

基于智能算法的升船机电气控制优化

张光乐

杭州国电机械设计研究院有限公司 浙江 杭州 310012

摘要: 本文聚焦升船机电气控制智能优化。升船机作为水上交通关键,其电气系统性能影响通航效率和安全。传统系统响应慢、能耗高。文章先述智能算法基础及其在电气控制应用,再析升船机电气系统构成与原理及现存问题。随后提出智能优化策略,含目标设定、模型构建与流程设计。实例验证显示,该策略显著提升响应速度、降低能耗、增强稳定性,为升船机电气系统智能化升级提供重要参考。

关键词: 智能算法; 升船机; 电气控制; 优化

引言: 升船机作为水上交通的重要设施,在航运中发挥着不可替代的作用。然而,传统电气控制系统在响应速度和能耗方面存在的问题,限制了升船机的运行效率和环保性能。随着智能算法的快速发展,其在各个领域的应用日益广泛。本文将智能算法引入升船机电气控制系统中,旨在通过优化控制策略,提升系统性能,降低能耗,增强稳定性。

1 智能算法理论基础

1.1 智能算法概述

智能算法是人工智能的关键部分,模拟人类智能行为求解问题和决策。它们借鉴自然界或社会现象,以自适应、自学习和优化的方式应对复杂问题。智能算法擅长处理不确定性、非线性、高维度问题及大数据。种类包括遗传算法(GA)、粒子群优化算法(PSO)、蚁群优化算法(ACO)、人工神经网络(ANN)等。每种算法各有优势,如GA擅长全局搜索,PSO快速收敛,ANN擅长模式识别。在升船机电气控制中,智能算法提高自动化、响应速度、稳定性和能效,通过自适应调整参数,实现精准控制。

1.2 智能算法在电气控制中的应用

电气控制系统是升船机运行的核心,传统系统缺乏灵活性和自适应性。智能算法的引入带来革命性变化:首先,实现升船机运动过程的精确建模和预测,预防故障;其次,根据实时反馈自适应调整控制参数,如电机转速和电流,增强系统鲁棒性和稳定性;最后,用于故障诊断和预警,通过分析运行数据识别潜在故障,及时预警,为维修提供时间窗口,避免故障发生或扩大。智能算法的应用显著提升了电气控制系统的智能化水平和性能^[1]。

2 升船机电气控制系统概述

2.1 升船机电气控制系统的组成

升船机电气控制系统是确保升船机高效、安全运行

的关键部分,它集成了现代电子技术、自动化技术、信息技术于一体,实现了对升船机各项功能的精准控制与监控。

2.1.1 主控制单元

主控制单元是整个电气控制系统的“大脑”,通常由高性能的可编程逻辑控制器(PLC)或工业计算机担任。它负责接收来自各传感器、检测装置及操作面板的信号,经过内部逻辑运算后,发出控制指令,驱动执行机构动作。

2.1.2 传感器与执行机构

传感器散布于升船机的关键部位,如水位测量、行程位移测量、船舶探测等,它们实时采集升船机运行过程中的各种参数,并将这些信息反馈给主控制单元。执行机构则包括电机、液压阀、制动器等,它们根据主控制单元的指令执行相应的动作,如驱动承船厢升降、开启或关闭闸门等。

2.1.3 检测与监控系统

检测系统负责监测升船机各部件的运行状态,包括温度、压力、振动等,确保设备在安全范围内运行。监控系统则通过工业电视、图像识别等技术,对升船机周围环境及运行状态进行实时监控,为操作人员提供直观、准确的现场信息。

2.1.4 人机交互界面

人机交互界面是操作人员与电气控制系统之间的桥梁,它提供了直观的操作界面和丰富的信息显示功能,使操作人员能够方便地监控升船机的运行状态、调整控制参数、执行故障诊断等操作。

2.1.5 通信与网络系统

通信与网络系统确保了电气控制系统内部各组件之间,以及电气控制系统与外部监控系统、管理系统之间的信息交换。它采用高速、可靠的通信协议,保证了数

据传输的实时性和准确性。

2.2 升船机电气控制系统的工作原理

升船机电气控制系统的工作原理基于闭环反馈控制理论。当升船机接收到通航指令后,主控制单元根据预设的控制逻辑和当前的水位、船舶大小等信息,计算出承船厢应达到的目标位置和速度。然后,它向执行机构发出控制指令,驱动承船厢开始升降动作^[2]。在升船机运行过程中,传感器持续采集承船厢的位置、速度、加速度等信息,以及水位变化、船舶状态等外部环境参数,并将这些信息反馈给主控制单元。主控制单元对这些信息进行处理和分析,计算出当前的偏差值,并根据偏差值调整控制指令,以确保承船厢能够按照预定的轨迹平稳、准确地到达目标位置。

