定性和可靠性,还降低了运维成本。在电力巡检方面,AI技术结合无人机、机器人等智能设备,可以实现远程、快速、准确的电力设施巡检,及时发现并处理潜在的安全隐患,确保电网的安全运行。AI在电力市场交易中也发挥着重要作用,通过智能算法对电力市场供需数据进行分析 and 预测,可以为电力企业和用户提供更加精准的电力价格信息和交易策略,促进电力市场的公平竞争和高效运行。

2.2 强大的数据处理与分析能力

电力行业每天都会产生大量的数据,包括发电量、用电量、电网负荷、设备状态等。这些数据蕴含着丰富的信息,对于电力企业的运营决策具有重要意义。然而,传统的人工分析方法难以处理如此庞大的数据量,也无法深入挖掘数据背后的隐藏规律。人工智能技术的引入,为电力行业的数据处理和分析提供了新的解决方案。AI算法可以快速处理和分析海量数据,挖掘数据之间的关联性和规律性,为电力企业提供更加全面、准确的数据支持。例如,通过对历史用电数据的分析,AI可以预测未来的用电需求趋势,为电力企业的生产计划提供依据。同时,AI还可以对设备运行状态进行实时监测和分析,提前预警设备故障,降低设备维护成本。

2.3 自动化与智能化水平高

人工智能技术在电力行业的应用,还体现在其高度的自动化和智能化水平上。传统的电力行业运营模式需要大量的人工参与,不仅效率低下,还容易出错。而AI技术则可以通过自动化和智能化的手段,实现电力行业

的无人值守和远程监控。在电网运维方面, AI技术可以实现对电网设备的远程监控和故障诊断, 当设备出现故障时, AI算法能够自动分析故障原因并提供解决方案, 大大提高了运维效率。在电力客户服务方面, AI技术可以通过智能客服系统实现客户需求的自动识别和处理, 提高客户满意度。AI还可以根据客户的用电行为和偏好, 提供个性化的用电建议和服务方案, 促进电力行业的智能化转型^[2]。

3 配电网电力调度自动化存在的问题

3.1 功能设计单一化

配电网电力调度自动化系统在设计初期, 往往侧重于满足基本的电力调度需求, 如负荷分配、故障隔离与恢复等, 导致功能设计相对单一化。这种设计思路虽然在一定程度上保障了系统的稳定性和可靠性, 但却忽略了电力系统日益复杂化和智能化的趋势。随着可再生能源的大量接入、电动汽车等新型负荷的涌现, 以及用户对供电质量和可靠性要求的不断提高, 单一的调度功能已难以满足现代配电网的多元化需求。例如, 缺乏对于分布式能源的优化调度、对于电网微网运行状态的实时监控与智能决策等功能, 限制了系统在提高能源利用效率、保障电网安全稳定运行方面的潜力。

3.2 信息孤岛现象

在配电网电力调度自动化系统中, 信息孤岛现象是一个亟待解决的问题。由于历史遗留问题、技术标准不统一、信息共享机制缺失等原因, 不同系统、不同部门之间的信息流通存在障碍, 导致关键数据无法及时、准确地传递和共享。这不仅影响了调度决策的科学性和准确性, 还增加了系统运行的风险和不确定性。例如, 在故障处理过程中, 由于信息孤岛的存在, 调度人员可能无法及时获取到所有相关的故障信息和设备状态, 从而延误了故障恢复的时间, 扩大故障的影响范围。信息孤岛还限制系统对于大数据、云计算等先进技术的应用, 阻碍配电网向智能化、信息化方向的转型。

3.3 管理系统不完善

配电网电力调度自动化系统的管理体系是保障系统高效、稳定运行的关键。然而, 在实际应用中, 往往存在管理系统不完善的问题。这主要体现在以下几个方面: 一是缺乏统一的管理标准和规范, 导致系统在建设和运行过程中缺乏明确的指导和约束; 二是管理流程繁琐、效率低下, 影响了系统的快速响应和灵活调度能力; 三是缺乏有效的安全防护措施, 使得系统面临网络安全威胁和攻击的风险增加。管理系统的不完善不仅降低系统的整体性能和可靠性, 还增加运维成本和风险。

加强配电网电力调度自动化系统的管理体系建设, 提高管理效率和安全性, 是当前亟待解决的问题之一。

4 人工智能技术在配电网电力调度自动化中的应用

4.1 专家系统的应用

人工智能技术在配电网电力调度自动化中的首要应用便是专家系统。专家系统是一种模拟人类专家决策过程的智能程序, 它通过集成大量领域专家的知识 and 经验, 能够在特定领域内解决复杂问题。在配电网电力调度中, 专家系统能够根据电网的运行状态、负荷需求、天气条件等多种因素, 自动制定并执行调度策略, 确保电网的安全稳定运行。专家系统通过知识库和推理机两大核心组件实现其功能。知识库存储了大量的电力调度规则和专家经验, 包括电网结构、设备特性、负荷预测模型等。推理机则根据当前电网的实际运行状态, 从知识库中提取相关知识, 通过逻辑推理和规则匹配, 自动生成调度指令。这种智能化的决策过程不仅提高了调度的准确性和效率, 还降低了人为因素导致的错误风险^[3]。专家系统还具备自学习和自适应能力, 在实际运行中, 它能够通过不断学习和积累新的调度案例和经验, 逐步优化和完善自身的知识库和推理机制, 以适应电网结构和运行需求的变化。这种持续的学习和优化过程, 使得专家系统能够更好地适应复杂多变的配电网环境, 提高调度的智能化水平。

