

浅析DCS系统在电厂电气控制方面的应用

王玉军

丹阳中鑫华海清洁能源有限公司 江苏 镇江 212311

摘要: DCS (分散控制系统) 在电厂电气控制方面发挥着重要作用。它通过实时监测和控制发电、输电、配电等关键环节的参数, 确保电力系统的稳定运行。DCS系统的高可靠性、灵活性和开放性使其能够适应复杂的工况变化, 实现对电气设备的精确控制。该系统的应用提高了电厂的运行效率, 保障了电力供应的稳定性和可靠性。

关键词: DCS系统; 电厂电气控制; 应用

引言: 随着电力行业的迅速发展, 电厂电气控制系统的自动化与智能化水平要求日益提高。DCS (分布式控制系统) 作为一种先进的控制架构, 因其高可靠性、高灵活性和强大的数据处理能力, 在电厂电气控制中得到了广泛应用。本文旨在探讨DCS系统在电厂电气控制方面的应用现状、优势及挑战, 并提出优化策略, 以期提升电厂运行效率、保障供电稳定提供有益参考。

1 DCS系统的发展历程与技术特点

1.1 DCS系统的起源与发展历程

DCS系统即分布式控制系统, 起源于20世纪70年代。当时, 工业生产规模扩大, 传统集中式控制难以满足复杂控制需求, 且存在单点故障风险。为解决这些问题, DCS系统应运而生。发展初期, 以美国霍尼韦尔公司的TDC-2000系统为代表, 实现了控制功能的初步分散。80年代, 微处理器技术进步推动DCS性能提升, 控制精度和可靠性增强。90年代, 通讯技术发展让系统数据共享更便捷, 应用领域扩展到化工、电力等多个行业。进入21世纪, DCS与信息技术融合, 向智能化、网络化方向迈进。

1.2 DCS系统的核心技术特点

(1) 分散控制思想。将控制功能分散到多个控制器, 每个控制器负责特定区域或设备的控制, 避免集中控制的风险, 一处故障不会影响整个系统运行, 提高了系统的安全性和稳定性。(2) 高可靠性、高速度。采用冗余设计, 如控制器、电源、通讯网络等的冗余, 确保系统在部分组件故障时仍能正常工作。同时, 数据处理和指令执行速度快, 能及时响应现场变化。(3) 控制器功能与容量的增强。现代DCS控制器不仅能实现常规的PID控制, 还支持复杂的先进控制算法。其容量不断扩大, 可连接更多的现场设备和控制点, 满足大型工业生产的需求。(4) 通讯接口与数据共享能力。配备多种标准通讯接口, 能与不同厂家的设备和系统兼容。通过高

速通讯网络, 实现各层级之间的数据实时共享, 为生产管理和决策提供准确依据^[1]。

1.3 DCS系统的结构组成

(1) 现场信号处理层。负责采集现场的温度、压力、流量等信号, 并进行滤波、放大等处理, 为后续控制提供准确的数据。(2) 控制层。由多个控制器组成, 根据现场信号处理层提供的数据, 按照预设的控制算法进行计算, 输出控制指令, 实现对生产过程的自动控制。(3) 系统操作层。包括操作员站、工程师站等, 操作人员通过操作员站监控生产过程, 工程师通过工程师站进行系统配置、参数修改等工作。(4) 企业管理层。实现与企业资源计划系统等的对接, 将生产数据进行汇总分析, 为企业的生产计划制定、成本控制等提供支持。

2 DCS系统在电厂电气控制中的应用

2.1 发电环节的控制

(1) 多场景应用分析。在发电机监控中, DCS系统通过采集发电机的电压、电流、功率、温度等实时数据, 构建动态监控界面, 操作人员可直观掌握设备运行状态, 当参数超出阈值时自动报警, 避免设备过载或故障。针对燃气轮机控制, DCS系统实时监测燃烧室温度、燃气压力、流量等关键参数, 精准调节燃气供给量和空气量, 确保燃烧效率最大化; 在汽轮机控制中, 通过采集转速、振动、轴温等数据, 实现汽轮机的自动升速、并网和负荷调节, 保障机组稳定运行。脱硝装置监控方面, DCS系统实时跟踪脱硝反应器内的温度、还原剂浓度等指标, 自动调节还原剂注入量, 确保烟气排放达标, 同时降低药剂消耗成本。(2) 精确控制算法的作用。DCS系统搭载先进的PID控制算法及模型预测控制技术, 能根据电网负荷变化和设备运行状态, 自动调节发电参数。例如, 当电网负荷波动时, 系统快速计算最佳燃气轮机转速和燃气供应量, 在1-2秒内完成参数调整, 减少能源浪费; 通过建立燃气轮机燃烧模型, 动态优化配气比

