

机电一体化智能控制理论及应用探索

蒋云猛¹ 吴麟²

1.安徽明生电力工程咨询有限公司; 2.安徽明生电力投资集团有限公司

DOI: 10.12238/jpm.v6i2.7715

[摘要] 本文深入探讨了机电一体化智能控制理论,详细阐述了多种智能控制方法及其在机电一体化系统中的应用原理与优势。通过对模糊控制、神经网络控制、专家系统控制等典型智能控制技术的研究,结合实际案例分析了它们在工业机器人、数控机床、自动化生产线等机电一体化设备中的应用效果。旨在为机电一体化领域的技术创新与发展提供全面的理论依据和实践参考,推动机电一体化智能控制技术的进一步推广与应用。

[关键词] 机电一体化; 智能控制理论; 应用探索

Exploration of mechatronics intelligent control theory and application

Jiang Yunmeng¹ Wu Lin²

1.Anhui Mingsheng Electric Power Engineering Consulting Co., LTD;

2.Anhui Mingsheng Electric Power Investment Group Co., LTD

[Abstract] This paper deeply explores the intelligent control theory of mechatronics and elaborates on various intelligent control methods as well as their application principles and advantages in mechatronics systems. Through the research on typical intelligent control technologies such as fuzzy control, neural network control, and expert system control, and combined with practical case analyses, it examines their application effects in mechatronics equipment such as industrial robots, CNC machine tools, and automated production lines. The aim is to provide a comprehensive theoretical basis and practical reference for the technological innovation and development in the field of mechatronics and promote the further popularization and application of intelligent control technology in mechatronics.

[Key words] Mechatronics; Intelligent control theory; Application exploration

机电一体化是一门融合了机械工程、电子技术、计算机科学等多学科知识的综合性技术领域。随着科技的不断进步,传统的控制方法已难以满足机电一体化系统日益复杂的控制需求。智能控制理论的出现为机电一体化系统的优化控制提供了新的途径和方法。它能够使机电一体化系统具备自学习、自适应、自组织等智能特性,从而提高系统的控制精度、响应速度、可靠性和灵活性,在现代制造业、航空航天、智能交通等众多领域发挥着越来越重要的作用。

一、机电一体化智能控制理论基础

(一) 模糊控制理论

模糊控制是基于模糊集理论、模糊语言变量和模糊逻辑推

理的一种智能控制方法。它不需要精确的数学模型,而是通过将操作人员的经验和专家知识转化为模糊规则,对系统进行控制。例如,在温度控制系统中,将温度的“高”“中”“低”等模糊概念与相应的控制动作(如加热功率的“大”“中”“小”)建立模糊规则。模糊控制器根据输入的模糊化后的温度偏差和偏差变化率,通过模糊推理得到控制输出的模糊量,再经过清晰化处理得到精确的控制信号。模糊控制适用于具有不确定性、非线性和时变特性的系统,能够有效地改善系统的动态性能和鲁棒性。

(二) 神经网络控制理论

神经网络控制是利用人工神经网络的学习和逼近能力来

实现对机电一体化系统的控制。神经网络具有大规模并行处理、分布式存储、自学习和自适应等特点。通过对大量样本数据的训练，神经网络可以学习到系统的输入输出关系，从而对未知的输入产生合适的输出。例如，在机器人轨迹跟踪控制中，可以构建一个神经网络，将机器人的当前位置、速度等信息作为输入，将期望的控制信号作为输出。神经网络在训练过程中不断调整权值，以最小化输出与期望输出之间的误差。神经网络控制能够处理复杂的非线性系统，具有很强的泛化能力和容错性。

（三）专家系统控制理论

专家系统控制是将专家的知识 and 经验以规则的形式存储在知识库中，然后根据系统的当前状态和控制目标，通过推理机进行推理和决策，产生控制策略。专家系统由知识库、推理机、数据库、解释器和人机接口等组成。在机电一体化设备的故障诊断与维修中，专家系统可以根据设备的故障现象、运行参数等信息，在知识库中搜索匹配的故障原因和解决方案。专家系统控制能够充分利用人类专家的智慧，解决复杂的控制问题，提高系统的智能化水平和可靠性^[1]。

