

自动控制理论在火电厂热工自动化中的应用研究

班雪强

国家能源集团国能亿利电厂 内蒙古 鄂尔多斯 014300

摘要: 本文探讨了自动控制理论在火电厂热工自动化中的实际应用与未来发展。通过对给水自动调节、汽包水位三冲量控制、主蒸汽压力自动调节、汽轮机自动控制及燃烧系统自动控制等关键环节的深入分析,揭示了自动控制理论对提高火电厂运行效率、安全性和可靠性的重要作用。同时,文章还展望了智能控制理论、新型传感器与执行机构以及自动化控制系统集成与优化等未来发展趋势,为火电厂的智能化、高效化和环保化发展提供理论依据和技术参考。

关键词: 自动控制理论; 火电厂; 热工自动化; 应用分析

引言: 火电厂作为电力供应的重要来源,其运行效率和环保性能备受关注。热工自动化作为提高火电厂性能的关键技术之一,近年来得到了快速发展。自动控制理论作为热工自动化的核心支撑,通过精确的数学模型和先进的控制算法,实现了对火电厂各热力系统的智能调控。随着火电厂运行环境的日益复杂和变化,自动控制理论在火电厂热工自动化应用中也面临着诸多挑战。本文旨在探讨自动控制理论在火电厂热工自动化中的具体应用及其未来发展,为火电厂的智能化转型提供有力支持。

1 火电厂热工自动化系统概述

火电厂热工自动化系统基于热功率测量、自动控制、信息处理、故障报警和自动保护等技术,实现了无人化操作。该系统包括热工检测、自动调节、程序控制、自动保护和控制计算机等部分。热工检测系统通过自动化仪表监测并记录温度、压力等热工参数,为机组的正常运转和成本核算、事故分析提供数据支持。自动调节系统根据机组运行的环境条件和参数变化,自动调节以保证机组良好运行。程序控制系统负责机组启停过程中的控制,避免产生热应力影响机组寿命。自动报警和自动保护系统则确保在检测到异常时,及时采取措施防止设备进一步损坏和人员伤亡。随着科技进步,分布式控制系统、可视化技术、计算机技术、智能化技术和自动化技术等被广泛应用于火电厂的安全技术改造中,提高了发电质量与效率,并增强了通信接口的识别与数据共享管理能力。

2 自动控制理论在火电厂热工自动化应用中存在的问题

2.1 模型不确定性问题

在火电厂热工自动化系统中,自动控制理论的应用

常常面临模型不确定性问题。由于火电厂的热工过程复杂多变,涉及多个变量和参数,这些变量和参数之间的关系往往难以用精确的数学模型来描述^[1]。在实际应用中,控制系统可能无法准确预测和应对各种工况变化,导致控制效果不佳,火电厂运行条件的变化和不确定性,如燃料品质的变化、环境温度的波动等,也会增加模型的不确定性,进一步影响控制系统的稳定性和可靠性。

2.2 控制系统的适应性问题

自动控制理论在火电厂热工自动化应用中的另一个问题是控制系统的适应性。由于火电厂的运行环境复杂多变,控制系统需要具备良好的自适应能力,以便在各种工况下都能保持稳定的控制效果。现有的控制系统往往难以完全适应所有工况的变化,特别是在锅炉压力变化较大、自平衡能力较差等情况下,控制系统的稳定性和可靠性可能会受到影响。一些火电厂的工作人员缺乏足够的专业能力,导致在调整燃烧周期、控制系统参数等方面出现问题,进一步加剧了控制系统的适应性问题。

2.3 控制算法的复杂性与实时性矛盾问题

在火电厂热工自动化系统中,控制算法的复杂性与实时性之间存在矛盾。为了提高控制系统的精度和灵敏度,往往需要采用复杂的控制算法。这些复杂的算法在实际应用中可能会带来计算量大、实时性差等问题。特别是在火电厂这种对实时性要求极高的场合,如果控制算法的计算时间过长,可能会导致控制系统无法及时响应工况变化,从而影响发电质量和效率。如何在保证控制精度的同时提高算法的实时性,是自动控制理论在火电厂热工自动化应用中需要解决的一个重要问题。

