

智能控制在机电控制工程中的应用研究

韩洲亮 张 建 李亚宁

河北钜昇科技有限公司, 河北 石家庄 050073

[摘要]随着工业化自动化的深入发展和智能科技的进步,机电控制工程是当今制造业生产与工程建设中的重要组成部分。传统的机电控制系统是以固定的程序与经验为基础的规则,对于复杂的非线性的控制任务以及对精确度要求高的情况下会出现反应迟钝,控制过程不够精准,难以灵活应用等问题。而智能控制策略的提出给机电系统带来了新的自学习能力、非线性映射功能和系统优化方法,使系统具备了在复杂环境下进行准确、快速以及可靠地操控的能力。文章针对智能控制技术应用于机电控制系统的重要性与优势进行了深入剖析,阐述了几种主流智能控制算法的特点和方法原理,结合其在工程机械、数控机床、机器人和交直流伺服系统等领域的应用实例,讨论了当前智能控制技术的具体应用情况以及今后的发展前景。结论认为基于智能控制方案设计的机电控制系统不仅可以提高系统的自身性能,同时有助于合理配置设备资源、推动自动化和柔性制造的发展并为以后高效的智能化机电控制系统提供强有力的技术保障。

[关键词]机电控制系统;智能控制技术;工程应用

DOI: 10.33142/sca.v8i12.18748

中图分类号: TM921.5

文献标识码: A

Research on the Application of Intelligent Control Technology in Mechanical and Electrical Control Engineering

HAN Zhouliang, ZHANG Jian, LI Yaning

Hebei Fansheng Technology Co., Ltd., Shijiazhuang, Hebei, 050073, China

Abstract: With the deepening development of industrial automation and the advancement of intelligent technology, electromechanical control engineering is an important component of manufacturing production and engineering construction today. Traditional electromechanical control systems are based on fixed programs and empirical rules. For complex nonlinear control tasks and situations with high precision requirements, there may be issues such as slow response, imprecise control processes, and difficulty in flexible application. The proposal of intelligent control strategies has brought new self-learning capabilities, nonlinear mapping functions, and system optimization methods to electromechanical systems, enabling them to operate accurately, quickly, and reliably in complex environments. The article deeply analyzes the importance and advantages of applying intelligent control technology to electromechanical control systems, elaborates on the characteristics and principles of several mainstream intelligent control algorithms, and discusses the specific application situation and future development prospects of intelligent control technology based on their application examples in engineering machinery, CNC machine tools, robots, and AC/DC servomechanism. The conclusion is that the electromechanical control system designed based on intelligent control scheme can not only improve the system's own performance, but also help to reasonably allocate equipment resources, promote the development of automation and flexible manufacturing, and provide strong technical support for efficient intelligent electromechanical control systems in the future.

Keywords: electromechanical control system; intelligent control technology; engineering application

引言

伴随着制造业的进步与工程建设难度加大,机电控制系统在制造业中占据着重要位置,对机器的工作效率,产品的质量 and 项目的安全性都有着重要影响。但是传统的机电控制主要通过预编程或者人为操作经验来完成控制任

务,在复杂的非线性强、强耦合度和不确定环境下会出现滞后、精确度低、稳定性弱的情况;近年来随着智能控制技术以其自身的自适应、学习功能和容错机制等优点成为了解决机电控制系统问题的新趋势,智能控制技术可以根据系统的状态及外界的变化自行调节以达到复杂情况下

最佳控制器的效果从而大大提高了工作效率与稳定水平。以下是对智能控制技术应用于机电控制领域的相关研究,先说明了为何要在机电系统当中采用智能控制方式和技术以及智能控制技术的优点,然后介绍了智能控制的不同技术和方法,最后列举了几个典型的智能控制的应用实例说明其效果和可行性。可以作为未来机电控制项目智能化控制的重要理论依据和实践借鉴。