二、机电一体化智能控制在典型设备中的应用

（一）工业机器人中的应用

在工业机器人领域，智能控制发挥着关键作用。对于运动控制而言，由于工业机器人的运动轨迹极为复杂，且对精度与速度要求极高，模糊控制和神经网络控制大显身手。模糊控制可依据机器人负载变化、关节摩擦力等不确定因素动态调整控制参数。例如，当机器人抓取重物时，负载增加，模糊控制能迅速感知并改变关节运动参数，确保运动平稳精准。神经网络控制则凭借对不同任务运动模式的学习，实现自适应轨迹跟踪。在不同的工作场景下，机器人能快速适应，如在狭小空间内的装配任务或开阔场地的搬运任务中，都能精准完成运动轨迹规划。在力控制方面，机器人在装配、打磨等作业时，精确控制末端执行器与工件间的接触力至关重要。专家系统控制结合力传感器反馈信息，依据作业任务与工件特性制定策略^[2]。如精密装配微小零件时，专家系统依据零件公差要求、装配顺序等知识，精准控制机器人施加装配力，有效避免零件损坏与装配失误，保障装配作业的高质量完成，提高产品合格率与生产效率。

（二）数控机床中的应用

数控机床的加工精度是衡量其性能的关键指标，直接关乎产品质量。神经网络控制在补偿机床热变形、几何误差等影响

加工精度的因素方面成效显著。通过构建神经网络模型，以机床温度、位移等传感器数据为输入，刀具补偿量为输出，能实时预测并补偿加工误差。例如，在长时间连续加工过程中，机床因发热产生热变形，神经网络可根据温度变化及时调整刀具位置，确保加工精度。模糊控制则针对机床进给速度、主轴转速等参数优化调控。在加工不同材质、不同形状工件时，模糊控制可根据工艺要求，动态调整参数，提高加工表面质量并提升加工效率，减少加工时间与成本。在故障诊断与预警方面，专家系统控制意义非凡。其知识库存储大量数控机床故障模式、原因与解决方法。机床异常运行时，专家系统依据采集的电气参数、机械振动等信息诊断定位故障，并提供维修建议。如机床主轴转速异常波动，专家系统可迅速判断是电机故障还是传动系统问题，并给出相应维修方案。同时，通过实时监测分析运行数据，专家系统能预测潜在故障，提前预警，如预测刀具磨损程度，提前通知更换刀具，减少机床停机时间，降低维修成本，提高机床利用率。

（三）自动化生产线中的应用

在自动化生产线中，物料搬运与分拣控制以及生产线协调控制均借助智能控制技术得以高效实现。对于物料搬运和分拣系统，模糊控制在物料搬运机器人的路径规划与避障控制方面发挥关键作用，使其于复杂生产环境下可快速且安全地搬运物料^[3]；神经网络控制则应用于物料分拣系统的图像识别与分类，凭借对大量物料图像的学习，精准辨别不同种类物料并操控分拣装置将其置于相应位置。而专家系统控制主导着自动化生产线的整体协调控制，依据生产线工艺流程、设备状态及生产任务制定适宜的生产计划与设备调度方案，以汽车装配生产线为例，专家系统依据不同车型装配工艺要求，妥善安排机器人、输送机、装配工具等设备的工作次序与时间，有效提升生产线生产效率并保障产品质量，促使自动化生产线各环节紧密协作，稳定有序运行。

三、机电一体化智能控制面临的挑战与发展趋势

（一）面临的挑战

机电一体化智能控制面临着诸多挑战。在智能控制算法的优化与融合方面，尽管现有模糊控制、神经网络控制和专家系统控制等算法在机电一体化系统已有所应用，可单一算法均有不足。要实现对这些算法的优化融合并非易事，比如在复杂机电一体化系统里，精准界定不同算法的适用范围以及切换条件极具挑战性，这却是达成系统最优控制的关键。智能控制系统

下转第 159 页

6、推动远程监控,提升电力系统管理效率

工作人员要加强电力系统基础设施的智能化建设,全面部署能够进行远程监控的设备和系统。远程监控不仅要求具备高效的数据采集能力,还需要将采集到的数据及时、准确地传输至中央控制平台,以便实现对整个电力系统的实时监控和管理。在这一过程中,机电一体化技术发挥了至关重要的作用^[4]。通过集成智能传感器、执行器、通信模块等多种硬件设备,电力系统的每一部分都能够被实时监测,从电力设备的运行状态到环境条件的变化,所有数据都能及时反馈给控制中心。这些数据的采集和传输需要具备高频率、高精度以及高可靠性的特点,确保任何细微的变化都能够被及时捕捉并进行处理。在数据传输完成后,中央控制平台则利用数据分析和处理技术,对采集到的大量数据进行实时分析、比对与判断。这一分析过程不仅包括对设备运行状态的监控,还涉及对电力负荷、电网波动等因素的综合分析,帮助管理人员提前识别潜在的风险和问题。远程监控技术的实施要求平台具备强大的数据处理能力和智能决策功能,能够对电力系统的运行状态进行全面诊断并生成相关报告,为管理人员提供科学的决策支持。为了进一步提升电力系统管理效率,远程监控平台还需具备灵活的报警系统,当系统出现异常或设备出现故障时,能够第一时间发出预警信号,帮助相关人员及时采取应对措施,避免事故的发生。