3 自动控制理论在火电厂热工自动化中的具体应用

3.1 给水自动调节

在火电厂的汽水系统中,给水自动调节对于维持汽

包水位的稳定至关重要。传统的给水调节方式往往依赖于运行人员的经验判断和手动操作,这不仅难以实现精确控制,而且难以应对快速变化的工况。自动控制理论的引入,尤其是先进的PID(比例-积分-微分)控制系统的应用,使给水调节变得更加精确和高效^[2]。PID控制系统通过实时监测汽包水位的变化,并根据水位偏差、偏差变化率等信息,计算出合适的控制信号,自动调整给水泵的转速或给水阀门的开度,以保持汽包水位在设定值附近波动。这种控制方式不仅能够快速响应水位的变化,而且能够实现较为稳定的控制效果。以某火电厂为例,该电厂在给水系统中采用了先进的PID控制系统。通过精确的水位测量和快速的信号处理,控制系统能够实时调整给水泵的转速,将汽包水位的波动范围从原来的 $\pm 50\text{mm}$ 降低到了 $\pm 10\text{mm}$ 。这不仅显著提高了锅炉运行的稳定性,而且降低了由于水位波动引起的安全隐患。另外, PID控制系统还具备自适应调节能力,能够根据机组运行工况的变化,自动调整控制参数,以保持最佳的控制效果。这种智能化的调节方式,使得给水自动调节系统更加适应火电厂复杂多变的运行环境。

3.2 汽包水位三冲量控制

汽包水位三冲量控制是一种更为先进的控制策略,它结合了给水流量、蒸汽流量和汽包水位三个信号,对给水流量进行精确控制。这种控制策略能够更有效地应对火电厂运行过程中可能出现的各种工况变化,从而保持汽包水位的稳定。在汽包水位三冲量控制系统中,给水流量作为直接控制量,蒸汽流量作为前馈信号,用于提前调整给水流量以应对蒸汽流量的变化,而汽包水位则作为反馈信号,用于修正给水流量的控制偏差。通过实时监测这三个信号,控制系统能够更准确地判断汽包水位的变化趋势,并采取相应的控制措施。三冲量控制系统的优势在于其能够综合考虑多个因素,实现对汽包水位的精准控制。由于给水流量和蒸汽流量都是实时测量的,因此控制系统能够迅速响应负荷变化,提前调整给水流量,从而避免了水位的大幅波动。同时,汽包水位作为反馈信号,能够修正给水流量的控制偏差,确保水位始终保持在设定范围内。三冲量控制系统还具备自我诊断和故障预警功能;当系统检测到某个传感器或执行器出现故障时,会自动触发故障预警,提醒运行人员及时处理。这种智能化的监测和预警功能,大大提高了系统的可靠性和安全性。

3.3 主蒸汽压力的自动调节

主蒸汽压力是火电厂运行过程中的另一个关键参数。它直接影响到锅炉的安全运行和发电效率。自动控

制理论在主蒸汽压力调节中的应用,可以实现对蒸汽压力的精确控制,从而提高发电效率和安全性。先进的自适应控制算法是主蒸汽压力自动调节的核心。这种算法能够根据锅炉的实际运行工况,自动调整燃料供应量、给水量等参数,以保持蒸汽压力的稳定。自适应控制算法具有强大的学习能力和适应性,能够实时跟踪机组负荷的变化,并自动调整控制策略,以适应新的运行工况。自适应控制算法的优势在于其能够实时调整控制策略,以适应机组负荷的频繁变化。这种智能化的调节方式,不仅提高了蒸汽压力的稳定性,而且降低了运行人员的劳动强度。同时,由于蒸汽压力的稳定,锅炉的热效率和安全性也得到了显著提升。

3.4 汽轮机自动控制

自动控制理论在汽轮机控制中的应用,可以实现对汽轮机转速、功率等参数的精确控制,从而提高其运行效率和稳定性。先进的数字电液控制系统(DEH)是汽轮机自动控制的核心。这种系统通过实时监测汽轮机的转速、功率等参数,并根据设定值和实际值的偏差,自动调整汽阀的开度和调节级压力等参数,以保持汽轮机的稳定运行。DEH系统具有高精度、高可靠性和高自动化的特点,能够实时跟踪机组负荷的变化,并自动调整控制策略以适应新的运行工况。以某火电厂的汽轮机为例,该汽轮机采用了先进的DEH系统。通过实时监测汽轮机的转速、功率等参数,控制系统能够自动调整汽阀的开度和调节级压力等参数,以保持汽轮机的稳定运行。在实际运行中,即使在负荷快速变化的情况下,汽轮机的转速和功率也能被控制在设定值附近波动。这不仅提高了机组的稳定性,而且降低了运行人员的劳动强度。DEH系统的优势在于其能够实现汽轮机的精确控制和自动调节。通过实时监测和精确计算,控制系统能够迅速响应负荷变化并采取相应的控制措施。同时,DEH系统还具备故障预警和自我保护功能。当系统检测到某个传感器或执行器出现故障时,会自动触发故障预警,并采取相应的保护措施,以防止故障扩大对汽轮机造成损害。这种智能化的监测和保护功能,大大提高汽轮机的可靠性和安全性^[3]。

