

火电厂厂用电系统自动化改造及节能优化策略分析

田柱明

华润电力(锡林郭勒)有限公司 内蒙古 锡林郭勒 026200

摘要: 本文聚焦火电厂厂用电系统的自动化改造与节能优化,厂用电系统作为电厂核心,其效能关乎整体效益。文章先概述了厂用电系统的构成、功能、运行特征及现状,随后提出自动化改造方案,旨在增强安全可靠性、提升运行效率及经济效益,并详解了微机保护测控、通信网络构建与自动化系统集成等技术。进而,文章探讨了节能优化的目标、原则,涵盖设备优化、运行管理优化及新能源与储能技术应用等策略,以期降低厂用电率,提升能源效率,推动火电厂可持续发展。

关键词: 火电厂;厂用电系统;自动化改造;节能优化

1 火电厂厂用电系统概述

火电厂作为电力生产的重要设施,其内部电力供应系统——厂用电系统,扮演着至关重要的角色。它不仅负责为电厂自身的辅助设备提供电能,还承担着确保电厂安全、稳定运行的重要使命。

1.1 厂用电系统的组成与功能

厂用电系统由多个关键部分组成,主要包括厂用电源配电装置(如母线和开关设备等)、厂用馈线和负荷等。根据电压等级的不同,厂用电系统通常分为高压厂用电系统(国际上亦有称作中压厂用电系统)和低压厂用电系统。高压厂用电系统电压一般在3~10kV范围内,而低压厂用电系统则通常为380/220V。这些不同电压等级的系统共同协作,确保电厂内各类设备获得所需的电力供应。厂用电系统的主要功能包括:满足机组启动、正常运行和停机等工况下的供电需求;为电厂的辅助设备,如输煤系统、脱硫系统、除灰系统、水处理系统等,提供可靠的电能;以及为这些设备提供必要的控制、测量、保护和信号等功能。通过这些功能,厂用电系统确保了火电厂的安全、连续和满载运行。

1.2 厂用电系统的运行特点与要求

厂用电系统的运行特点主要体现在用电负荷多、分布广、工作环境差和操作频繁等方面。由于电厂内设备种类繁多,用电需求各异,因此厂用电系统需要具备高度的灵活性和可靠性。同时,由于电厂工作环境往往较为恶劣,如高温、高湿、振动等,这对厂用电系统的设备和材料提出了较高的要求。在运行要求方面,厂用电系统必须确保在各种工况下都能稳定供电。特别是在机组启动、停机或发生故障时,厂用电系统需要迅速响应,为关键设备提供必要的电力支持。此外,为了提高供电的可靠性和安全性,厂用电系统通常需要设置可靠

的工作电源和备用电源。在正常情况下,工作电源负责向厂用负荷供电;一旦工作电源出现故障,备用电源将自动投入运行,确保电厂的正常运行不受影响^[1]。

1.3 厂用电系统现状分析

当前,随着电力行业的快速发展和环保要求的日益提高,火电厂厂用电系统正面临着新的挑战和机遇。一方面,电厂需要不断提高供电的可靠性和安全性,以满足日益增长的电力需求和严格的环保要求;另一方面,电厂还需要通过节能降耗、提高能效等措施,降低运营成本,实现可持续发展。在厂用电系统的实际运行中,存在一些亟待解决的问题。例如,部分老旧设备能效低下,导致电能浪费严重;系统自动化水平不高,难以实现精确的能源管理和优化调度;以及缺乏对设备运行状态的实时监测和预警机制等。这些问题不仅影响了电厂的运行效率和安全性,还增加了运营成本和环境负担。

针对这些问题,电厂可以采取一系列措施进行改进和优化。例如,通过更新高效节能的设备和新技术,提高系统的能效和可靠性;引入先进的自动化系统和智能监控技术,实现对设备运行状态的实时监测和优化调度;以及加强对员工的培训和管理,提高其对节能降耗重要性的认识和操作技能等。这些措施的实施将有助于提升火电厂厂用电系统的整体性能和运行水平,为电厂的可持续发展奠定坚实基础。

2 火电厂厂用电系统自动化改造方案

2.1 自动化改造的目标

火电厂厂用电系统自动化改造聚焦三大核心目标。其一,提升安全可靠性,传统人工监控模式下,故障响应迟缓,人为操作失误风险高。改造后,通过智能监测实时捕捉系统异常,如短路、过载等故障,自动化系统可在毫秒级时间内精准定位并迅速切断故障电路,避