1 智能控制技术在机电控制系统中应用的必要性

现阶段的机电控制系统普遍面临复杂的运行过程与不确定的环境状况,已不再适合使用常规的控制手段达到高性能、高速度、高可靠性的控制效果。当前机电系统广泛应用于工业化生产、工程建设以及高科技仪器领域当中,面对着诸多复杂的情况如:多变量、非线性、强耦合性甚至是外界干扰等,但传统的控制方式大多建立在线性的条件上或者固定参数的情况下并不能适用于不断变动的实际工作条件。同时伴随着智能制造和工业4.0时代的到来,机电系统的自调节能力以及实时优化调整要求也在不断提升,传统的控制系统对于复杂的控制任务及其特殊的运行状态乃至是整个生产线上的生产过程都难以胜任。智能化控制方法通过采用自主学习、自主调节和智能化判断等功能使整个机电装置能自行识别周围的变化情况并自行调整其控制方案、依据以往的工作经验加以改进从而可以很好的解决非线性与时变等问题。所以智能化控制方法运用到机电控制环节的重要性不仅仅是针对控制本身的性能提升或者稳定性的改善而言,更是为现代工业化生产和建筑工程向智能型转变提供必要的技术支持以及可靠保障。

2 智能控制技术在机电控制系统中的优势

2.1 提升控制精度与系统稳定性

智能化控制技术可经由即时数据获取及回馈调整来对机电系统的各项重要指标加以精确掌控,大大提高了系统的准确度与可靠性。采用模糊处理、人工智能与自学习方式等手段的智能型控制系统可以在强非线性、时滞与时变和强关联的严峻环境下对系统的响应做出较为正确的估计并对系统予以调整,进而可以有效的减少偏差并降低系统的动荡情况,在精密制造、流水线作业及机器人操控等领域中这种精准操控十分必要,因为细微的差距会导致产品质量的下降或者机器本身的磨损程度加大,利用智能型控制使得机电产品在维持较高转速情况下兼具了输出过程的平稳可靠和精确无误,提高了整个项目的产品质量及其产品的生产产量。

2.2 优化生产效率与资源利用

智能化控制不仅追求高控制精度而且还可通过优化

系统的运行参数来加快生产节拍,节约原材料。复杂的制造环境中的机电一体化系统常常伴随着大量的能量和物料的消耗,通常的控制方式不能针对即时要求进行适时调节,就会导致能量和生产能力的浪费。基于对运动状态、负荷情况及周围条件的实时监测,智能化控制系统可自行调节系统工作状态,科学安排能量与物质分配以节省能耗。如对于数控机床或机器人的装配作业,通过智能化控制可对移动路线、切削轨迹、操作步骤加以规划以加速工件的处理过程并节约原材料,缩短了无用行程及等待时间从而使整个制造系统更快速、经济和绿色。

2.3 支持自动化与柔性生产

随着对工业自动化的柔性化生产的迫切需求的到来,智能控制技术给机电控制系统的提供了可靠的技术支持。利用自学习以及自决策算法,智能控制系统可以自行承担复杂工作的安排、实施与更改,实现自动化的处理以及自动化的生产线。对于柔性生产的不同产品加工任务和工艺,会经常产生变动,传统的控制方式很难作出及时的变动,使用智能控制技术可以在不停机的情况下对当前的生产任务以及机器情况等进行监测来动态的修改当前生产策略,这就让控制系统能迅速适应不同的产品及不同的工序要求。这种高度的自主性和灵活性使得控制系统更加适应新的产品、新任务以及新的环境的能力以及扩展性、反应的敏捷性都得到了较大的提升,这同时也给当今制造业以及建筑施工单位提供智能化的基础保证,从而使机电控制系统能够在如此复杂的环境中正常并且高效的运作。

3 智能控制技术类型及原理

3.1 分级控制系统

分层控制系统指针对复杂的机电系统中的控制系统依照层次对控制功能加以分割的一种智能控制系统,其主要思路就是对系统按照不同的层次加以拆分,每个控制层级对应不同程度复杂性的、不同颗粒度级别的控制问题,高级别层负责制定策略以及做出选择,中间层负责实施调控以及流程协调管理,基层则负责与控制器打交道,完成精细控制指令,这样的一种层次式控制系统可以有效的简化对于系统的控制难度使每个层次都可以各自独立工作并通过反馈来进行全局调整来保障整个系统在强非线性及多变量条件下的可靠运作,在机电产品上的应用上分级控制系统常被应用于各类复杂生产流水线、自动化工控机器设备以及大型机电机械设备之上并能因其模块化的控制机制而使得系统的工作效能和稳定性大大提高同时也易于后期的维修升级。

