

智能自动化控制在动力机械系统中的应用与性能优化研究

张小刚

亿利洁能股份有限公司达拉特分公司, 内蒙古 鄂尔多斯 014300

[摘要]随着智能自动化控制技术快速发展,推动动力机械系统向智能化、自动化与高效化方向转型。作为现代工业和交通运输的核心装备,动力机械系统的性能优劣直接决定了能源利用效率、环保指标达标情况及经济收益水平。在与智能控制技术结合后,动力机械系统能在复杂情况下自主调节,提高稳定性和可靠性。文章分析了动力机械系统里的智能感知、传感技术,还有模糊控制、神经网络控制、多智能体自适应控制等应用,从能效优化、稳定运行、故障诊断与预测性维护等方面研究性能优化机制。研究表明,智能控制技术为机械系统高效、可靠运行提供了技术支撑,在绿色、智能、可持续发展方面有广泛应用前景。

[关键词]智能自动化控制技术;动力机械系统;性能优化

DOI: 10.33142/sca.v8i8.17605

中图分类号: TH122

文献标识码: A

Research on the Application and Performance Optimization of Intelligent Automation Control Technology in Power Machinery Systems

ZHANG Xiaogang

Dalad Branch of Elion Clean Energy Co., Ltd., Ordos, Inner Mongolia, 014300, China

Abstract: With the rapid development of intelligent automation control technology, the transformation of power machinery systems towards intelligence, automation, and efficiency is being promoted. As the core equipment of modern industry and transportation, the performance of power machinery systems directly determines energy utilization efficiency, environmental indicators compliance, and economic benefits. After being combined with intelligent control technology, power mechanical systems can autonomously adjust in complex situations, improving stability and reliability. The article analyzes the intelligent perception and sensing technologies in power machinery systems, as well as applications such as fuzzy control, neural network control, and multi-agent adaptive control. It studies performance optimization mechanisms from the aspects of energy efficiency optimization, stable operation, fault diagnosis, and predictive maintenance. The research results indicate that intelligent control technology provides technical support for efficient and reliable operation of mechanical systems, and has broad application prospects in green, intelligent, and sustainable development.

Keywords: intelligent automation control technology; power mechanical systems; performance optimization

随着现代工业体系一步步地升级,全球能源结构也在不停地优化,在这样的背景下,动力机械系统在国民经济当中的战略地位愈发凸显。传统动力机械多依赖人工去干预及预设控制逻辑,面对复杂且多变的工作状况的时候,通常就会出现响应比较滞后以及适应性不够强的情况。而智能控制技术的兴起为这一难题带来了全新的解决办法,它的关键之处就在于通过信息感知、数据处理与智能决策技术相互协同,实现系统运行状态的自主调节与动态优化。智能控制不但可以让动力机械系统的能效得以提升,而且还能让它的运行更加稳定,而且还能够在设备发生故障之前预先做出干预,延长设备的使用寿命的同时也能降低维护方面的成本,形成全生命周期的效能提升闭环。因此,推动智能控制技术与动力机械系统的深度融合,探索其应用模式与性能优化机制,已成为学术界与工业界共同聚焦的核心方向。本从融合路径、控制方法以及性能优化这三个不同的层面来着手展开分析,全面且细致地阐述智能控制在动力机械系统里面的应用价值以及未来的发展

趋势。

1 智能控制技术

工程机械领域智能控制技术应用的主要原理是通过实时精准感知设备正常运行状态下的外界环境及工况变化,实现信息的采集、分析与整合,进而在设备控制过程中达成智能化、动态化调节,保障机械设备长期稳定运行。详细来讲,在设备控制环节,智能控制系统可实时获取外部环境及工况相关数据;当外界条件发生变动时,系统能依据感知数据自动进行局部参数调整,确保设备运行适配性。同时,借助信息通讯系统,可向工程机械远程下达作业指令,实现智能控制与设备运行的高效衔接。目前该技术已取得阶段性技术成果,比如三一重工在部分道路施工设备的智能控制技术研发与应用中实现突破,成功将智能化控制功能应用于装载机设备,提升了设备作业效能与稳定性。

