

电气自动化系统的智能控制技术与应用

杨凯奇

沙坡头区南山台电灌站 宁夏 中卫 755000

摘要: 本文针对电气自动化系统智能化升级需求,系统论述智能控制技术的类型特征、核心应用与实施要点。首先阐述智能控制技术与电气自动化系统的概念内涵及融合价值,明确智能控制在应对非线性、不确定性控制问题中的技术优势。其次,梳理模糊控制、神经网络控制、专家控制三类主流技术的原理与适用场景。在此基础上,分析智能控制在电气参数调控、设备运行管控、状态监测识别三大核心领域的应用路径。最后,从技术选型适配、数据精度管控、模型迭代优化三方面提出应用要点。研究旨在为智能控制技术在电气自动化系统中的工程落地提供系统性理论参考与技术指引。

关键词: 电气自动化系统;智能控制技术;应用

引言: 工业电气系统向高集成化、复杂化方向持续演进,传统固定逻辑控制方式在应对多变量耦合、强非线性干扰及动态工况切换等问题时面临控制精度不足与鲁棒性偏低等瓶颈。智能控制技术以自主感知、逻辑推理与自适应调控为核心能力,突破精确数学模型依赖,为电气自动化系统性能跃升提供全新路径。当前模糊控制、神经网络控制等技术已逐步工程落地,但在技术选型、数据质量管控及模型长效优化方面仍缺乏系统规范。本文旨在全面梳理智能控制技术类型与核心应用,深入剖析关键实施要点,为工程实践提供技术支撑。

1 智能控制技术与电气自动化系统概述

智能控制是区别于经典控制理论与现代控制理论的新型控制技术体系,其核心特征在于具备自主感知环境状态、逻辑推理判断、动态策略决策与自适应参数调控能力,专门针对复杂非线性、强不确定性、多源干扰叠加等传统控制方法难以有效处理的工程控制问题而提出。该技术突破了对精确数学模型的刚性依赖,依托系统运行数据的实时采集、多维分析与智能研判,在线生成并持续优化控制策略,使控制系统能够适应多变的工况条件与运行环境。其技术内涵涵盖模糊控制、神经网络控制、专家系统控制、自适应控制及多智能体协同控制等多种方法,形成了以数据驱动与知识引导相融合的控制架构^[1]。

电气自动化系统是以电气设备、传感检测装置、控制执行模块、数据传输模块为核心组件构建的集成化技术系统,其根本目标是实现电气设备运行状态的自动监测、逻辑控制与网络协同管控。传统电气自动化控制方式以结构化、固定化的控制逻辑为基础,控制参数与调控流程在系统部署阶段预先设定并固化执行,面对系统

负载波动、外部环境干扰、设备性能劣化及拓扑结构变化等动态因素时,无法进行自主感知与实时调整,控制精度与系统鲁棒性均受到明显制约。将智能控制技术深度融入电气自动化系统,实质是为电气系统嵌入智能化决策机制与动态自适应调控能力,使系统能够摆脱对人工干预和固定程序逻辑的依赖,实现运行工况的自主优化匹配、故障状态的自主诊断识别以及控制参数的精准动态适配,从而全面提升电气自动化系统的智能化运行层级、控制响应速度与长期运行可靠性。

2 电气自动化系统主流智能控制技术类型

2.1 模糊控制技术

模糊控制技术是基于模糊数学理论构建的智能控制技术,核心用于解决电气自动化系统中无法精准建模、参数模糊、状态不确定的控制问题。(1)传统控制技术要求系统输入、输出参数具备精准的对应关系,而电气系统运行过程中,存在大量模糊性变量,如负载轻微波动、环境温度渐变、设备运行损耗渐变等,这类变量无法通过精确数学模型量化处理,极易导致常规控制失效。(2)模糊控制技术通过将模糊、不确定的运行变量进行量化处理,依托模糊规则库完成逻辑推理,将模糊输入量转化为精准的控制输出量,实现对电气系统的动态调控。该技术无需依托精准的系统模型,对系统参数波动、外界干扰具备极强的包容性,适配各类非线性、时变性的电气控制场景,核心优势为调控平稳、容错性高,可有效避免电气设备频繁启停、参数剧烈波动的问题,保障电气系统稳定运行。

2.2 神经网络控制技术

神经网络控制技术是模拟人类大脑神经元信息处理机制构建的智能化控制技术,具备强大的自主学习、数

据拟合与误差修正能力,是电气自动化系统中高精度控制的核心技术之一。(1)该技术由输入层、隐藏层、输出层三层结构组成,可通过持续采集电气系统的历史运行数据与实时运行数据,自主学习系统运行规律,拟合系统输入与输出的关联关系,无需人工构建控制逻辑。