3.2 学习控制系统

自学习控制系统属于典型的智能控制方法,其主要特

点在于系统可以通过自身历史运行过程中的经验和当前的测量数据自己寻找控制规律来改善系统的性能,它使用自适应技术和最优化理论,通过反复探索、试探来寻找最优控制器从而达到控制复杂时变或高度非线性系统的目的,而在机电控制工程领域则经常用于数控机床与机器人的控制以及自动装配线调节等方面,通过对工作条件的变化、负载的变动以及其他一些外来扰动等影响因素进行识别并适应,使得机器能够在整个工作过程中始终寻求最理想的工作轨迹和最准确的操作定位。而这也正是控制系统从经验积累中具备的一种自学习功能,不但提升了整个系统的控制准确度与可靠性,也使得机器具有更强的环境适应力和自我恢复能力,这也是智能控制技术能够自动调节并寻优的一个重要体现方式。

3.3 专家控制系统

专家控制系统是以建立知识库、规则库的形式,将人的专家知识以及判断力转为具体实施控制策略的人工智能型控制系统,其可以根据当前实时的工作状态,在既有规则下进行推导判断并作出相应的精确控制动作以处理复杂机电设备。而在电气工程中,专家控制系统主要负责的是对机器的故障检测、维修选择以及复杂度高的任务操控等部分,它通过读取传感器上的参数与内部的知识库相对照对比从而迅速发现的问题并作出最好的应对方案。规则和经验相结合的系统控制方式使得该控制系统可以在复杂多变又存在大量不确定性的场合依然可靠地工作,降低了人为参与的需求,也提升了工程施建及后续产品的制造的安全系数与信赖程度。

3.4 神经网络控制系统

神经网络控制系统的架构及运作模拟了大脑神经元的功能和连接方式,在经过多层次的非线性变换以及特征学习以后完成对于较为复杂的机电产品的预测及控制的过程;它的基本思想就是在有训练样本以及学习算法的前提下,让这个网络具备描述输入量和输出量之间准确关系的能力从而解决以往常规控制技术无法解决的一些非线性、多变量的问题^[1]。在当前的机电控制工程技术领域当中,神经网络控制器主要是被用来对机器人的轨迹控制、精密切削以及对具有极高动态特性的设备进行调节,并通过对整个系统的状态以及周围环境状况的在线检测来达到自主地对有关控制参数进行调整的目的。如此这般自适应的控制策略一方面使得系统的反应速度得以加快、控制精度得到了增强,另一方面也使得系统对外部扰动更加不敏感,在复杂多变的工作环境中具有更强的适应性和稳定性。

4 智能控制在机电控制工程中的应用

4.1 工程机械系统应用

智能控制在工程机械行业的应用主要是液压控制系统、电机以及自动化的操作控制三个方面,在传统的工程机械中都是采用的人工操控以及固定的控制程序,面对复杂的建筑工地的施工环境经常会出现工作效率低以及精度差的情况^[2],而在加入智能控制技术之后机械设备会根据所承受的荷载大小、周围的工作环境、具体的施工作业主动地去对自身的运动参数进行调整达到自主化操作以及精准化控制的效果。比如,在智能的液压控制系统中利用了压力检测器、流量调节装置以及组合阀等设备实时动态调控液压执行单元的运行,从而使挖掘机、装载机、摊铺车等机器能够在不同的荷载状况、不同的地形条件下均能平稳可靠高效地开展运转;此外智能控制还借助了实时的数据监测、信息反馈,通过对工程机械的工作过程中的各项参数指标、作业时的各项荷载情况以及施工现场的各项条件等信息进行全面考察分析来预估机器可能出现的各种损坏、渗漏故障并及时作出检修调整减少机器的无计划停车状况发生次数。而且该控制系统还会形成一份施工的工作效率分析报表供工程项目的负责人参考以便更好的做出决策,因此不仅仅是提高了工程机械的操作效率与准确性还增加了机器的使用年限,合理分配了施工项目的机械资源,实现了整个项目施工过程的智能化管理控制。