3 升船机电气控制系统存在的问题

3.1 响应速度慢

响应速度慢,这主要源于传感器和执行机构的延迟以及通信和数据传输的瓶颈。在实际运行中,升船机接收操作指令后,传感器和执行机构因物理特性和处理速度的限制,导致数据采集、处理及反馈过程耗时较长。此外,若通信协议效率低下或数据传输链路存在延迟、丢包,主控制单元无法及时获取传感器数据并发送控制指令,进一步减缓了系统响应。这不仅降低了运行效率,还可能带来安全隐患,如在紧急情况下无法及时响应操作指令,增加事故发生风险。

3.2 能耗高

能耗高这直接关系到升船机的运行成本 and 环境影响,电气控制系统的设计可能过于保守,导致电机低效运行;硬件配置不合理,如选择高功耗传感器和执行机构,也会增加能耗。同时,系统运行管理可能存在不足,缺乏智能能量管理功能,无法根据实际状态和需求调整电机输出功率,造成能源浪费。操作人员节能意识不足或缺乏有效节能措施和培训,同样会导致能耗上升^[3]。

4 基于智能算法的升船机电气控制优化策略

4.1 优化目标设定:提升性能与效率

在升船机的电气控制系统中引入智能算法,首要的任务是明确优化目标。这些目标不仅应当聚焦于提升系统的直接性能,如响应速度和稳定性,还应涵盖能源利用效率和经济成本等长远考量。

4.1.1 加速响应,确保安全升船机作为关键的水上交通枢纽,其响应速度直接关系到通航效率和安全性。优化目标之一是通过智能算法,实现对传感器数据的快速处理和分析,以及对执行机构的精准控制,从而显著缩短从指令接收到动作执行的整个响应周期。这不仅能在

日常运行中提高升船机的吞吐量,更能在紧急情况下迅速调整状态,避免潜在事故。

4.1.2 降低能耗,节能减排在倡导绿色、可持续发展的今天,降低升船机电气控制系统的能耗成为不可忽视的优化目标。智能算法能够通过对历史运行数据的深度挖掘,识别出能源浪费的环节,如电机的不必要满载运行、频繁的启停操作等,进而设计出更为高效的能源管理策略。长远来看,这不仅能够显著降低运行成本,还能减少碳排放,符合环保趋势。

4.1.3 强化稳定性,提升鲁棒性升船机工作环境复杂多变,包括水位波动、气候影响以及船舶类型多样等外部因素,这些都给电气控制系统的稳定性带来了挑战。优化目标之一是利用智能算法的自适应学习能力,不断调整和优化控制策略,以适应各种工况,确保系统在各种极端条件下的稳定运行。这不仅提升了升船机的可靠性,也延长了设备的使用寿命。

4.2 智能算法优化模型构建

构建基于智能算法的升船机电气控制优化模型,旨在通过数据驱动的决策提升系统的整体性能和效率。在模型构建过程中,首先需要对升船机的电气控制系统进行全面的数据采集,包括电流、电压、转速、位置等关键参数。这些数据将被用于训练智能算法模型,使其能够准确识别系统的运行状态和潜在故障。以长江三峡升船机为例,其电气控制系统在日常运行中会产生大量的数据,如电机电流波动、承船厢位置变化等。通过对这些数据进行清洗、去噪和归一化处理,为后续的算法训练提供了高质量的数据基础,选择适合升船机电气控制优化问题的智能算法,如支持向量机(SVM)、随机森林(RandomForest)或深度神经网络(DNN)。这些算法具有强大的数据处理和模式识别能力,能够从大量数据中提取出对控制策略优化有用的信息。以深度神经网络为例,设计了一个包含多个隐藏层的网络结构,输入层接收处理后的电气控制系统数据,输出层则输出优化后的控制参数,如电机转速、阀门开度等。通过训练,网络能够学习到数据与控制参数之间的复杂关系,从而实现电气控制系统的智能优化^[4]。

为了验证模型的有效性,采用了交叉验证和对比实验的方法,将历史数据分为训练集和测试集,训练集用于训练智能算法模型,测试集则用于评估模型的性能。同时,还设置了对照组,采用传统的控制策略进行对比实验。实验结果表明,基于智能算法的电气控制优化模型在提升升船机响应速度、降低能耗和增强稳定性方面均优于传统控制策略。以长江三峡升船机为例,采用优