4.2 可视化技术的应用

可视化技术是将复杂数据和信息以图形、图像等直观形式呈现出来的技术。在配电网电力调度自动化中, 可视化技术的应用极大地提高了调度人员对于电网运行状态的感知能力和决策效率。通过可视化技术, 调度人员可以实时查看电网的拓扑结构、负荷分布、潮流流向等关键信息, 以及设备的运行状态和故障报警等。这些信息以直观、清晰的方式呈现在屏幕上, 使得调度人员能够迅速把握电网的整体运行状态, 及时发现并处理潜在的安全隐患。可视化技术还能够实现调度指令的可视化操作, 调度人员可以通过图形界面直接输入调度指令, 系统则根据指令自动调整电网的运行状态。这种直观、便捷的操作方式不仅降低了调度操作的复杂度, 还提高了操作的准确性和效率。在可视化技术的应用中, 三维仿真技术、虚拟现实技术等先进技术的引入, 进一步提升了调度人员对电网运行状态的感知能力和决策水平。通过构建三维电网模型, 调度人员可以更加直观地了解电网的空间布局和设备分布, 为调度决策提供更加全面的信息支持。

4.3 人工神经网络的应用

人工神经网络是一种模拟人类神经系统工作原理的智能算法,具有强大的自学习、自适应和并行处理能力。在配电网电力调度自动化中,人工神经网络的应用主要体现在负荷预测、故障分类与识别等方面。在负荷预测方面,人工神经网络能够根据历史负荷数据、天气条件、节假日等多种因素,自动学习并构建负荷预测模型。这种模型能够准确预测未来一段时间内的负荷变化趋势,为调度人员制定调度策略提供科学依据。与传统的负荷预测方法相比,人工神经网络具有更高的预测精度和更强的适应性。在故障分类与识别方面,人工神经网络能够通过学习大量故障样本的特征信息,自动构建故障分类器。当电网发生故障时,系统能够迅速采集故障信号并输入到故障分类器中,通过神经网络的推理和判断,快速准确地识别出故障类型和位置。这种智能化的故障识别方式不仅提高故障处理的效率和准确性,还降低故障对电网运行的影响。

4.4 智能负荷预测与优化调度

智能负荷预测与优化调度是人工智能技术在配电网电力调度自动化中的又一重要应用。在负荷预测方面,系统能够综合考虑历史负荷数据、天气条件、节假日、经济活动等多种因素,构建高精度的负荷预测模型。这种模型能够准确预测未来一段时间内的负荷变化趋势和峰谷时段,为调度人员制定调度计划提供科学依据。在优化调度方面,系统能够根据负荷预测结果和电网的实际运行状态,自动调整发电机的出力、负荷的分配以及无功补偿等策略,以实现电网的经济运行和安全稳定。通过智能化的调度决策,系统能够最大限度地提高能源的利用效率,降低电网的损耗和成本。智能负荷预测与优化调度系统还能够实现与分布式能源、储能设备等新型电力资源的协同调度。通过实时监测和控制这些设备的运行状态和出力情况,系统能够进一步优化电网的能源结构和运行效率,推动配电网向智能化、绿色化方向发展。

4.5 故障诊断与预警系统

故障诊断与预警系统是人工智能技术在配电网电力调度自动化中的又一关键应用。通过集成数据挖掘、模式识别等先进技术,系统能够实现对电网故障的智能诊

断和预警。在故障诊断方面,系统能够实时监测电网的运行状态和设备健康状况,通过数据挖掘技术发现异常信号和故障特征。一旦检测到故障信号,系统将立即启动故障诊断程序,通过模式识别等技术手段快速准确地定位故障点并判断故障类型^[4]。这种智能化的故障诊断方式不仅提高故障处理的效率和准确性,还降低故障对电网运行的影响。在预警方面,系统能够根据历史故障数据和当前电网的运行状态,构建故障预警模型。这种模型能够预测未来一段时间内可能发生的故障类型和位置,并提前发出预警信号。通过智能化的预警机制,调度人员能够提前采取措施预防故障的发生或减轻故障的影响,确保电网的安全稳定运行。故障诊断与预警系统还能够实现与其他智能系统的协同工作。例如,当系统检测到故障信号时,可以自动触发智能调度系统调整电网的运行状态以避免故障扩大;同时也可以将故障信息实时反馈给运维人员以便他们及时采取措施进行处理。这种智能化的协同工作机制进一步提高电网的可靠性和安全性。

结束语

综上所述,人工智能技术在配电网电力调度自动化中的应用前景广阔。随着技术的不断进步和应用的深入,有理由相信,未来的配电网将更加智能化、自动化,能够更好地适应复杂多变的电力需求和环境变化。同时也应持续关注技术的更新迭代,不断优化和完善人工智能技术在配电网中的应用,为构建安全、可靠、高效的现代电力系统贡献力量。

参考文献

- [1]王爽,刘晓辉,王彬楠等.基于人工智能技术的配网智能化监控指挥技术研究[J].电气技术与经济,2024,(01):18-21+24.
- [2]李文献.基于大数据技术和人工智能技术的配电网优化措施研究[J].无线互联科技,2023,20(23):103-106+110.
- [3]刘璐.基于人工智能的配电网通信运维作业监控平台设计[J].长江信息通信,2023,36(01):160-162+165.
- [4]章熙,姬源,黄育松.人工智能技术在电力调度自动化系统中的应用研究[J].信息与电脑(理论版),2021,(22):132-133.