2 动力机械系统与智能控制的融合路径

2.1 动力机械系统的结构与运行特性

动力机械系统通常由能量转换装置、传动机构、控制

单元及辅助设备构成,其运转所追求的目标是高效稳定地完成能量转换与输出这一整个过程。从结构方面来讲,系统具有能量传递链较长、运行状态耦合程度较高的特点;而在运行方面,它会碰到负载出现较大波动、环境存在频繁扰动以及多变量参数发生变化等诸多挑战。这些特点促使传统的线性控制方法在许多情形下都难以符合实际需求,然而智能控制技术凭借自适应调节以及非线性建模的方式,可以更为妥善地去应对动力机械在运行期间所呈现出的复杂情况与不确定性状况。通过对系统运行特性的深度解析,智能控制能够实现精准工况识别、实时参数调整及动态能效优化,进而显著提升动力机械系统的整体运行性能。

2.2 智能感知与传感技术的嵌入

智能感知与传感技术是动力机械系统实现智能化控制的关键前提。通过在系统内部布设高精度传感器与边缘计算单元,可实时、高效采集温度、压力、流量、振动等多维度运行数据。这些采集的数据不仅为控制算法提供了核心输入基础,还能借助大数据分析技术揭示系统运行规律及潜在故障特征。在整个过程中,传感技术的智能化主要体现在多源信息融合能力与异常检测功能,多源信息融合可整合不同类型传感器的监测数据,消除信息冗余与误差;异常检测则能实时识别数据偏离正常范围的情况,为系统风险预警提供依据,支撑系统对外部环境与内部运行状态的全面感知。依托智能感知与传感技术的深度嵌入,动力机械系统摆脱了对单一信号的依赖,实现了多维度信息的综合运用,为后续智能决策制定与控制策略优化奠定了坚实的数据基础。

3 智能控制方法在动力机械系统中的应用

3.1 模糊控制方法及其应用

模糊控制属于智能控制技术里相对成熟的一种方法,它的关键原理在于借助模糊逻辑来应对动力机械系统在运行进程里所存在的那种不确定性以及非线性方面的问题。传统的控制策略往往要依赖精确的数学模型,但动力机械系统因为负载动态波动、外部工况复杂多变等因素影响,若构建完全精准的数学模型往往面临显著的技术挑战,难以满足实际控制需求。相对于传统控制,模糊控制采用“接近人类思维”的决策逻辑,将领域专家的经验、操作的规则转变成模糊规则库,凭借模糊推理达成对复杂工况的有效掌控。从应用的角度来讲,模糊控制方法在动力机械的燃料喷射调节、液压执行系统的控制还有作业参数的优化等诸多场景下都有广泛的应用。就好比说,在内燃机的燃烧控制方面,模糊控制能够依据发动机转速、进气压力以及排放指标等一系列实时参数,自动地去调整喷油量以及喷油时机,进而实现燃烧效率和排放性能之间的平衡。又比如说,在工程机械的液压系统当中,模糊控制可以有效地抑制由于负载出现突变而引发的系统振动以及冲击情况,提升运行时的平顺程度与稳定水平。

3.2 神经网络控制方法及其应用

神经网络控制法依靠人工神经网络所具有的自学习以及自适应的能力,可在复杂的非线性系统里达成高效的建模以及实时控制,为动力机械系统的精准调控提供关键技术路径。动力机械系统属于典型的多变量耦合对象,其运行状况不仅受自身结构特性的主导,还受到环境条件以及任务需求等多重因素的综合影响,传统的借助解析手段进行建模的方式很难将它的动态特征完整地涵盖进去。

