

电气自动化智能控制策略

马佳丽

国家能源集团宁夏煤业有限公司烯烃一分公司 宁夏 银川 750004

摘要: 本文探讨电气自动化智能控制策略。阐述智能控制基本概念及相关技术原理,如人工智能、神经网络、模糊逻辑、遗传算法等。分析神经网络、模糊逻辑、专家系统、遗传算法等控制策略分类,并介绍其在工业生产、交通运输、智能家居等领域的应用。展望多策略融合、与新兴技术结合、自主化与智能化提升等发展趋势,为电气自动化智能控制研究与实践提供参考。

关键词: 电气自动化;智能控制策略;发展趋势

引言:随着科技的进步,电气自动化系统正朝着更加智能化的方向发展。传统控制方法由于依赖固定参数和预设模型,在应对复杂动态环境时显得力不从心。而智能控制策略则凭借其自适应、自学习机制,能够在无需精确数学模型的情况下实现精准控制。尤其是在电压波动、负载突变等场景下,智能控制展现了显著的优势。本文将深入探讨智能控制的基本概念、相关技术原理及其在不同领域的应用,旨在揭示其未来发展潜力。

1 电气自动化智能控制理论基础

1.1 智能控制基本概念

智能控制是融合多学科知识的控制体系,以模拟人类智能决策过程为核心,使控制系统具备自主感知、分析与调控能力。其内涵强调在复杂动态环境下,无需依赖精确数学模型,通过自适应、自学习机制实现精准控制。与传统控制依赖固定参数和预设模型不同,智能控制能动态响应系统参数变化、外部干扰及非线性特性。例如在电气系统电压波动、负载突变场景中,传统控制易出现调节滞后或超调,而智能控制凭借实时感知与快速决策能力,可迅速调整控制策略,维持系统稳定运行,展现出更强的鲁棒性与灵活性。

1.2 相关技术原理

人工智能通过模拟人类认知与学习过程,赋予控制系统数据处理和逻辑推理能力。在电气自动化领域,其模式识别功能可解析设备运行数据,识别异常特征实现故障预警;强化学习机制能根据系统状态动态优化控制策略,提升电气设备运行效率^[1]。神经网络基于神经元互联结构,具备强大的非线性映射能力。在电气系统建模中,多层神经网络可捕捉复杂变量间的耦合关系,替代传统线性化近似方法。应用于电机调速控制时,通过学习转速、转矩等参数变化规律,自动调整控制参数,保障电机在不同工况下稳定运行。模糊逻辑将人类语言中

的模糊概念转化为数学表达,适用于难以建立精确模型的电气系统。在电力系统负荷调节中,模糊控制器将电压、频率等物理量模糊化处理,依据规则库进行推理决策,避免传统PID控制因参数固定导致的调节震荡问题,实现平滑稳定的负荷控制。遗传算法模拟生物进化过程,通过选择、交叉、变异操作搜索最优解。在电气自动化系统设计中,可用于优化配电网拓扑结构,通过迭代计算从海量组合中筛选出损耗最低、可靠性最高的网络布局方案;也可用于整定复杂控制系统参数,提升整体控制性能。

2 电气自动化智能控制策略分类

2.1 神经网络控制策略

神经网络控制在电气自动化中的架构由输入层、隐藏层和输出层构成,各层神经元通过加权连接传递信息。其工作机制基于误差反向传播算法,通过不断调整神经元间的连接权重,使网络输出与期望输出的误差最小化。在系统建模方面,神经网络强大的非线性映射能力可捕捉电气系统复杂变量间的耦合关系。例如在电机控制系统中,能精准描述电机转速、转矩、电流等参数间的非线性联系,替代传统线性化近似模型,提升系统建模精度。故障诊断是神经网络在电气自动化中的重要应用。通过采集设备运行时的振动、温度、电流等特征信号作为输入,利用已训练好的神经网络模型进行模式识别,可快速判断设备是否存在故障以及故障类型。在参数优化上,神经网络可根据系统实时运行状态,自动调整控制参数。如在变频器控制中,依据负载变化动态优化频率调节参数,使电机始终保持高效运行状态。

2.2 模糊逻辑控制策略

模糊逻辑控制的理论框架基于模糊集合与模糊推理。模糊集合将精确的物理量转化为“高”“低”“快”“慢”等模糊语言变量,通过隶属

度函数描述元素属于模糊集合的程度。模糊规则的制定基于专家经验和实际操作知识,例如在恒温控制系统中,可制定“若温度偏高且升温速率快,则大幅降低加热功率”的规则。模糊推理过程则根据输入的模糊量,依据规则库得出相应的模糊控制输出,再经解模糊操作转化为精确控制量。在复杂非线性系统中,模糊逻辑控制优势显著。电气系统常存在参数时变、非线性等特性,传统控制方法难以实现精准控制。模糊逻辑控制无需建立精确数学模型,通过模糊规则的灵活调整,可有效应对系统不确定性。在交流电机调速系统中,模糊控制器可根据电机转速偏差及其变化率,快速调整电压和频率,实现平滑稳定的调速,避免传统PID控制因参数固定导致的超调、震荡问题。

