

关于燃气电厂电气控制系统相关研究

黎 晖 陈 珂

中海油珠海天然气发电有限公司 广东 珠海 519000

摘要：本文针对燃气电厂电气控制系统展开研究，阐述了由信号采集、逻辑控制、执行输出及人机交互四大模块构成的闭环控制体系及其工作原理，解析了各模块核心技术要点。在此基础上，系统分析了当前系统存在的控制逻辑协同性不足、参数调节精度偏低、运行可靠性欠缺三大技术难点，并提出了相应优化策略：通过统筹设计与冗余逻辑提升模块协同性，构建PID与模糊控制复合算法并改进采集技术以提升调节精度，从硬件优化、抗干扰强化及智能故障诊断三方面增强系统可靠性。研究成果可为燃气电厂电气控制系统的性能提升提供技术参考。

关键词：燃气电厂；电气控制系统；系统研究

引言：燃气电厂电气控制系统是保障机组安全稳定运行的核心，其控制效能直接影响电厂运行经济性与安全性。随着燃气电厂单机容量增大、运行工况日趋复杂，控制系统在逻辑协同性、参数调节精度及运行可靠性等方面暴露出诸多不足，传统PID算法在非线性工况下适应性较差，模块间控制策略衔接不畅导致调节滞后，硬件老化与电磁干扰进一步削弱系统稳定性。本文围绕燃气电厂电气控制系统的核心构成与工作原理，系统解析各控制模块技术要点，深入剖析现存技术难点，并从逻辑优化、算法改进、可靠性强化等方面提出针对性优化策略，旨在为提升系统整体效能提供理论依据。

1 燃气电厂电气控制系统的核心构成与工作原理

燃气电厂电气控制系统是多模块协同、多信号交互的复杂系统，其核心构成围绕机组运行全流程需求展开，各模块既相互独立又密切相关，共同实现对电气设备的精准管控与协同调度。（1）系统核心构成包括四个模块：信号采集模块负责采集电压、电流、功率、温度、转速等运行参数，通过传感器、变送器将物理量转换为电信号，传输至逻辑控制模块；逻辑控制模块作为控制核心中枢，基于预设算法与逻辑规则对信号进行分析判断，结合运行需求生成控制指令；执行输出模块接收控制指令，驱动断路器、接触器、调节阀等执行机构完成设备启停与参数调节；人机交互模块提供操作界面，实现参数设置、状态监测及故障显示记录。（2）系统工作原理遵循“采集—分析—判断—执行—反馈”闭环控制逻辑。运行过程中，信号采集模块持续获取设备参数并传输至逻辑控制模块；逻辑控制模块对比分析参数与预设标准，若存在偏差或异常则生成针对性控制指令；执行输出模块驱动执行机构调整设备参数，使机组恢复正常运行状态；执行机构动作反馈信号再次传输至信号

采集模块，形成闭环反馈，确保控制过程的精准性与及时性，保障机组稳定运行^[1]。

2 燃气电厂电气控制系统的核心控制模块解析

2.1 信号采集模块的核心特性与技术要点

信号采集模块是燃气电厂电气控制系统的基础，其采集精度与响应速度直接影响控制系统的整体效能。该模块负责对发电机、变压器、开关柜、输电线路等核心设备的电压、电流、功率、温度、压力等关键运行参数进行全面、实时、精准采集，同时保障信号的抗干扰性与稳定性。在技术应用方面，模块采用高精度传感器与智能变送器，结合信号调理技术实现物理量信号的转换与优化。对于电压、电流等电参数，采用电压互感器与电流互感器进行信号转换，确保采集信号的幅值与相位精准；对于温度、压力等非电参数，采用热电偶、压力传感器将其转换为标准电信号，便于逻辑控制模块识别处理。为抑制现场电磁干扰，模块采用屏蔽线缆传输信号，并设置信号滤波环节，有效提升采集信号的稳定性与可靠性。此外，模块具备信号自检功能，可实时监测自身运行状态，出现采集故障时及时发出报警信号，便于操作人员排查处理，保障系统正常运行^[2]。

2.2 逻辑控制模块的控制逻辑与算法应用

逻辑控制模块是燃气电厂电气控制系统的核心，其控制逻辑的合理性与算法的科学性直接决定机组运行的稳定性与控制精度。该模块基于采集的设备运行参数，结合机组运行需求，通过预设控制逻辑与算法生成精准控制指令，实现运行状态的实时调控。（1）在控制逻辑设计方面，模块采用分层控制理念，分为主控制逻辑与辅助控制逻辑。主控制逻辑负责机组启停控制、负荷调节、并网控制等核心功能，确保机组按预设运行曲线稳定运行；辅助控制逻辑负责设备保护、故障处理、参数