免事故扩大，保障人员与设备安全。其二，提高运行效率，实现远程集中监控，运行人员无需频繁现场操作，借助自动化控制系统即可远程完成开关分合、参数调节等操作，同时系统能依据负荷变化自动优化设备运行参数，减少能源损耗。其三，达成经济目标，降低厂用电率，减少电能消耗；通过设备运行数据精准分析，优化维护计划，降低维护成本与停机时间，提升电厂整体经济效益。

2.2 自动化改造的技术方案

2.2.1 微机保护测控装置应用

微机保护测控装置是改造核心设备，集保护、测量、控制和通信功能于一体。保护功能上，运用数字信号处理技术与智能算法，快速识别短路、接地等故障类型，相比传统电磁式装置，动作速度更快、灵敏度更高，还具备故障录波与自诊断功能，便于故障分析与维护。测量控制方面，实时采集电压、电流等电气参数，通过通信接口上传数据，支持远程控制设备启停与参数调节，且兼容多种通信协议，便于系统集成^[2]。

2.2.2 通信网络构建

采用分层分布式通信网络架构，以工业以太网为骨干网，实现厂用电系统主要设备及与上级控制系统的高速数据传输，将配电室、主控制室等连接成统一平台。现场总线用于设备级通信，如PROFIBUS、MODBUS等协议，连接智能仪表、传感器等现场设备，实现点对点通信与数据共享。两者结合满足多样化通信需求，保障数据传输及时准确。

2.2.3 自动化控制系统集成

自动化控制系统以计算机技术为核心，通过软件平台整合各类设备。具备实时数据采集处理、设备状态监测、故障诊断报警及远程控制等功能，运行人员可在主控制室直观查看设备运行参数与状态，异常时系统及时告警并提供处理建议。同时，与火电厂分散控制系统（DCS）、厂级监控信息系统（SIS）集成，在机组启停等过程中，实现电气与热力等系统的信息共享和协同控制，提升电厂整体运行效率。

2.3 自动化改造的实施步骤与保障措施

2.3.1 实施步骤

改造先进行规划设计，全面评估现有系统设备运行、负荷特性等情况，明确改造需求与目标，进而制定技术方案，涵盖设备选型、网络架构、系统集成等内容，并绘制施工图纸与技术文档。设备采购安装阶段，严格按设计要求选设备，确保性能达标，安装时遵循规范，做好接地、防雷等措施，严格质量检验。系统调试

验收包括单体调试检查设备功能，系统联调测试设备间协同能力，调试合格后按标准验收，确保系统稳定运行。

2.3.2 保障措施

组织保障上，成立由电厂管理人员、技术人员和施工单位人员组成的项目小组，明确分工，建立沟通机制，定期开会解决问题。技术保障依赖专业技术团队，凭借丰富经验，在选型设计阶段提供建议，安装调试阶段进行指导监督。资金保障需合理估算改造费用，制定使用计划，确保资金到位，加强管理，严格控制成本，提高资金使用效率。

3 火电厂厂用电系统节能优化策略

3.1 节能优化的目标与原则

3.1.1 节能优化目标

火电厂厂用电系统节能优化聚焦三大核心目标。首要目标是降低厂用电率，通过一系列优化措施，减少厂用电系统在发电过程中的电能消耗占比。部分火电厂厂用电率偏高，严重影响发电效率与经济效益，将厂用电率降低可直接提升发电收益。其次，致力于提高能源利用效率，通过优化设备性能、改进运行方式，使能源得到更充分、合理的利用，避免“大马拉小车”等低效率工况。最后，积极响应国家“双碳”目标，通过降低厂用电系统能耗，减少二氧化碳等温室气体排放，同时降低设备运行维护成本，延长设备使用寿命，提升火电厂综合效益。

3.1.2 节能优化原则

节能优化需遵循系统性、经济性、可行性和持续性原则。系统性原则要求从厂用电系统整体出发，综合考虑设备、运行管理和技术应用等方面，进行全面规划。经济性原则强调优先选择投资回报率高的节能措施，确保节能改造投入能通过收益回收^[3]。可行性原则要求节能措施结合电厂实际情况，保证技术可行、操作方便、实施安全。持续性原则指出节能优化是长期过程，需随技术发展和电厂运行情况持续改进，保持节能效果。

3.2 设备节能优化措施

3.2.1 高效节能设备替换

选用高效节能设备是节能关键。非晶合金变压器相比传统硅钢片变压器，空载损耗可降低70%-80%，负载损耗降低40%-50%，能有效减少铁芯损耗，提高电能传输效率。推广IE4、IE5等超高效电机，其效率相比普通电机可提升5%-15%，结合变频调速技术，根据负荷动态调整转速，降低设备能耗。采用LED照明灯具替换传统灯具，节能效果可达60%-80%，配合智能照明控制系统，可根据环境光线和人员活动自动调节亮度，进一步降低