而神经网络具备大规模并行处理与非线性映射的能力,通过对样本数据的训练学习,能够精准捕捉系统输入与输出间的关联规律,为控制策略的科学拟定提供可靠数据支撑与模型基础。就具体的应用情况来看,神经网络控制在发动机的空气燃油比调节方面、机械臂的动力学补偿方面以及复杂作业机械的多自由度协调控制方面都发挥了十分重要的作用。比如说,依据BP神经网络的控制方法能够依照历史运行数据来预测发动机的燃烧走向,并且实时地去调整点火以及供油策略,以此提高燃油的经济性并且提升排放达标的比例。再比如,在大型挖掘机械开展作业的进程当中,神经网络通过对操作数据加以学习,可预测液压缸动作的惯性以及阻尼效应,对控制信号予以优化,达成更为平稳的作业动作。需要留意的是,神经网络控制自身具备适应性还有自学习的能力,而且还能够和其他智能算法相结合,以此进一步提升控制的精度,所以它在动力机械系统当中的应用前景是极为宽广的。

3.3 多智能体与自适应控制策略

多智能体与自适应控制策略属于动力机械系统智能化发展进程里所形成的一种前沿方法,它的特点在于借助分布式智能单元共同协作的方式来实现对系统整体运行状态的精细化管理,同时依托动态参数调整能力适配复杂工况变化。

多智能体系统把机械系统里的各个子系统当作是独立且相互协作的智能体,依靠信息交换以及决策协同来达成全局优化的目的,而自适应控制策略则可依据系统状态的变化来实时地去调整控制参数,以此维持系统处于不同工况之下的稳定性和高效性。在应用方面,多智能体方法被广泛运用在大型机械群体协同作业、复杂的动力传动网络以及自动化生产线的协调控制当中。比如,在矿山大型设备作业期间,多智能体系统能够对挖掘机、运输车辆还有输送系统展开联合调度,让各类设备在空间以及时间层面都达成最优协作,进而提高作业的效率以及安全性;在船舶动力系统里面,自适应控制策略可以根据海况变化以及负载波动来实时地去调整发动机与推进装置的工作状态,从而保证航行平稳并且能效最优。凭借着多智能体与自适应控制的结合,动力机械系统在面临复杂环境以及多样化的任务之时能够实现高度智能化的运行管理,这为系统性能的优化以及可靠性的提升给予了稳固的技术支撑。

4 智能控制技术的性能优化机制

4.1 能效优化与节能控制

动力机械系统于运行之时,其能耗颇为可观。而能效优化这已然成为衡量智能控制技术所具有的应用价值的关键指标所在。借助智能控制技术,可对机械系统的运行状态予以实时监测,从中获取像功率输出、负载变化还有能源消耗这类关键数据,并且凭借算法分析达成节能控制的目的。能效优化既涵盖了动力分配方面的合理安排,也包含了针对系统工作模式展开的动态调节举措,从而让设备无论处于何种工况之下,都能够维持高效运行的状态^[1]。就好比在混合动力工程机械当中,智能控制技术能够依据实时负载的情况,自动挑选出电驱或者油驱模式,进而以最为恰当的方式去分配能源,达成燃油消耗量尽可能最小化的成效;而在大型泵站又或者是风力发电装置里,通过智能控制来对转速、阀门开度以及能量回收装置加以协调性的调节操作,是能够有效降低能耗的,同时还能提升系统整体的效率水平。需要留意的是,能效优化一方面有利于降低运行成本,另一方面还能够一定程度上减少对环境的负荷影响,进而促使形成一种绿色化且具备可持续性的动力机械运行模式。凭借着智能化的能效管理手段,动力机械系统在面临复杂工况的情形下,是能够实现长期稳定并且高效地利用能源的状况,这无疑为节能减排的相关事宜给予了可靠的支撑保障。