监测等辅助功能,保障机组安全运行。逻辑设计需充分考虑电气设备运行特性与各模块协同关系,避免逻辑冲突,确保控制指令的准确性与及时性。(2)在算法应用方面,模块主要采用PID控制算法与模糊控制算法。PID控制算法结构简单、调节精度高、鲁棒性强,广泛应用于负荷调节与参数稳定控制,通过比例、积分、微分三环节协同实现参数偏差的精准调节;模糊控制算法适用于参数波动大、非线性强的控制场景,可自适应调整控制参数,提升系统抗干扰能力,确保机组在复杂运行条件下的稳定运行。

2.3 执行输出模块的运行机制与性能要求

执行输出模块是燃气电厂电气控制系统的执行终端,其运行可靠性与响应速度直接影响控制指令的执行效果。该模块接收逻辑控制模块发出的控制指令,驱动执行机构完成电气设备的启停、参数调节、故障切除等操作,确保机组按控制指令运行。(1)在运行机制方面,模块基于电信号的转换与传递,逻辑控制模块发出的电信号经功率放大后传输至执行机构。不同执行机构对应不同控制方式:断路器采用电磁或电机驱动实现电路通断,调节阀采用电动或气动驱动实现介质流量调节。模块需具备良好的响应速度,确保控制指令快速驱动执行机构动作,减少控制延迟;同时需具备较高的可靠性与抗干扰能力,能够在电厂复杂运行环境下稳定运行,避免因模块故障导致控制指令无法执行而引发运行异常。(2)执行输出模块具备反馈功能,能够将执行机构的动作状态转换为电信号,反馈至逻辑控制模块,形成闭环控制,便于逻辑控制模块掌握指令执行情况并调整控制策略,确保控制过程的精准性与完整性。

3 燃气电厂电气控制系统现存技术难点

3.1 控制逻辑协同性不足

当前部分燃气电厂电气控制系统存在控制逻辑协同性不足的问题,各控制模块信息交互不畅,控制逻辑缺乏统一性与连贯性,导致控制指令冲突、参数调节滞后等现象。由于各模块控制逻辑多为独立设计,缺乏协同运行的统筹考虑,不同模块控制策略难以有效衔接。例如负荷调节模块与转速控制模块逻辑衔接不紧密,机组负荷变化时转速调节存在明显滞后,运行参数波动较大,影响运行稳定性。同时,控制逻辑冗余设计不足,部分关键环节缺乏备用逻辑,主逻辑故障时无法快速切换,导致控制系统运行异常。此外,控制逻辑适应性较差,难以根据运行状态变化自适应调整控制策略,在低负荷、启停等特殊工况下调节效果不佳,无法满足机组运行需求^[1]。

3.2 参数调节精度有待提升

参数调节精度是衡量燃气电厂电气控制系统运行效能的重要指标,当前部分系统存在调节精度不足的问题,主要表现为参数波动幅度较大、调节滞后明显、稳态误差较大,影响机组运行经济性与安全性。主要原因在于控制算法优化不足,传统PID控制算法在参数波动大、非线性较强的场景下,调节精度难以满足需求,无法快速响应参数变化,导致调节滞后与稳态误差。同时,信号采集模块采集精度不足,部分传感器与变送器精度较低,长期运行后存在老化、漂移等问题,导致采集参数存在偏差,影响逻辑控制模块的判断与控制指令生成。此外,执行输出模块响应速度不足,控制指令发出后执行机构动作存在延迟,也会导致参数调节滞后,降低调节精度。

3.3 系统运行可靠性不足

燃气电厂电气控制系统的运行可靠性直接决定机组运行安全,当前部分系统存在运行可靠性不足的问题,主要表现为模块故障发生率较高、系统抗干扰能力较弱、故障排查难度较大。在模块运行方面,部分控制模块硬件设计存在缺陷,长期处于高温、高湿度、强电磁干扰环境中,易出现元件老化、线路损坏等问题,导致模块故障,影响系统正常运行。在抗干扰能力方面,虽然信号采集与执行输出模块设置了一定抗干扰措施,但在电厂复杂电磁环境中,仍存在干扰信号侵入的情况,导致采集信号失真、控制指令误发,影响控制效果。此外,系统故障诊断与排查机制不够完善,缺乏有效的在线监测与故障定位功能,出现故障时操作人员难以快速定位故障点,故障处理时间较长,进一步影响机组运行稳定性。

4 燃气电厂电气控制系统的优化策略

4.1 优化控制逻辑设计,提升模块协同性

针对控制逻辑协同性不足的问题,需从统筹设计、逻辑优化、冗余设计三方面提升各控制模块的协同运行能力。(1)在统筹设计方面,结合燃气电厂机组运行全流程需求,对各控制模块进行统一规划,明确各模块的控制职责与协同关系,避免控制逻辑冲突,确保控制指令的连贯性与统一性。例如,优化负荷调节模块与转速控制模块的逻辑衔接,建立两者之间的联动控制机制,当机组负荷发生变化时,同步调整转速控制参数,减少调节滞后,确保运行参数稳定。(2)在逻辑优化方面,结合机组运行特性,简化冗余逻辑,完善关键控制环节的逻辑设计,提升控制逻辑的适应性与灵活性。针对低负荷、启停等特殊运行工况,设计专用控制逻辑,确保