3.5 燃烧系统的自动控制

燃烧系统是火电厂中的另一个重要部分,其稳定性和效率直接影响到发电效率和环保性能。自动控制理论在燃烧系统中的应用,可以实现对燃料供应量、空气流量等参数的精确控制,从而提高燃烧效率和降低污染物排放。在燃烧系统的自动控制中,通常采用基于模型预测控制(MPC)或自适应控制算法的策略。这些算法可

以根据锅炉的实际运行工况和负荷需求,自动调整燃料供应量和空气流量等参数,以保持燃烧过程的稳定和高效。例如,某火电厂在燃烧系统中采用了基于MPC的控制系统。该系统通过实时监测锅炉的燃烧状态、烟气成分等参数,并根据设定值和实际值的偏差,自动调整燃料供应量和空气流量等参数,以保持燃烧过程的稳定和高效。同时,该系统还可以根据烟气中的污染物浓度,自动调整燃烧策略以降低污染物排放。MPC控制系统的优势在于其能够预测未来的燃烧状态并提前采取相应的控制措施。这种预测性的控制方式,不仅提高了燃烧过程的稳定性和效率,而且降低了污染物排放和能源消耗。

4 自动控制理论在火电厂热工自动化中的未来发展趋势

4.1 智能控制理论的发展与应用前景

智能控制理论作为自动控制领域的一个重要分支,其发展和应用前景在火电厂热工自动化中尤为突出。传统的控制方法往往依赖于精确的数学模型和固定的控制策略,难以应对复杂、不确定和动态变化的系统环境。而智能控制理论则更加注重对系统行为的学习和适应,能够实现对复杂系统的有效控制。在未来,智能控制理论将更加注重对深度学习和强化学习等先进算法的应用。这些算法具有强大的数据处理和学习能力,可以自动调整控制参数以适应系统环境的变化。例如,通过引入深度学习算法,智能控制系统可以实现对火电厂运行数据的深入挖掘和分析,发现潜在的故障和性能瓶颈,从而提前采取相应的控制措施。而强化学习算法则可以通过模拟和试错的方式不断优化控制策略,提高系统的控制性能和鲁棒性。

4.2 新型传感器与执行机构的应用与发展

传感器和执行机构是自动控制系统的关键组成部分,其性能直接影响到系统的控制精度和稳定性。通过采用先进的材料和制造工艺,可以制造出更高精度、更耐用的传感器和执行机构。例如,光纤传感器、激光测距仪等高精度传感器可以实现对火电厂关键参数的实时监测和精确测量;而电磁执行机构、智能阀门等新型执行机构则可以实现对控制信号的快速响应和精确执行。

同时,新型传感器与执行机构还将更加注重智能化的发展^[4]。通过集成智能芯片和通信模块,这些设备可以实现远程监控、故障诊断和自动校准等功能;这不仅可以提高设备的可靠性和维护效率,还可以实现对系统状态的实时监测和预警,为火电厂的安全运行提供有力保障。

4.3 自动化控制系统的集成与优化

自动化控制系统的集成与优化将更加注重标准化、模块化和智能化的发展。通过采用统一的通信协议和数据格式等标准化手段,可以实现不同设备和系统之间的无缝连接和信息共享。这不仅可以提高系统的兼容性和可扩展性,还可以降低系统的建设和维护成本。同时,模块化设计将成为自动化控制系统的重要发展方向。通过将系统划分为不同的功能模块和组件,可以根据实际需求灵活配置和扩展系统功能。这种模块化的设计方式不仅可以提高系统的灵活性和可扩展性,还可以降低系统的复杂性和维护难度。

结束语

综上所述,自动控制理论在火电厂热工自动化中发挥着重要作用,其应用不仅提高了火电厂的运行效率、安全性和可靠性,还为火电厂的智能化、高效化和环保化发展提供有力支撑。随着智能控制理论、新型传感器与执行机构以及自动化控制系统集成与优化等技术的不断发展,自动控制理论在火电厂热工自动化中的应用前景将更加广阔。未来,会有更多创新性的自动控制技术和策略在火电厂中得到广泛应用,共同推动电力行业的持续进步与发展。

参考文献

- [1]邹子锋.自动控制理论在火电厂热工自动化中的应用研究[J].中国设备工程,2021(1):217-219.
- [2]王冬生.火电厂热工自动化中自动控制理论及实际应用研究[J].应用能源技术,2020(10):14-16.
- [3]魏志青.自动控制理论在火电厂热工自动化中的应用研究[J].建材发展导向(上),2021,19(1):149-150.
- [4]黄晓峰.火电厂热工自动化中自动控制理论的应用[J].南方农机,2021,49(22):85.