(2)在电气自动化系统运行过程中,神经网络控制技术可实时识别系统运行偏差,自主修正控制参数,适配系统的动态变化特性。针对电气系统多变量耦合、强非线性、复杂干扰的运行场景,该技术可精准捕捉细微的运行参数变化,实现高精度调控。同时,该技术具备持续学习能力,可根据设备老化、工况迭代等长期变化优化控制模型,持续保障电气系统的控制精度,适配性与自适应能力极强^[2]。

2.3 专家控制技术

专家控制技术是将行业专业知识、设备运行经验与计算机控制技术相结合的智能控制技术,核心逻辑是依托内置的专家知识库与推理机制,模拟专业技术人员的研判与调控思维,完成电气自动化系统的智能管控。

(1)该技术的核心核心构成为知识库、推理机、数据采集模块与控制输出模块,其中知识库整合了电气设备运行特性、系统调控规则、异常判别逻辑等专业内容。

(2)相较于其他智能控制技术,专家控制技术的逻辑性与针对性更强,主打解决电气系统的结构化、经验性控制问题,可精准完成电气系统运行状态判别、参数优化调控、异常状态识别等操作。该技术能够将零散的电气运行经验转化为标准化、智能化的控制逻辑,规避人工操作的主观性与误差性,实现电气自动化系统的规范化、智能化管控,尤其适用于运行逻辑复杂、管控要求严格的电气系统。

3 智能控制在电气自动化系统中的核心应用

3.1 电气系统参数智能调控

参数调控是电气自动化系统的核心运行环节,电压、电流、频率、负载功率等核心参数的稳定性,直接决定电气设备的运行状态与系统运行效率。传统参数调控采用固定阈值调控模式,仅能在参数超出固定范围后进行被动修正,调控滞后性明显,易出现参数波动过大、运行能耗偏高的问题。智能控制技术可实现电气系统核心参数的动态、前置化智能调控。通过传感模块实时采集电气系统各项运行参数,依托模糊控制、神经网络控制技术对参数变化趋势进行预判,提前修正控制参数,抵消外界干扰与负载波动带来的参数偏差。针对电气系统多参数耦合影响的特性,智能控制技术可同步协调多项参数的调控逻辑,避免单一参数调控引发的系统

失衡,保障电气系统各项参数始终处于最优运行区间,提升系统运行稳定性与能效利用率^[3]。

3.2 电气设备运行智能管控

电气自动化系统包含电机、变频器、变压器、开关设备等各类电气设备,不同设备的运行特性、调控逻辑存在显著差异,传统自动化控制模式难以实现多设备的协同精准管控,易出现设备运行匹配度低、资源浪费、设备损耗加剧等问题。智能控制技术可实现各类电气设备的个性化、协同化智能管控。针对电机设备,通过神经网络控制技术精准调控电机转速、转矩,适配不同的运行负载,降低电机运行损耗;针对变频设备,依托模糊控制技术动态优化变频参数,实现设备平稳调速与高效运行;针对多设备协同运行场景,依托专家控制技术统筹各设备运行逻辑,实现设备间的运行匹配与协同联动,避免设备空转、过载运行等问题。同时,智能控制技术可实时监测设备运行状态,根据设备运行损耗特性微调运行参数,延长电气设备的使用寿命。

3.3 电气系统状态智能监测与识别

电气系统运行过程中,易受负载变化、环境干扰、设备老化、线路损耗等因素影响,出现隐性运行异常,传统监测模式仅能识别明显的故障问题,无法预判隐性故障与潜在运行风险,导致系统运行隐患无法及时排查。智能控制技术具备强大的状态辨识与数据研判能力,可实现电气系统运行状态的全时段智能监测。通过持续采集电气设备的运行温度、运行电流、损耗参数、运行时长等数据,依托智能算法对比正常运行工况数据,精准识别细微的运行异常与参数偏移,完成系统运行状态的自主判别。同时,可通过数据迭代分析设备老化趋势、线路损耗变化规律,精准识别潜在运行风险,为系统运维提供精准的数据支撑,实现电气系统从被动故障处理向主动状态管控的转变^[4]。