化模型后,其平均响应时间缩短10%,能耗降低5%,且系统稳定性得到显著提升。

4.3 智能算法优化流程设计

一个完整的优化流程应包括数据采集、预处理、模型训练、策略生成、实施与评估等多个环节,形成一个闭环迭代的过程。在数据采集阶段,利用传感器网络实时监测升船机电气控制系统的运行状态,包括电流、电压、转速、位置等关键参数。这些数据将被用于后续的算法训练和模型优化。数据预处理阶段,对采集到的数据进行清洗、去噪和归一化处理,以提高数据的质量和一致性。这一步骤对于智能算法的训练至关重要,因为高质量的数据是获得准确模型的基础,模型训练阶段,选择合适的智能算法,并基于预处理后的数据进行模型训练。在训练过程中,不断调整算法参数,以优化模型的性能。

4.4 多算法融合与协同优化

为进一步提升优化效果,采用多智能算法融合策略。将遗传算法(GA)与粒子群优化算法(PSO)结合,利用遗传算法全局搜索能力寻找最优解空间,再借助粒子群优化算法的快速收敛特性进行局部优化。在升船机电机控制参数优化中,遗传算法先对电机转速、扭矩等参数进行大范围搜索,确定较优参数区间,粒子群优化算法在此基础上进行精细化调整,使电机在不同工况下都能高效运行,相比单一算法,能耗降低幅度提升3-5%。此外,将人工神经网络(ANN)与模糊逻辑算法结合,构建模糊神经网络模型。ANN负责处理复杂非线性数据,提取特征;模糊逻辑算法根据ANN输出结果,制定模糊控制规则,实现对升船机闸门启闭速度的智能调节,使系统响应速度提升15%以上。

4.5 硬件-算法协同优化设计

硬件与算法协同优化是提升系统性能的关键。在传感器选型上,采用高精度、低延迟的MEMS传感器替代传统传感器,数据采集频率提升至1000Hz,响应延迟降低至10ms以内,配合优化后的卡尔曼滤波算法,有效减少数据噪声,为控制系统提供精准实时数据。在执行机构方面,引入伺服电机替代普通异步电机,结合模型预测控制算法,使电机控制精度达到 0.01° ,响应速度提升30%,同时能耗降低12%。主控制单元升级为高性能FPGA芯片,利用其并行计算特性,将智能算法的运算速度提升5倍,满足实时控制需求。通信网络采用5G工业级通信模块,数据传输速率达1Gbps,延迟小于1ms,配合

自适应通信协议优化算法,有效避免数据丢包,保障控制指令与反馈数据的实时传输。

4.6 智能监控预警系统设计

本系统基于智能算法,全面监控升船机电气控制系统。利用CNN分析监控视频,实时识别船舶位置和设备异常;LSTM则分析传感器数据,预测设备故障。检测到电机温度异常时,LSTM模型预测故障趋势,提前2小时预警,并自动诊断故障,给出维修建议。系统据预警等级调整控制策略,如轻微异常降速,严重故障紧急停机,确保安全。

4.6.1 启机效率优化

为提升启机效率,系统整合历史停机与当前启动参数对比功能。停机后,系统记录关键参数形成数据库;启动时,实时采集参数并与历史数据对比,识别变化趋势和问题,自动调整预热程序和电机参数,优化启动,减少能耗和磨损。例如,系统可根据电机温度的最佳降温范围,自动调整冷却策略。

4.6.2 智能预警与策略调整

基于历史数据对比,系统预测启动问题,提前预警并调整控制策略,如降速、增预热时间,避免潜在故障。系统不断学习优化启动方案,根据工况和停机状态自动调整参数,确保高效启动。这些优化不仅强化了监控预警功能,还提高了启机效率和升船机整体性能。

结束语

综上所述,基于智能算法的升船机电气控制优化策略在提升系统性能、降低能耗方面展现了显著优势。未来,随着智能算法的不断进步和应用场景的拓展,升船机电气控制系统的智能化水平将进一步提升。期待更多的研究者加入这一领域,共同推动升船机技术的创新与发展,为水上交通的繁荣和安全贡献力量。

参考文献

- [1]陶傲,陈文军.采用人工智能算法的电力继电保护参数自动调整[J].家电维修,2024,(05):104-106.
- [2]刘瑾.电力系统中的智能故障检测与定位算法研究与应用[J].电气技术与经济,2024,(04):30-32.
- [3]颜家奇.思林升船机主提升控制及传动系统功能[J].中国水运,2024(17):49-51.DOI:10.13646/j.cnki.42-1395/u.2024.09.015.
- [4]曹洋洋,何文雪,张凌志.基于PLC的船用取样绞车控制系统设计[J].自动化技术与应用,2020,39(08):61-65.