

# 人工智能在电气自动化控制中的算法优化与工程实践

杨大伟

杭州电驰科技有限公司 浙江杭州 310005

**摘要:** 人工智能技术的快速发展正在深刻改变电气自动化控制领域。智能化控制算法的引入,有效突破了传统控制模式的瓶颈,推动了系统的自主决策、鲁棒性和智能感知能力提升。本文以人工智能算法在电气自动化控制中的优化与工程实践为主题,系统分析了神经网络、模糊控制、遗传算法、强化学习等主流智能算法在自动化系统中的应用路径。结合实际工程数据和典型控制场景,探讨了 AI 驱动的控制系统在提高响应速度、降低能耗、容错与自适应等方面的成效。研究结果表明,人工智能优化算法不仅提升了系统的运行效率和智能水平,也为未来智慧电气系统的建设提供了理论与技术支撑。文章最后展望了智能算法与电气自动化深度融合的未来方向,并提出了工程落地过程中亟需关注的问题与建议。

**关键词:** 人工智能; 电气自动化; 算法优化; 智能控制; 工程实践

## 引言

随着新一代信息技术与智能制造的迅猛发展,人工智能已成为驱动工业系统创新升级的重要动力。电气自动化作为现代工业的神经中枢,正处于数字化、智能化深度融合转型的关键阶段。传统自动化控制方法在复杂非线性、多变量、大数据和动态环境下的适应性与效率面临挑战。人工智能算法凭借强大的数据处理和自学习能力,为电气自动化系统的智能感知、决策优化与自主运行注入新活力。本文聚焦于 AI 算法在电气自动化控制中的优化应用与工程实践路径,分析其对控制理论与工程系统变革的推动作用,旨在为智能电气系统高效、灵活、可靠运行提供理论支持和实践参考。

## 1 人工智能算法在电气自动化控制中的发展背景与意义

电气自动化控制系统广泛应用于电力、交通、制造、能源等国民经济核心领域,是保障工业生产连续性与安全性的基础。传统自动化控制以 PID、PLC 等为核心,尽管在标准化、单一工况下表现稳定,但对于非线性、强扰动、复杂环境下的系统控制,容易出现响应迟缓、控制精度下降、容错性差等问题。随着信息物理系统(CPS)、物联网、大数据、边缘计算等新技术的兴起,自动化系统呈现出网络化、智能化、分布式的新特征,单靠传统算法难以胜任多源数据、动态变化和智能优化的综合需求。人工智能算法(如深度神经网络、模糊逻辑、遗传算法、强化学习等)凭借强大的数据驱动、知识表达和优化能力,在模式识别、数据挖掘、预测建模、实时决策等环节表现突出。AI 与自动化控制的深

度融合,为提升系统鲁棒性、自适应性、复杂场景感知和多目标协同优化提供了广阔空间。智能算法通过学习历史数据与实时工况,自主调整控制策略,极大提升了系统的灵活性、智能性与安全性,是推动自动化领域技术升级与工程创新的必然选择。

## 2 主流人工智能算法及其在电气自动化控制中的优化应用

人工智能算法为电气自动化控制提供了丰富而多样化的技术路径,推动了传统控制方式的革新和升级。神经网络通过模拟人脑神经元的复杂连接结构,具备强大的非线性建模能力和自学习能力,能够精准捕捉电气设备运行过程中的复杂动态特征,实现对非线性、时变系统的高效调节与控制,广泛应用于变频调速、故障诊断等领域。模糊控制方法基于模糊逻辑和规则推理,适合处理模型不确定、参数变化和工况复杂的实际应用场景,如电机调速、无功功率补偿等,实现系统的鲁棒控制和柔性调整。遗传算法模拟自然进化机制,具备解决多目标、多约束优化问题的能力,特别适用于复杂电气系统的参数寻优、配置优化及系统重构,提升整体运行效率。强化学习通过智能体与环境的交互试错,不断优化策略,实现自主决策,已在智能电网调度、机器人导航和生产线节能优化等方面取得显著成效。混合智能算法通过整合神经网络、模糊逻辑、遗传算法等多种技术优势,形成协同优化框架,显著增强电气自动化系统的智能感知、决策和自适应能力。随着算法不断迭代和优化,电气自动化控制系

统在响应速度、稳定性、容错能力以及节能减排等方面均实现了重要突破,推动智能电气控制向更高水平发展。

### 3 人工智能优化算法在电气自动化系统中的工程实践路径

#### 3.1 数据驱动的系统建模与故障诊断

电气自动化系统中海量工艺数据和运行日志为人工智能算法的应用奠定了坚实基础。基于神经网络和深度学习技术,系统能够自动提取设备运行的关键特征,实现多维度的状态建模与健康评估,从而精准检测异常并预测故障趋势。此外,模糊推理和贝叶斯网络等算法融合专家经验与实时监测数据,提高故障诊断的准确率和预警能力。通过分析大量历史和实时数据,AI算法能提前识别电机、变频器、断路器等关键设备潜在的失效模式,辅助维护人员制定科学的维护计划,显著降低非计划停机风险,提升系统整体运维的智能化和可靠性水平。

#### 3.2 智能化控制策略优化与自适应调节

智能算法在优化电气自动化控制策略中发挥核心作用。以遗传算法和粒子群优化为代表的群智能算法,通过全局搜索优化控制器参数,有效解决多目标、多约束环境下的复杂调控问题。强化学习通过“奖励-惩罚”机制,使系统在动态变化的环境中不断自适应和进化,实现实时优化控制。神经网络与模糊控制结合,显著提升了非线性强耦合系统的调节精度和响应速度。基于模型预测控制(MPC)与AI融合的新型控制器,能够预测系统未来状态并动态调整指令,优化能耗和生产效率。实际应用表明,智能优化算法显著增强了系统的节能效果、稳定性和故障自愈能力。

