火力发电厂自动控制技术探讨

韦 征 赵梓裕 梁天笑 孙玺滨 于 治

华能国际电力股份有限公司丹东电厂 辽宁 丹东 118300

摘 要：在能源领域，火力发电长期占据着举足轻重的地位，为社会稳定供电提供了关键支撑。本文围绕火力发电厂自动控制技术展开探讨。首先概述了相关技术情况，接着详细阐述了热工自动化控制、协调控制系统、顺序控制系统以及自动发电控制等主要自动控制技术的原理、功能与实现方式等内容。此外，还对火力发电厂自动控制技术的发展趋势进行分析，涵盖智能化控制技术深入应用、与物联网融合、网络安全防护加强以及绿色低碳与自动化协同发展等方面。旨在通过全面剖析，为提升火力发电厂自动化水平及可持续发展提供参考依据。

关键词：火力发电厂；自动控制；技术探讨

引言：火力发电在我国电力供应体系中占据重要地位，其运行效率与安全性至关重要。随着科技的不断进步，自动控制技术在火力发电厂中的应用日益广泛且深入。从传统的简单参数调节到如今复杂的多系统协同控制，自动控制技术已然成为保障火力发电厂稳定、高效运行的关键所在。合理运用并不断优化这些技术，不仅能提高发电效率、降低人工成本，更是契合当下电力行业高质量、可持续发展的必然要求，因此对其展开探讨极具现实意义。

1 火力发电厂自动控制技术概述

火力发电厂自动控制技术是现代电力工业中的重要组成部分，它通过对火电厂的生产活动进行自动化监测和控制，有效提升了电力生产的效率和安全性。第一，该技术主要依赖于先进的传感器、控制系统和执行机构，能够实时检测和测量各种物理量、化学量以及生产设备的工作状态参数。这些数据被用来监视生产过程的进行情况和趋势，以便及时调整生产，保证生产的正常进行。同时，自动控制系统还具备自动保护功能，能够在发生事故时及时启动，防止事故的进一步扩大，保护生产设备不受更严重的破坏。第二，在火力发电厂中，自动控制系统广泛应用于锅炉、汽轮机和发电机等主要设备的控制。例如，通过精确控制燃料的供给和空气的流量，可以优化燃烧过程，提高锅炉的热效率。此外，自动控制系统还可以对汽轮机的转速、功率和蒸汽压力等关键参数进行精确控制，以确保发电机的稳定运行和电力输出的质量^[1]。

2 火力发电厂主要自动控制技术

2.1 热工自动化控制

2.1.1 温度控制

在火力发电厂的热工自动化控制体系中，温度控制

起着至关重要的作用。众多设备和环节都对温度有着严格要求，比如锅炉的炉膛温度、过热蒸汽温度等。温度控制是通过专门的温度传感器来实现的，常见的热电偶、热电阻等传感器被安装在关键部位，它们能够高精度、实时地采集温度信息，并将其传递给控制系统。控制系统一般采用先进的控制算法，像经典的比例 - 积分 - 微分（PID）算法或者在此基础上改进的智能控制算法。当检测到温度偏离设定值时，比如过热蒸汽温度过高，控制系统会迅速做出反应，通过调节减温水流量、调整燃料供给量或者改变送风量等手段，精准地对温度进行调节，使其恢复到合适的范围。精准的温度控制不仅能保障蒸汽品质，使其符合后续汽轮机的进气要求，还能避免因温度过高或过低对设备造成损坏，延长设备使用寿命，确保整个发电过程的稳定、高效运行。

2.1.2 压力控制

压力控制在火力发电厂热工自动化控制中占据关键地位，关乎整个发电系统的安全与稳定运行。像锅炉汽包内的压力、主蒸汽压力等参数，必须严格控制在规定范围内。首先，压力传感器分布在相应的管道、容器等关键位置，时刻监测压力的实时数值，并将信号传输给控制系统。一旦压力出现异常变化，控制系统就会依据预设的控制策略进行调节。例如，当主蒸汽压力下降时，控制系统会通过调节汽轮机的调节阀开度，适当减小蒸汽流量，同时增加锅炉的燃烧率，促使更多的水转化为蒸汽，从而提升压力。在一些复杂工况下，还会结合模糊控制、自适应控制等智能算法，更灵活、精准地应对压力的波动，防止因压力过高引发爆炸等安全事故，或者压力过低导致汽轮机效率降低等问题，保障发电系统的正常运转。