照明能耗。

3.2.2 设备性能提升与改造

对现有设备进行性能改造同样重要。通过优化风机、水泵叶片形状和角度,改进密封系统,可提高设备气动和水力性能,减少能量损失。例如,某火电厂对循环水泵进行叶片改造和密封优化后,水泵效率提高8%-10%,能耗显著降低。此外,升级设备传动系统,采用同步带传动、行星齿轮传动等高效装置替代传统传动方式,可使传动效率提高10%-15%,有效降低设备整体能耗。

3.3 运行管理节能优化措施

3.3.1 负荷优化分配

科学分配负荷是运行管理节能的核心。通过分析设备负荷特性,建立预测模型,提前规划设备启停和负荷分配方案。对于多台并列运行的泵或风机,根据实际流量或风量需求,合理调整运行设备数量和参数,避免同时满负荷运行。利用自动化控制系统实时监测负荷,动态调整分配,在机组低负荷时减少辅助设备运行数量或功率,确保系统能耗最小化。

3.3.2 设备经济运行调度

合理调度设备运行至关重要。根据发电任务和设备状态,优化输煤、除灰等非连续运行设备的启停时间和顺序,减少频繁启停造成的能耗和磨损。建立设备运行状态监测与评估体系,定期分析运行效率和能耗指标,及时调整调度策略。例如,通过能耗数据分析,优化高耗能设备运行时段,提高整体运行经济性。

3.3.3 人员培训与管理

加强人员培训与管理是节能保障。对运行操作人员开展节能知识和技能培训,内容涵盖设备节能原理、操作规范和新技术应用,通过多种方式提高人员节能意识和操作水平。建立节能考核与激励机制,将节能指标纳入绩效考核,奖励表现突出者,处罚未达标者,调动全员参与节能的积极性。

3.4 新能源与储能技术的应用

3.4.1 新能源应用

在火电厂厂用电系统中引入新能源是节能优化的新方向。太阳能光伏发电具有清洁、可再生的特点,在火电厂厂区内建设分布式光伏发电系统,利用闲置的屋顶、场地等空间安装光伏板,所发电力可直接接入厂用电系统,为部分厂用负荷供电。在光照资源较好的地区,火电厂建设分布式光伏系统后,可满足厂内10%-20%的用电量需求,有效减少对传统电网的依赖,降低厂

用电成本。风力发电同样具有应用潜力。对于周边具备风力资源条件的火电厂,可建设小型风力发电机组,将风能转化为电能并入厂用电系统。虽然风力发电具有间歇性和波动性,但与火电厂的常规供电系统相结合,能够在一定程度上优化能源结构,减少化石能源消耗,降低碳排放。

3.4.2 储能技术应用

储能技术的应用有助于解决新能源发电的间歇性和波动性问题,提高厂用电系统的稳定性和能源利用效率。锂电池储能系统具有能量密度高、响应速度快、循环寿命长等优点,可在新能源发电功率过剩时储存电能,在发电不足或厂用电负荷高峰时释放电能,起到削峰填谷的作用。通过合理配置锂电池储能系统,可使火电厂更好地利用新能源,减少厂用电系统对传统电源的频繁调节,降低能耗。抽水蓄能也是一种成熟的储能技术,对于具备地理条件的火电厂周边区域,可建设抽水蓄能电站。在电力负荷低谷期,利用厂用电系统的多余电能将水从下水库抽到上水库储存能量;在电力负荷高峰期,将上水库的水释放发电,补充厂用电系统的电力供应。抽水蓄能电站的大规模储能特性,能够有效平衡火电厂厂用电系统的电力供需,提高能源利用效率,实现节能优化目标。

结束语

综上所述,火电厂厂用电系统的自动化改造与节能优化是提升电厂运行效率和经济效益的重要手段。通过实施自动化改造,可以显著提升系统的安全可靠性、运行效率和经济效益。同时,结合节能优化策略,包括采用高效节能设备、优化设备运行管理和引入新能源与储能技术,可以进一步降低厂用电率,减少能源消耗和排放,为火电厂的可持续发展注入新的活力。未来,随着技术的不断进步和应用的深入,火电厂厂用电系统的自动化和节能水平将得到进一步提升。

参考文献

- [1]唐建轮,井洪德.直流双电源装置在变电站直流系统中的应用[J].电力系统装备,2023(8):34-36.
- [2]徐涛.张志中,魏宏鸽,裴煜坤,杨用龙,杜振.火电厂环保设施能耗分析及节能降耗技术探讨[J].能源工程,2021,(03):57-62+77.
- [3]杨栋先.欧阳普.高频电源在火电厂电除尘上的改造与节能分析[J].通信电源技术,2021,38(01):238-240.