4.2 运行稳定性与动态响应优化

动力机械系统稳定与否以及其动态响应能力如何,会实实在在地影响到它的作业质量以及安全状况。在那些复杂的工况环境下,负载出现波动、受到环境方面的扰动,还有系统内部存在的耦合特性等,这些情况都会给系统稳定性带来不小的影响。而智能控制技术可凭借实时对系统状态加以感知以及依靠动态调节相关机制,切实有效地提升系统的稳定性,加快其响应的速度^[2]。借助对传感器所采集数据的快速处理操作,控制系统能够精准预估负载的变化走向,并且提前对控制信号做出调整,以此来降低振动以及冲击给机械设备所带来的影响。就好比在液压挖掘机械当中,智能控制技术能够就作业臂的惯性以及液压系统存在的延迟情况展开动态补偿,进而让操作动作变得平顺,而且响应也十分迅速。在像涡轮或者发动机这类高速旋转的系统里,智能算法可针对转速出现的波动实施实时的调节操作,确保系统始终处于最佳的平衡状态。经过对运行稳定性以及动态响应方面的优化处理,智能控制不但提高了动力机械系统的作业精度,而且还有效地延长了设备的使用寿命,从而为实现高效作业以及开展安全管理给予了稳固有力的保障。

4.3 故障诊断与预测性维护

智能控制技术于动力机械系统当中的运用,更是让设备的故障诊断以及预测性维护能力得到了明显的强化。以

往的传统机械维护往往依靠定期开展的检修或者人工进行的巡检,存在响应滞后、成本较高的局限;而智能控制系统却可以通过对关键部件的运行状态予以实时监测,进而对振动、温度、压力还有电流等一系列数据特征展开分析,以此来提前将潜在的故障识别出来,并且给出相应的维护方面的建议^[3]。这种预测性维护这一方式,一方面能够削减因突发性故障而产生的停机风险,另一方面也能够对备件管理以及维修计划加以优化,使得运维成本得以降低。就好比在重型工程机械领域,借助智能控制系统去分析液压泵以及执行器的工作数据,便能够提前察觉到磨损呈现出的趋势或者是液压出现泄漏的问题,进而安排相应的维修或者更换事宜;而在内燃机系统方面,通过对燃油喷射压力、排气温度以及转速波动等情况进行监测,智能控制能够预测到气缸可能出现的磨损状况或者燃烧异常的情况,以此来确保发动机能够实现长期且高效的运转状态。

5 结语

本文就智能控制技术于动力机械系统当中的应用状况以及性能优化事宜展开了较为系统的探究活动。从动力机械系统同智能控制相互融合的具体路径切入,一直讲到智能控制方法的实际应用情况,再到性能优化机制的构建等方面,都给予了较为详尽的阐述说明。相关研究清晰地表明,像模糊控制、神经网络控制、多智能体控制以及自适应控制等诸多方法,在动力机械系统实实在在的应用过程当中,切实有效地促使系统的能效得以提升,稳定性的程度有所增强,并且可靠性也得到了进一步的提高。与此智能控制技术借助于对能效加以优化、使运行稳定性得以提升以及开展故障预测等一系列举措,为动力机械系统能够实现长期且高效的运行状态筑牢了稳固有力的支撑基础。在未来的发展进程中,伴随者智能感知技术、数据分析手段以及控制算法等相关领域不断地向前发展,动力机械系统在朝着绿色化、智能化以及可持续运行这些方向迈进的过程中,将会达成更高层次的性能优化成效,进而为工业生产的开展、交通运输的运作以及能源利用的实施给予更为高效、更为可靠并且更为智能的技术层面的保障措施。

【参考文献】

- [1]伍赛特.动力机械技术发展史研究及展望[J].科技视界,2024,14(3):66-70.
- [2]周莉萍,李召.电子控制技术在动力机械中的前沿应用[J].铸造,2022,71(4):512.
- [3]郝慧荣,赵文超,杨子明,等.动力机械内力拓扑模型二元动力传递函数及应用研究[J].振动与冲击,2025,44(2):73-83.

作者简介:张小刚(1986.2—),单位名称:亿利洁能股份有限公司达拉特分公司,毕业学校和专业:东北农业大学-电气工程及其自动化。