2.3 专家系统控制策略

专家系统由知识库、推理机、综合数据库和人机接口组成。知识库存储电气自动化领域的专业知识和经验,如设备运行原理、故障特征、维护方法等;推理机根据输入信息,运用知识库中的知识进行逻辑推理;综合数据库用于存储系统运行数据和推理过程中的中间结果;人机接口方便操作人员与系统交互^[2]。在电气自动化中,专家系统基于知识推理进行决策控制。当电气设备出现异常时,系统将实时采集的电压、电流、温度等数据作为输入,推理机依据知识库中的故障诊断规则进行分析,判断故障类型和原因,并给出相应的处理措施。在设备运行维护方面,专家系统可根据设备运行时长、历史故障记录等信息,制定预防性维护计划,提前更换易损件,避免故障发生。在异常处理时,能迅速提供准确的故障排除方案,减少停机时间,保障系统稳定运行。

2.4 遗传算法控制策略

遗传算法的基本流程包括初始化种群、适应度评估、选择、交叉和变异操作。初始化种群是随机生成一组控制参数组合作为初始解;适应度评估根据目标函数计算每个个体的适应度值,衡量其优劣;选择操作基于适应度大小筛选个体,使优质个体有更高概率进入下一代;交叉操作通过交换个体基因产生新的组合;变异操作以一定概率对个体基因进行随机改变,维持种群多样性。在电气自动化控制参数优化中,遗传算法将控制参数编码为基因串,通过不断迭代搜索最优参数组合。例如在PID控制器参数整定中,可快速找到使系统响应速度快、稳定性高的比例、积分、微分参数。在系统结构设计方面,如配电网拓扑优化,遗传算法将网络节点连接方式编码,通过进化过程寻找损耗最小、可靠性最高的网络结构方案。通过模拟自然进化机制,在庞大的解空

间中高效搜索全局最优解,为电气自动化系统的优化设计与控制提供有效手段。

3 电气自动化智能控制策略应用领域

3.1 工业生产领域

在工业生产中,智能控制策略发挥着重要作用。在电气设备运行控制方面,通过集成先进的传感器和执行器,系统能够实时监控设备状态并自动调整操作参数以维持最佳性能。例如,电机的转速可以根据负载变化进行动态调节,既保证了工作效率又降低了能耗。生产线自动化调度也是智能控制的一大应用方向。借助于人工智能算法,可以实现对生产流程的精细化管理,包括物料配送、工序切换等环节的无缝对接。这样不仅提高了生产的连续性和稳定性,还减少了人为干预带来的误差。能源管理同样是智能控制在工业领域的关键应用之一。通过部署智能电表和能量管理系统,企业能够全面掌握自身能耗情况,并据此制定节能措施。比如,根据用电高峰低谷时段自动调整生产设备的工作时间,或是优化空调系统的运行模式以降低总体能耗。基于大数据分析技术,还可以预测未来一段时间内的能源需求趋势,帮助企业提前做好资源配置准备,确保运营成本得到有效控制。

3.2 交通运输领域

智能控制在交通运输领域的应用主要集中在电气驱动的轨道交通和电动汽车上。对于轨道交通而言,动力控制至关重要。利用智能控制系统,列车可根据实际载客量及线路状况灵活调整牵引力大小,从而达到节能减排的目的^[3]。运行监测系统能够实时采集车辆运行数据,如速度、位置、温度等信息,及时发现潜在故障隐患并预警,保障行车安全。电动汽车的发展同样离不开智能控制的支持。动力控制方面,电池管理系统负责监控每节电池的状态,确保其工作在理想范围内,延长使用寿命。再生制动技术的应用使得汽车在减速时能够将部分动能转化为电能回充至电池中,进一步提升了能源利用率。运行监测则涵盖了从车辆健康状态到驾驶行为等多个维度,帮助车主了解车辆性能并采取相应维护措施。

3.3 智能家居领域

智能家居领域内,智能控制策略带来了前所未有的便利与舒适体验。家庭电气设备自动化控制成为可能,用户可以通过手机应用程序远程操控家中的灯光、窗帘甚至家电产品。例如,设定特定场景模式,如“回家”模式下,系统会自动打开客厅灯、调整室内温度至适宜范围;而“离家”模式则会关闭所有不必要的电器设备,节省电力消耗。能源优化配置也是智能控制的一大