4 智能控制在电气自动化系统中的应用要点

4.1 技术选型适配性优化

不同类别的智能控制技术在算法原理、响应特性与适用范围上存在显著差异,技术选型的合理性直接决定电气自动化系统的控制效能与运行稳定性。模糊控制技术基于模糊逻辑推理机制,适用于控制参数边界不清晰、外部干扰强度大且对系统运行平稳性与鲁棒性要求较高的电气控制场景;神经网络控制技术依托深层映射与非线性拟合能力,适用于高精度参数调控、多变量强耦合交互以及工况频繁动态切换的复杂电气系统;专家控制技术则基于领域知识库与推理引擎,适用于运行逻辑层级多、标准化管控流程严谨的电气自动化场景。实

际工程应用中,应摒弃单一技术简单套用的思维模式,需系统评估电气设备构成特征、典型运行工况特征及核心控制指标需求,精准匹配控制技术方案。对于多因素交织的复合型复杂运行场景,宜采用多种智能控制技术的协同融合架构,充分发挥各类技术在感知、推理、决策层面的互补优势,消除单一技术的局限性,全面提升电气自动化系统的智能化控制精度与综合运行效能。

4.2 数据采集与处理精度管控

智能控制技术的核心运行机制建立在对电气系统实时运行数据的持续获取与深度解析之上,数据采集的时间响应性与量值精准度直接决定智能控制算法的决策质量与调控执行效果。数据采集环节若出现量值偏差、时序滞后或样本缺失等问题,将导致智能算法输入信息失真,引发逻辑研判错误与控制指令偏差,进而造成电气系统调控异常甚至运行失稳。因此,在智能控制技术的工程落地过程中,必须将数据采集与处理环节作为关键质量控制节点进行强化管理。一方面,需配置高精度、高采样率的传感检测装置与低延迟数据传输模块,确保电气设备电压、电流、温度、频率等核心运行参数的实时完整获取;另一方面,需系统应用数据滤波、噪声抑制、异常值剔除及缺失值插补等预处理技术,有效消除电磁干扰与环境噪声引入的无效数据,构建高质量数据样本集,为智能算法的逻辑推理、参数自适应优化及系统状态精准研判提供可靠的数据基础,从根本上保障智能控制决策的准确性与调控执行的可靠性。

4.3 控制模型持续优化迭代

电气自动化系统在长期运行过程中,设备性能老化、工况频繁调整、外部环境条件变化等多重因素持续作用,导致系统运行规律与特征参数发生渐进性偏移,固定参数的智能控制模型将逐步出现适配性衰退与控制精度下降等问题。因此,在智能控制技术的工程应用过程中,必须建立控制模型的常态化优化迭代机制。需依托系统运行过程中积累的实时监测数据与历史运行数

据,采用在线学习、增量训练及参数自整定等方法,持续修正智能算法的参数阈值、推理规则与非线性拟合模型结构,使控制模型能够动态追踪并适配电气系统运行特性的时变规律。通过周期性模型迭代与性能校验,及时消除累积控制偏差,确保智能控制技术在电气系统全运行生命周期内保持良好的适配性与调控精准性,稳步提升电气自动化系统的智能化运行效能^[5]。

结束语

智能控制技术与电气自动化系统的深度融合,是推动电气工程领域向高智能化、高可靠性方向发展的关键路径。本文从技术类型、核心应用与实施要点三个层面完成了系统论述,明确了模糊控制、神经网络控制、专家控制在不同电气场景中的适配逻辑,阐释了参数调控、设备管控、状态监测等核心应用的实现机制,并从技术选型、数据管控、模型迭代维度提出了工程落地的关键要求。未来,随着算法能力的持续增强与数据处理技术的深度发展,智能控制技术将在电气自动化系统中发挥更为核心的作用。工程实践中需持续关注多技术协同融合、高质量数据支撑体系建设及控制模型长效自适应能力提升等方向,推动电气自动化系统智能化运行水平的全面跃升。

参考文献

- [1]盛叶弘,韦一力,谈佳栋.电气自动化系统的信息化集成与智能控制技术研究[J].中国设备工程,2026,(8):26-28.
- [2]胡坚哲.智能传感器技术在电气自动化控制系统中的应用与发展[J].产品可靠性报告,2026,(2):37-38.
- [3]周平阳.人工智能技术在电气自动化控制系统中的应用研究[J].今日自动化,2026,(4):117-119.
- [4]崔洪瑞.基于电气自动化技术的石油钻井平台智能控制系统应用研究[J].中国石油和化工标准与质量,2026,46(6):163-165.
- [5]秦相博,周荣超,胡庆元.电气自动化工程中照明智能控制技术的应用探讨[J].中国照明电器,2026,(3):150-152.