4.2 数控加工与机床控制

在数控加工行业当中,智能化控制技术的有效应用可以有效的提高数控加工行业的加工精度以及数控加工效率同时还可以使得加工系统的稳定性有所增强。数控机床经常会出现高速运转的情况以及比较复杂的走位、同时还存在多个程序同时进行的工作情况,而传统的控制方式并不能很好的处理好工件形状不断变化、工件材质的不同与加工过程中产生的误差不断增加等问题,在数控机床中应用智能控制技术,例如采用自适应控制算法、模糊控制器以及神经网络控制等手段可以使数控机床依据自身的加工信息对自身切割速度、行走路线、进给速度和加工参数等做出及时的调节,以此来达到误差补偿的目的并完成动态调整;另外采用智能控制模式还可以配合线性的检测装置以及传感器的数据完成对于切削工具磨损量、机床振动状况以及切割时候受到的力量等情况的估计并且自动做出相应的改变,进而可以减少产品的废品率并保证自己可以生产出优质产品。智能控制系统应用于数控机床不仅提高了加工精度,而且赋予了系统自我适应能力和柔性制造的能力,同时通过对加工顺序以及机器负荷的合理安排使得产

量增加, 机器使用效率得到提高, 进而实现了生产要素的最佳化组合, 为当前的小批量多品种复杂化的产品生产提供强有力的技术支持^[3]。

4.3 机器人领域应用

在机器人控制系统中引入智能控制主要体现在机器人的运动控制, 轨迹跟踪, 协同作业以及环境的适应方面等。对于完成复杂的任务而言无论是工业机器人还是服务型机器人既要面临多个关节的同时运作又要解决多个传感器的信息采集还要应对周围的环境干扰情况等, 传统的控制方式很难做到精准快速高效地动态响应而应用了智能技术的控制器采用的人工神经网络以及模糊控制以及专家系统的智能方法可以即时对机器人的行为做出调整。机器人可以根据感应设备传输回来的信息自行调整自身的姿势、行走线路以及力量以提升操作的成功率和工作效率减少与其它物体之间发生碰撞的可能性从而减少机器人本身的损耗程度。举个例子, 在自动组装流水线上应用智能控制可以使机器人自己完成对工件的抓取、传输、安装等一系列过程并针对不同的生产任务进行相应的应对使得机器人控制系统能在复杂不断变化的工作环境中依旧保持高性能高可靠性的特点。

4.4 交流伺服系统应用

交流伺服系统是典型的机电控制工程产物, 在精密机械控制、自动化流水线以及高性能驱动装置中有广泛应用。智能化控制方法的应用让交流伺服系统具备了对被控对象进行精准的位置控制、速度控制和转矩控制的能力, 可实现实时响应迅速、控制准确; 通过对控制系统本身的状态变量在线监测, 配合相应的神经网络或者自适应控制计算, 可以让交流伺服系统自行调节内部电动机的参数设置, 改进驱动反应性能以及控制方式等, 进而降低震动幅度,

增强控制过程中的稳定特性并使得其在负载变化或是外界环境扰动的情况下仍具有良好的表现。此外运用基于智能控制算法的故障检测技术和预见性维修也使交流伺服系统具备对机器自身状况做出评估并提示的功能, 可以预警未来的可能发生的问题, 以增加机器的可靠度, 缩短出现故障时机的停工时间并且加速产品的产出速率。

5 结语

智能控制在机电控制系统中有很高的应用意义, 其可以有效地增强系统的精度、稳定性以及生产力, 合理利用资源, 还能进行自动控制和柔性制造等, 基于分级控制、学习控制、专家控制器和神经元网络控制器等各种智能化手段使机电装置能在复杂的非线性的场合下自我调整和实时优化, 极大地解决了常规控制系统存在的问题, 譬如工程机械、数控机床、机器人和交直流伺服系统等都是比较好的应用范例, 也充分说明了应用智能控制后能取得良好的性能指标, 有很好的质量和较高的可信赖度, 相信今后随着人工智能、大数据和物联网等研究工作的深入推进会进一步拓宽智能控制的应用范围, 从而使系统的高性能、高精度以及智能化得到根本保证。

[参考文献]

- [1]陈辉.智能控制技术在机电控制系统中的应用[J].电子技术,2024,53(4):214-215.
- [2]邓玲黎,沈侃,曹嘉佳.智能控制技术在机电控制系统中的应用[J].自动化应用,2023,64(6):93-95.
- [3]张钦.智能控制技术在机电控制系统中的应用[J].大众标准化,2024(7):131-133.

作者简介: 韩洲亮 (1991.5—), 男, 毕业院校: 内蒙古科技大学, 所学专业: 控制工程, 当前就职单位: 河北钜昇科技有限公司, 职称级别: 中级工程师。