例,使燃烧效率提升3%-5%,同时降低氮氧化物等污染物排放。此外,系统具备自适应学习能力,可根据设备老化程度修正控制参数,长期维持发电稳定性^[2]。

2.2 输电与配电环节的控制

(1) 核心作用体现。在变电站自动控制中,DCS系统整合断路器、隔离开关等设备状态信息,实现倒闸操作自动化,减少人工操作误差,操作响应时间从分钟级缩短至秒级。针对输电线路负荷分配,系统通过实时监测各线路电流、电压和功率因数,运用负荷预测算法动态调整潮流分布,避免线路过载。在配电系统监控中,DCS系统实时跟踪各配电间隔的运行参数,当发生短路或接地故障时,快速定位故障点并发出跳闸指令,缩短故障处理时间。(2) 效能提升表现。通过优化输电线路负荷分配,DCS系统可使输电损耗降低2%-3%,提高输电效率;借助实时故障诊断功能,能在故障发生后0.5秒内发出警报并启动保护机制,将停电范围控制在最小范围,显著提升输电安全性。在供电质量方面,系统通过精确调节电压和频率,使电压偏差控制在 $\pm 2\%$ 以内,频率偏差控制在 $\pm 0.1\text{Hz}$ 以内,有效改善供电稳定性。

2.3 新能源发电领域的应用

(1) 关键功能实现。在风电场中,DCS系统通过安装在风机上的传感器采集风速、转速、振动等数据,实现远程监控风机运行状态;基于大数据分析技术,建立风机故障预测模型,提前1-2周预测潜在故障,降低停机概率。在光伏电站中,系统实时监测光伏组件的光照强度、温度和输出功率,通过远程控制逆变器调节输出参数,确保组件工作在最佳状态;同时具备电池储能系统监控功能,优化充放电策略^[3]。(2) 效益提升分析。通过故障预测与健康监测,DCS系统可使风电场和光伏电站的设备可用率提升5%-8%,提高发电效率;借助智能功率调节功能,新能源电站的输出功率波动幅度降低10%-15%,增强电网接纳能力。此外,系统通过整合新能源发电数据与电网调度信息,实现风光储协同运行,使新能源发电量占比提升3%-5%,推动能源结构转型。

3 DCS系统在电厂电气控制中的优势与挑战

3.1 DCS系统的应用优势

(1) 提高电厂电气控制的自动化水平。DCS系统通过分布式控制网络,将电厂电气设备的监控、调节等流程整合为全自动闭环控制。传统需人工操作的断路器分合、励磁调节等环节,可通过预设逻辑自动执行,响应时间缩短至0.1秒内。操作人员仅需通过监控界面下达指令,系统即可完成从参数采集到执行反馈的全流程操作,使人工干预量减少70%以上,大幅提升控制效率与精

度。(2) 增强系统的稳定性与可靠性。采用硬件冗余设计,控制器、电源、通讯总线等关键部件均配备备用模块,单点故障时可无缝切换,保障系统连续运行。内置的故障自诊断功能能实时监测回路状态,提前预警潜在故障,使设备故障检出率提升至95%以上。相比传统控制系统,DCS将平均故障间隔时间延长3倍,非计划停机时长减少60%,显著增强电气系统的抗干扰能力。(3) 优化发电效率与降低运营成本。通过精准调节发电机励磁、燃气轮机燃烧等参数,使发电燃气消耗降低1.5-2%,年节约燃料成本超500万元。系统对设备运行数据的实时分析,可实现按需维护,减少30%的备品备件库存。同时,自动化控制减少20%的运行人员配置,综合运营成本降低15%-20%,经济效益显著。

3.2 DCS系统面临的挑战

(1) 技术更新换代的快速性。工业控制技术迭代周期缩短至4年左右,传统DCS的硬件接口与软件协议易滞后于新能源并网、智能调度等新需求。系统升级需兼顾兼容性与连续性,单次改造成本往往超过千万元,且可能影响电厂正常运行。(2) 系统集成与数据安全的复杂性。电厂需整合DCS与ERP、SIS等多系统数据,但不同厂商设备的通讯协议差异大,集成难度高,数据孤岛问题突出。同时,网络互联使系统面临恶意攻击风险,2023年电力行业工控安全事件同比增加40%,安全防护压力陡增。(3) 操作人员的技术培训与掌握难度。现代DCS融合了多学科知识,操作界面从传统按钮升级为数字化交互,要求操作人员具备数据分析能力。新系统上线后,操作人员需6个月以上培训才能熟练操作,而老员工知识更新缓慢,易引发操作失误。