上接第 156 页

的可靠性与稳定性也亟待提升,机电一体化系统多处于复杂恶劣工业环境,智能控制算法复杂且依赖计算机硬件,易引发故障或不稳定状况,像神经网络训练时可能产生的过拟合或陷入局部最小值问题,会严重干扰系统控制性能,所以确保其可靠性与稳定性是系统正常运行的核心要点。此外,智能控制技术成本高昂,研发与应用需大量资金人力投入,使得中小企业望而却步,限制了其普及程度,故而降低成本、提升性价比成为推动智能控制技术广泛应用的重要突破口。

(二) 发展趋势

1. 多智能体系统的应用

多智能体系统是由多个智能体组成的分布式系统,每个智能体具有自主的感知、决策和行动能力。在机电一体化领域,多智能体系统可用于大型复杂机电设备的分布式控制和协同工作。例如,在智能工厂中,不同的机器人、数控机床、传感器等设备可作为智能体,通过相互协作完成生产任务。多智能体系统能够提高系统的灵活性、适应性和可扩展性,是未来机电一体化智能控制的一个重要发展方向。

2. 人机协作智能控制

随着人机协作技术的发展,机电一体化系统将更加注重人机之间的交互与协作。智能控制技术将使机电设备能够更好地理解人类的意图和指令,实现更加自然、高效的人机协作。例如,在医疗康复机器人中,机器人可以根据患者的生理信号和动作意图,提供个性化的康复训练方案,同时患者也可以通过简单的操作控制机器人的运动。人机协作智能控制将拓展机电一体化系统的应用领域,提高人类的生产和生活质量^[4]。

3. 智能控制与物联网、大数据、云计算的融合

在大规模电力系统中,电力设备和设施分布广泛,传统的人工巡检和管理方式无法满足实时、精准、高效的管理需求。通过建立统一的远程监控网络,能够在不同地域、不同层级之间实现信息的共享与协同,减少人工干预的同时提高管理的及时性和准确性。

结束语:

综上所述,机电一体化技术在电力系统中的应用,可以有效提升电力系统的运行效率,为实现电力系统的智能化管理提供有力支持。随着科技的持续发展,机电一体化技术的应用范围必将更加广泛。未来,电力系统将朝着更加高效的方向发展,而机电一体化技术将在这一进程中发挥更加重要的作用。

[参考文献]

- [1]陈芳.电工电子技术在电力系统的应用与探究[J].科技风,2022,(30):53-55.
- [2]洪金兵.机电一体化在电力行业中的应用[J].光源与照明,2021,(12):138-139.
- [3]杨文娟.电力行业机电一体化技术应用研究[J].中国科技投资,2021,(09):120-121.
- [4]孟凡喜.机电一体化技术在电力行业中的应用分析[J].城市建设理论研究(电子版),2020,(09):4.

物联网、大数据、云计算等新兴技术的快速发展为机电一体化智能控制提供了新的机遇。通过物联网技术,机电一体化系统中的各种设备可以实现互联互通,实时采集和传输大量的数据。利用大数据技术对这些数据进行分析 and 挖掘,可以为智能控制提供更丰富的信息和决策依据。云计算技术则可以为智能控制算法的计算和存储提供强大的支持。智能控制与物联网、大数据、云计算的融合将实现机电一体化系统的智能化、网络化和信息化,推动机电一体化产业的转型升级。

四、结论

机电一体化智能控制理论及应用的研究对于推动机电一体化技术的发展具有重要意义。模糊控制、神经网络控制、专家系统控制等智能控制方法在工业机器人、数控机床、自动化生产线等机电一体化设备中展现出了独特的优势和应用前景。然而,机电一体化智能控制仍面临着算法优化融合、可靠性稳定性提升、成本降低等诸多挑战。未来,随着多智能体系统、人机协作智能控制以及智能控制与物联网、大数据、云计算融合等发展趋势的推进,机电一体化智能控制技术将不断创新和完善,为现代制造业和其他领域的发展提供更加强有力的技术支持。

[参考文献]

- [1]位大亮,吕东伟.基于智能控制的机电一体化技术应用研究[J].造纸装备及材料,2024,53(10):100-102.
- [2]汪涛.智能控制在矿山机电一体化系统中的应用[J].中国高新科技,2024,(05):71-73.
- [3]王进照.工程机械机电一体化技术的应用与发展探索[J].河北农机,2021,(12):84-85.
- [4]杨文娟.工程机械机电一体化技术的应用与发展探索[J].内燃机与配件,2021,(05):188-189.