系统在不同工况下均能实现精准控制。同时,增加控制逻辑冗余设计,为关键控制环节设置备用逻辑,当主控制逻辑出现故障时能够快速切换至备用逻辑,保障系统正常运行。(3)建立各模块之间的信息交互机制,实现控制信息实时共享,提升模块协同运行效率^[4]。

4.2 改进控制算法与采集技术,提升参数调节精度

为提升参数调节精度,需从控制算法优化与信号采集技术改进两个方面开展工作。(1)在控制算法方面,针对传统PID控制算法的不足,结合燃气电厂机组运行的非线性、时变性特点,对PID控制算法进行优化改进,引入模糊控制、神经网络等先进控制技术,构建复合控制算法。例如,将PID控制算法与模糊控制算法相结合,利用模糊控制算法的自适应能力,根据机组运行参数的变化自适应调整PID控制参数,提升算法的调节精度与抗干扰能力,减少参数波动与稳态误差。(2)在信号采集技术方面,更换高精度的传感器与变送器,定期对采集设备进行校准与维护,减少采集设备老化、漂移带来的误差,提升采集信号的精准性。同时,优化信号传输与滤波技术,采用高性能屏蔽线缆,增加多级滤波环节,有效抑制电磁干扰,确保采集信号的稳定性。此外,引入信号融合技术,对多个采集通道的信号进行融合处理,剔除异常信号,提升采集信号的可靠性,为逻辑控制模块的判断与控制指令的生成提供准确依据。

4.3 强化系统可靠性设计,提升运行稳定性

针对系统运行可靠性不足的问题,需从硬件优化、抗干扰强化、故障诊断完善三个方面入手,提升系统的运行稳定性与可靠性。(1)在硬件设计方面,选用高性能、高可靠性的电子元件与设备,优化模块的硬件结构,提升模块的抗老化、抗高温、抗电磁干扰能力,减少硬件故障发生率。同时,加强硬件设备的定期维护与检修,及时更换老化、损坏的元件与线路,确保硬件设备的正常运行。(2)在抗干扰能力强化方面,进一步优化系统的抗干扰设计,采用屏蔽、接地、滤波等多种抗干扰措施,构建全方位的抗干扰体系。例如,对控制模块进行金属屏蔽封装,减少电磁干扰对模块内部电路的影响;优化系统接地设计,避免接地不良导致的干扰

信号侵入;增加信号滤波环节,对采集信号与控制信号进行多级滤波,剔除干扰信号。此外,合理布局系统线路,避免强电线路与弱电线路交叉布置,减少线路之间的干扰。(3)在故障诊断与排查方面,完善系统的在线监测与故障诊断机制,引入智能故障诊断技术,对系统各模块的运行状态进行实时监测,及时发现模块故障与异常情况,并通过人机交互模块发出报警信号。同时,建立故障数据库,记录故障类型、故障现象、故障原因及处理方法,为故障排查提供参考,缩短故障处理时间。此外,优化故障定位技术,实现故障点的精准定位,便于操作人员快速开展故障处理工作,提升系统的运行可靠性^[5]。

结束语

燃气电厂电气控制系统的性能直接关系到机组运行的安全性与经济性。本文通过系统分析控制系统的核心构成、模块技术要点及现存难点,明确了控制逻辑协同性不足、参数调节精度偏低、运行可靠性欠缺三大关键问题,并从优化控制逻辑设计、改进复合控制算法与采集技术、强化硬件可靠性与故障诊断机制等方面提出了针对性优化策略。在实际应用中,应结合机组运行特性落实各项优化措施,推进PID与模糊控制等复合算法的工程应用,完善模块间信息交互与冗余设计,构建全方位抗干扰体系与智能故障诊断机制,持续提升系统的控制精度、协同效率与运行稳定性,为燃气电厂的安全高效运行提供坚实的技术保障。

参考文献

- [1]李克萍.电气控制系统中电子技术应用的相关研究[J].科技资讯,2024,22(8):83-85.
- [2]刘鹏.燃气电厂电气控制系统设计要点探析[J].中国石油和化工标准与质量,2024,44(2):125-127.
- [3]沈翔.燃气电厂中的智能控制技术分析[J].中文科技期刊数据库(文摘版)工程技术,2024(7):0179-0182.
- [4]肖爱国.提高燃气电厂电气设备绝缘可靠性的实践分析[J].中文科技期刊数据库(引文版)工程技术,2024(4):0167-0170