#### 3.3 多源信息融合与自主决策机制实现

现代电气自动化系统集成传感器、智能终端和控制器等多源异构数据,人工智能通过多模态数据融合技术实现对设备运行状态、环境变化和能耗模式的全面感知。神经网络、决策树和支持向量机等算法对多元数据进行深度关联分析,提前预警异常状态并指导系统自主优化调度。分布式智能体系统结合群体智能算法,在电网故障恢复、智能微电网自治及分布式能源管理中实现高效的自主协同和多目标优化。多源信息融合和自主决策机制的广泛应用,大幅提升了电气自动化系统的智能化、韧性及服务能力,为复杂工况下的智能运行提供了坚实保障。

### 4 人工智能与电气自动化深度融合的现实成效与工程挑战

人工智能优化算法在电气自动化系统中的广泛应用,

显著提升了系统响应速度、智能诊断、自主调节和节能降耗能力,推动了智能工厂、智能电网、智能交通等工程场景的自动化升级。研究和工程应用表明,基于AI的智能控制器在动态负载平衡、复杂扰动抑制、能耗优化和自主运维等方面表现出更高的灵活性和稳定性。智能诊断平台能够实现关键设备的全生命周期管理与健康评估,减少人工巡检和故障停机损失。AI驱动的自适应控制系统通过动态策略调整提升了设备利用率与生产效率,节约了大量能源和运维成本。然而,人工智能在电气自动化工程实践中仍面临诸多挑战:一是大规模异构数据的实时处理与高可靠性传输问题尚需攻克,数据安全与隐私保护压力增大;二是智能算法模型对工程实际环境适应性有待加强,过度依赖“黑箱”模型可能影响系统透明性与可解释性;三是AI算法部署与边缘计算、物联网等新技术的深度集成尚处于探索阶段,算法硬件协同优化、系统集成运维难度较大;四是电气自动化工程技术人员对AI算法原理、参数调优和模型评估等专业知识掌握不足,制约了智能化转型进程。针对上述问题,需要在理论研究、平台建设、工程培训和标准规范等多方面持续投入和创新,推动AI与电气自动化的协同发展。

### 5 人工智能赋能电气自动化控制的未来趋势与发展建议

面向未来,人工智能将在电气自动化控制领域持续释放创新红利,推动行业迈向更高水平的智能化发展。首先,多智能体协同与分布式自主控制将成为主流,智能体之间通过实时通信和信息共享,实现复杂系统的高效协同与优化运行,大幅提升系统的智能化水平和响应速度。其次,自适应与弹性调度技术的广泛应用,使电气自动化系统具备更强的鲁棒性和自愈能力,能够在极端环境和异常工况下稳定运行,保障系统安全与可靠。第三,智能算法与云计算、边缘计算及物联网技术的深度融合,将推动形成“云-边-端”一体化智能架构,提升系统的灵活性、扩展性和网络安全防护能力。同时,强化人工智能算法模型的可解释性和透明度,确保智能控制系统在工程实践中的可用性和合规性。此外,加快培养具备AI素养的自动化工程人才,推动人才队伍的多学科复合发展,是实现智能电气自动化系统高效安全运行的关键。为此,建议加强人工智能与自动化工程的标准体系建设,推动开源平台建设和行业间合作,促进跨学科的协同创新。鼓励企业、高校与科研机构联合攻关关键技术难题,提升我国电气自动化智能化技术的自主创新能力和国际竞

争力。同时,必须高度重视数据治理、隐私保护与系统安全,确保人工智能技术在电气自动化领域的健康、规范和可控发展。随着智能化技术的广泛应用,数据作为核心资源,其安全性和合规性显得尤为重要。应建立完善的数据管理体系,明确数据采集、存储、使用和共享的规范流程,防止数据泄露和滥用,保障用户隐私权利。此外,针对智能控制系统可能面临的网络攻击、恶意入侵等安全风险,需加强系统安全防护技术研发,提升防御能力,确保系统运行的稳定性和可靠性。政策法规也应及时跟进,制定符合行业特点的安全标准和监管机制,推动人工智能技术在电气自动化中的合规应用。通过多方协作,构建安全可信的技术生态环境,促进智能化技术的可持续发展,真正实现行业的智能转型升级,助力电气自动化领域迈向更加安全、高效和智能的新时代。

## 6 结论

人工智能算法在电气自动化控制中的优化应用,极大推动了控制系统的智能化、柔性化和高效化发展。主流智能算法在系统建模、状态监测、智能控制、决策优化等关键

环节展现出强大能力,工程实践表明 AI 优化算法对提高自动化系统响应速度、容错能力和自适应水平具有显著促进作用。尽管人工智能技术在电气自动化领域应用中仍面临数据、模型、集成和人才等多重挑战,但其发展前景广阔,将持续驱动自动化工程体系的创新升级。未来,应加强理论创新、技术攻关和标准引领,深化人工智能与自动化控制的深度融合,推动智能电气系统在各工程场景中高质量、可持续发展。

## 参考文献:

- [1] 李勇,王新宇.人工智能算法在电气自动化系统优化中的应用与发展[J].电气自动化,2022,44(5):14-21.
- [2] 高磊,张鹏.基于神经网络的智能控制在电气自动化中的研究进展[J].电力系统保护与控制,2021,49(8):100-108.
- [3] 吕萍,许琳.人工智能与电气自动化集成发展路径探析[J].中国电机工程学报,2023,43(11):211-218.