亮点。智能家居系统能够根据用户习惯和外部环境条件自动调节照明亮度、空调温度等参数,避免过度使用资源。与此同时,太阳能光伏板与储能装置的结合,使得家庭能源供应更加自给自足,减少对外部电网的依赖。安全防护方面,智能摄像头、门窗传感器等设备共同构成了一个全方位的安全网络。一旦检测到异常活动,系统立即发出警报通知主人,必要时还能联动社区安保力量迅速响应,保护家人生命财产安全。

4 电气自动化智能控制策略发展趋势

4.1 多策略融合发展

不同智能控制策略融合成为攻克复杂控制难题的关键路径。神经网络与模糊逻辑的结合突破传统控制局限:神经网络通过学习系统动态数据,自动优化模糊控制的规则库与隶属度函数,弥补人工设定规则的主观性。在工业机器人轨迹控制中,模糊逻辑快速处理关节运动的非线性特征,神经网络同步优化控制参数,实现高精度轨迹跟踪与抗干扰能力提升。遗传算法与专家系统的融合,则为大型电力系统调度提供全局优化方案,前者通过模拟进化搜索最佳参数组合,后者基于领域知识进行逻辑推理,共同解决变电站多目标优化调度问题。多策略融合优势体现在分层协同控制。模糊逻辑负责实时性强的局部调控,神经网络构建系统全局模型,遗传算法实现参数全局寻优。在新能源微电网中,模糊控制器动态调节分布式电源输出,神经网络预测负荷波动,遗传算法优化功率分配,三者协同确保微电网稳定运行,有效应对新能源间歇性、波动性等挑战。

4.2 与新兴技术结合

物联网技术推动智能控制向全域感知演进。传感器网络实时采集电气设备运行参数,为控制策略提供精准数据支撑。智能工厂中,设备振动、温度等数据经物联网传输至云端,支持控制系统实时调整电机转速、优化设备启停顺序,实现预测性维护^[4]。大数据技术则为智能控制注入数据驱动能力,通过挖掘历史运行数据中的关联模式,优化控制算法参数。智能电网借助大数据分析用户用电习惯,结合模糊逻辑制定需求侧响应策略,提升电网资源利用效率。云计算为智能控制提供强大算力支持。复杂算法如深度神经网络训练可依托云计算平台

分布式执行,大幅缩短优化周期。在跨区域输配电网中,云端智能控制系统整合全网节点数据,运用遗传算法动态调整控制参数,实现电力资源的全局最优配置,打破传统本地计算的算力瓶颈。

4.3 自主化与智能化提升

智能控制策略正朝自主决策方向快速发展。基于强化学习的算法通过与环境交互自主探索最优控制策略,无需依赖预设模型或规则。智能仓储系统中,AGV通过强化学习自主规划路径、动态避障,适应仓储布局变化。自适应学习能力的增强使控制系统具备实时环境感知与动态调整能力,电动汽车充电系统可根据电池状态、电网负荷自动切换充电模式,兼顾效率与电池寿命。自主化与智能化升级推动电气自动化向无人化、自适应转型。工业生产中,具备自主决策能力的控制系统可依据市场需求变化,自动重构生产线工艺流程、调整设备参数,实现柔性生产。智能家居场景下,自主学习型系统通过分析用户生活习惯,自动优化空调、照明等设备运行策略,如根据作息时间提前调节室温,在提升舒适度的同时降低能耗,显著提升电气系统智能化水平。

结束语

智能控制策略的发展不仅提升了电气自动化系统的性能,还推动了各行业的进步。通过多策略融合、与新兴技术结合以及自主化与智能化水平的提升,智能控制系统展示了广阔的应用前景。无论是工业生产中的高效调度、交通运输领域的节能减排,还是智能家居中的便捷体验,智能控制都发挥着不可替代的作用。未来,随着技术的不断革新,智能控制将在更多领域展现其独特价值,持续推动电气自动化迈向更高层次的发展。

参考文献

- [1]马婷婷,党鹏.人工智能技术在电气自动控制中的应用研究[J].模具制造,2025,25(03):183-185.
- [2]周慧.电气自动化在光伏发电系统中的应用和关键技术分析[J].光源与照明,2025,(02):167-169.
- [3]晁景.基于电气自动化系统可靠性保障技术在化工厂的应用[J].化工管理,2025,(01):87-89.
- [4]郭晶莹.基于人工智能的电气自动化控制系统设计分析[J].中国高新科技,2025,(02):36-37+43.