2.1.3 流量控制

对于火力发电厂来说,流量控制是确保各生产环节协调、稳定运行的关键部分,涵盖了给水流量、蒸汽流量等多个重要方面。流量控制依靠各类先进的流量测量仪表,如电磁流量计、孔板流量计等,它们被安装在相应的管道上,准确地获取实时流量数据,并反馈给控制系统。以给水流量控制为例,控制系统会综合考虑锅炉的水位、蒸发量以及当前的运行负荷等因素,通过调节给水泵的转速、控制给水管道上调节阀的开度等方式,精确地调整给水流量,使其既能满足锅炉正常蒸发产生蒸汽的需求,又能维持锅炉水位处于合理区间,避免出现缺水或满水等危险情况。同样,对于蒸汽流量,会根据汽轮机的功率需求以及整个电网的负荷变化,精准控制蒸汽的输出量,保障能量的合理分配和利用,进而提高火力发电厂的发电效率和整体运行效益。

2.2 协调控制系统(CCS)

2.2.1 基本原理

协调控制系统(CCS)旨在实现火力发电厂中锅炉与汽轮机的协同运行,其基本原理是将机炉作为一个统一整体来考虑。它依据电网负荷需求以及机组自身的运行状态,对关键参数进行综合调控。通过实时监测和分析主蒸汽压力、机组功率等指标,协调改变锅炉的燃烧率、给水量,以及汽轮机的进汽量等操作。例如,当电网负荷增加时,系统会指挥锅炉加大燃料投入、增加送风量和给水量,促使产生更多蒸汽,同时让汽轮机相应增大进汽量,以提升机组功率,且在整个过程中维持主蒸汽压力稳定,避免出现大幅度波动影响设备安全和发电效率,从而保障机组在满足负荷变化要求的同时,各部分稳定、高效地协同工作。

2.2.2 控制模式

协调控制系统存在多种控制模式。以锅炉跟随为基础的协调控制模式中,汽轮机先按负荷指令调节进汽量,随后锅炉调节燃烧率等维持主蒸汽压力。汽轮机跟随为基础的协调控制模式与之相反,锅炉先调整燃烧率等参数,汽轮机再调节进汽量来保证机组功率。机炉综合协调控制模式则融合了二者的优势,可依据不同的工况灵活切换、优化控制策略,无论是负荷频繁变动还是稳定运行阶段,都能更好地实现机炉的协调配合,提升机组整体性能^[2]。

2.3 顺序控制系统(SCS)

2.3.1 功能与作用

顺序控制系统(SCS)在火力发电厂中有着不可或缺的功能与重要作用。其核心功能在于确保众多设备按照预先设定好的顺序有条不紊地进行启动、停止以及运行

过程中的切换操作。在火力发电厂复杂的生产流程里,比如锅炉的启动阶段,它会严格按照既定顺序,先启动引风机,为炉膛创造合适的负压环境,接着启动送风机,保障炉膛内有充足的空气,随后点燃燃料等,这样一步步精准有序的操作能有效避免因设备启动顺序不当引发的诸如炉膛爆炸、设备损坏等严重安全事故。在设备停止时,同样依照合理顺序,先关停相关的动力源、切断物料供应等,逐步让设备安全平稳地过渡到停机状态。而且在设备运行期间进行切换操作时,例如备用泵切换为主用泵工作,顺序控制系统也能准确无误地完成切换流程,保障整个发电过程的连续性和稳定性,极大地提高了火力发电厂运行的安全性与可靠性。

2.3.2 系统构成

顺序控制系统(SCS)主要由三个关键部分构成。首先是控制逻辑部分,这通常采用可编程逻辑控制器(PLC)或分散控制系统(DCS)中的顺序控制功能模块来编写控制程序。编程人员依据设备的操作要求、工艺流程以及安全规范等,将设备启动、停止、切换等操作的先后顺序和触发条件等逻辑关系编写进去,相当于为整个系统制定了行动规则。其次是操作界面部分,它是运行人员与顺序控制系统交互的窗口。运行人员能通过该界面下达操作指令,比如启动某台设备或者进行切换操作等,同时也能实时监控设备当前的状态,查看各步骤是否按预定顺序执行,方便及时发现并处理异常情况。最后是现场执行设备部分,包含电动阀门、电动机、电磁阀等各类执行元件。它们接收来自控制逻辑部分的指令,将电信号等转化为实际的机械动作,如电动阀门按照指令开启或关闭,电动机带动设备转动等,从而完成实际的设备操作,保障整个顺序控制系统功能的实现。

2.4 自动发电控制(AGC)

2.4.1 电网负荷调节需求

随着现代社会对电能质量要求的不断提高以及电网规模持续扩大,电网负荷调节需求变得愈发关键,这也凸显了自动发电控制(AGC)的重要性。一方面,电网的用电负荷时刻处于动态变化中,不同时段,如白天工业生产、居民生活用电高峰与夜间低谷期,用电需求差异巨大。火力发电机组需能快速响应这种变化,在高峰时增加发电功率,低谷时降低功率,以维持电网频率稳定在规定范围,保障电能质量,避免因频率波动影响各类用电设备正常运行。另一方面,电网要实现不同区域、不同类型电源间的功率平衡与优化调度。火力发电厂作为重要的电源组成部分,需按照电网调度中心指令