4 基于DCS系统的电厂电气控制优化策略

4.1 系统集成与信息共享的优化

(1) 加强DCS系统与其他信息系统的集成。推动DCS系统与电厂管理信息系统(MIS)、厂级监控信息系统(SIS)、企业资源计划(ERP)系统的深度融合,采用标准化通讯协议(如OPCUA、IEC61850)打破数据壁垒。例如,将DCS采集的实时运行数据接入SIS系统,实现机组性能计算与能耗分析;通过ERP系统与DCS的联动,将设备维护记录与运行参数关联,形成闭环管理。同时,搭建统一的数据中台,解决不同系统间的接口兼容问题,确保数据传输的实时性与准确性。(2) 实现数据的高效共享与管理。建立分布式数据存储架构,对DCS系统产生的海量实时数据、历史趋势数据及告警信息进行分类管理,采用边缘计算技术在数据源头进行预处理,减少传输压力。引入数据质量管理机制,通过冗

余校验、异常值剔除等手段提升数据可信度，同时开发可视化数据看板，为管理层提供实时能耗分析、设备健康度评估等决策支持。此外，构建数据安全访问机制，根据角色分配数据查看与操作权限，保障信息共享的安全性^[4]。

4.2 控制算法与策略的创新

(1) 引入先进的控制算法与理论。将模型预测控制(MPC)、自适应控制、模糊控制等先进算法融入DCS系统，替代传统PID控制在复杂工况中的应用。例如，在燃气轮机燃烧控制中采用MPC算法，通过建立多变量预测模型，动态优化燃气量、空气量与配气比例，使燃烧效率提升2%-3%；在汽轮机转速调节中引入自适应控制，根据设备老化程度实时修正控制参数，增强系统对负荷波动的适应性。同时，结合大数据分析技术，挖掘历史运行数据中的规律，为算法优化提供数据支撑。

(2) 针对特定应用场景定制优化控制策略。针对新能源并网波动问题，开发风光储协同控制策略，通过DCS系统实时调节储能系统充放电功率，平抑新能源发电的波动性；在机组启停阶段，设计阶梯式升温升压控制逻辑，减少设备热应力损伤，缩短启停时间。此外，针对脱硝等环保设备，定制变负荷响应策略，在满足排放标准的前提下降低药剂消耗，实现环保与节能的平衡。

4.3 操作界面的人性化设计

(1) 提高操作界面的友好性与易用性。采用模块化设计理念，将操作界面划分为实时监控区、参数调节区、告警提示区等功能模块，通过色彩区分重要参数状态(如红色表示超限、绿色表示正常)。增加动态流程图展示，点击设备图标即可弹出详细参数与操作按钮，支持触屏操作与快捷键操作，缩短操作路径。同时，优

化告警分级机制，按紧急程度排序显示告警信息，并附带故障排查指引，帮助操作人员快速响应。(2) 加强操作人员的培训与技能提升。开发基于虚拟现实(VR)的模拟培训系统，还原DCS操作场景，让操作人员在虚拟环境中练习机组启停、故障处理等复杂操作，提升应急处置能力。定期开展理论培训与实操考核，内容涵盖控制算法原理、系统架构及新功能应用，建立技能等级认证机制，激励操作人员主动提升技能。此外，建立经验分享平台，由资深操作员分享典型工况的调节技巧，形成标准化操作手册。

结束语

综上所述，DCS系统在电厂电气控制方面的应用展现了极高的价值和潜力。通过精准控制、实时监测与智能管理，DCS不仅提升了电厂的运行效率和能源利用率，还有效保障了电力供应的稳定性和安全性。面对未来的技术挑战与发展需求，持续优化DCS系统集成、控制算法与操作界面，将进一步提升电厂电气控制的智能化水平，为构建绿色、高效、安全的电力生产体系奠定坚实基础。

参考文献

- [1]叶裕东.对DCS在发电厂电气控制系统中的运用分析[J].山东工业技术,2020,(08):71-72.
- [2]凌银霞,康玉娜.浅谈DCS在发电厂电气控制系统中的运用[J].百科论坛电子杂,2020,(10):105-106.
- [3]赵硕伟.发电厂DCS自动控制系统运行可靠性评估研究[J].自动化技术与应用,2021,(08):84-85.
- [4]潘志强.浅析DCS在发电厂电气控制系统中的应用[J].建筑工程技术与设计,2022,(12):124-125.