精准调节发电功率,参与到电网的整体协调运行中,确保电力供应的可靠性与稳定性,满足各行各业及居民生活不间断用电的需求,所以自动发电控制技术对于实现电网负荷灵活、精准调节有着不可或缺的作用。

2.4.2 控制策略与实现

自动发电控制(AGC)的实现依托科学合理的控制策略。其首先会接收来自电网调度中心下达的负荷指令,然后结合机组当前的运行状态,像机组的实时发电功率、功率调节范围、设备健康状况等信息,运用先进的算法进行计算。常见的控制策略有基于比例-积分-微分(PID)调节的方法,通过分析功率偏差等参数,输出调节信号,作用于协调控制系统等相关环节,调节锅炉燃烧、汽轮机进汽量等来改变发电功率。还有预测控制策略,利用历史数据和实时监测数据对电网负荷变化趋势进行预测,提前调整机组参数,更敏捷地响应负荷变化。在实现过程中,通过与电厂内的协调控制系统、热工自动化系统等深度集成,将调节指令精准传达并执行,同时依靠反馈机制实时监测发电功率变化,及时修正偏差,确保发电功率符合电网调度要求^[3]。

3 火力发电厂自动控制技术的发展趋势

3.1 智能化控制技术的深入应用

未来,智能化控制技术在火力发电厂自动控制领域将不断拓展。借助人工智能算法,如深度学习、强化学习等,可深度分析海量运行数据,实现更精准的设备故障预测,提前预警并安排维修,减少停机时间。智能控制系统能依据实时工况自动优化运行参数,像自动调整燃烧状态,提升发电效率。而且通过智能决策系统,在面对复杂工况或电网负荷变化时,可以迅速给出最优应对策略,让机炉等设备协同更高效,使火力发电厂的自动化水平和整体运行效能迈向新台阶。

3.2 与物联网技术的融合

物联网技术的融入会为火力发电厂带来诸多改变。通过在设备上安装各类传感器,能全方位收集设备状态、运行参数等信息,并实时传输至统一的管理平台。这使得运行人员可远程监控各环节,实现对整个电厂的精细化管理。同时,不同设备间借助物联网能更好地互联互通,便于进行协同控制与资源优化配置。例如,依据各设备的实时负载情况,自动调节能源分配,进一步

提高发电效率,降低运维成本,推动火力发电厂朝智能化、高效化方向持续发展。

3.3 加强网络安全防护

随着火力发电厂自动化程度的提高,网络安全防护愈发重要。越来越多的控制系统联网,面临着黑客攻击、恶意软件入侵等风险,一旦遭受网络威胁,可能导致发电中断、设备损坏等严重后果。因此,需构建多层级的网络安全防护体系,采用防火墙、入侵检测系统、加密技术等手段,保障数据传输的保密性、完整性和可用性。同时,要定期开展网络安全培训与应急演练,提高工作人员的安全意识与应对网络安全事件的能力,确保电厂自动化系统安全稳定运行。

3.4 绿色低碳与自动化协同发展

在环保要求日益严格的背景下,绿色低碳与自动化协同发展是必然趋势。一方面,自动化技术助力优化燃烧过程,精准控制燃料投放量、空气供给量等参数,提高燃料利用率,减少碳排放。另一方面,通过自动化系统能更好地整合可再生能源接入,实现火力发电与新能源的互补,比如根据新能源发电情况灵活调节火力发电功率,优化能源结构。此外,还可利用自动化手段对废弃物处理、节能减排等环节加强管控,推动火力发电厂在保障电力供应的同时,践行绿色低碳发展理念,实现可持续发展目标^[4]。

结束语

总之,火力发电厂自动控制技术历经了多阶段的发展与变革,已然成为保障电厂高效、安全运行的关键力量。当下,虽然其在应用中仍面临着部分挑战,但随着智能化、物联网融合、网络安全强化以及绿色低碳协同等发展趋势的不断推进,自动控制技术必将持续升级优化。

参考文献

- [1]姜宝申.火力发电厂自动控制系统发展初探[J].科技与企业,2022(16):308.
- [2]单文礼.自动化技术在火力电厂生产中的创新与应用[J].黑龙江科学,2023(4):158-159.
- [3]翟宇强.火力发电厂电气工程自动化应用策略[J].黑龙江科学,2023,10(18):110-111.
- [4]熊力军.火力发电厂热工自动化技术应用分析与优化创新[J].自动化应用,2023(9):145-147.