

# 火电厂电气系统节能优化研究

王超 潘友国

华能(浙江)能源开发有限公司长兴分公司 浙江 湖州 313100

**摘要:** 火电厂电气系统节能优化研究中, 火电厂集控运行中电气系统存在设备参数不匹配、调控精度不足等问题。本文从设备参数优化、集控系统升级等方面提出节能优化方向, 并给出技术团队建设、制度完善等保障措施, 阐述实施路径, 为火电厂电气系统节能优化提供参考, 助力实现高效节能运行。

**关键词:** 火电厂; 集控运行; 电气系统; 节能优化; 实施路径

引言: 火电厂作为电力供应主力, 能源消耗巨大。在能源危机与环境问题凸显的当下, 节能降耗迫在眉睫。集控运行是火电厂生产管理的重要模式, 电气系统作为关键部分, 能耗问题突出。研究火电厂电气系统节能优化研究相关内容, 对降低火电厂运营成本、提高能源利用效率、减少环境污染意义重大, 是推动火电厂可持续发展的关键举措。

## 1 火电厂集控运行中电气系统节能优化的现存问题

### 1.1 电气设备运行参数匹配度低

电气设备运行参数匹配度低体现在设备额定参数与实际运行需求不契合。部分发电机、变压器、电机等核心设备, 其设计参数未能精准适配火电厂不同负荷工况下的运行需求, 导致设备长期处于非经济工况运行。例如, 在低负荷时段, 部分高容量设备仍维持较高运行参数, 无法随负荷变化调整至高效运行区间, 造成电能浪费; 在高负荷时段, 部分设备参数又难以满足满负荷运行要求, 被迫超负荷运转, 不仅增加能耗, 还可能缩短设备使用寿命。

### 1.2 集控系统调控精度不足

集控系统对电气设备的调控精度不足, 难以实现运行状态的实时优化。集控系统现有调控算法多基于固定模式设定, 缺乏对负荷动态变化的快速响应能力<sup>[1]</sup>。当电网负荷出现波动时, 系统无法及时调整电气设备的运行参数, 如电压、频率、功率等, 导致设备运行状态与实际负荷需求脱节。例如, 负荷骤降时, 系统未能及时降低相关设备的运行功率, 造成能源空耗; 负荷骤升时, 又未能及时提升设备出力, 影响供电稳定性的同时, 也因设备运行不匹配增加额外能耗。

### 1.3 无功补偿配置不合理

电气系统无功补偿配置不合理, 易出现无功功率过剩或不足现象。无功补偿装置的容量选择、安装位置未能结合电气系统实际运行情况科学规划, 在负荷变化时

无法精准调节无功功率。无功功率过剩时, 多余无功功率在电网中流转, 增加线路损耗与设备发热损耗; 无功功率不足时, 会导致电压水平下降, 迫使发电机增发无功功率, 挤占有功功率输出空间, 降低发电效率, 同时还可能引发电网电压波动, 影响电气系统整体运行稳定性, 间接增加能耗。

### 1.4 电气设备老旧与技术滞后

电气设备老旧与技术滞后, 制约电气系统节能潜力释放。部分火电厂仍在服役年限较长的电气设备, 这类设备受限于当年技术水平, 能效指标远低于当前新型设备标准, 且长期运行后部件老化、性能衰减, 能耗持续上升。此外, 部分高能耗设备未及时更新换代, 高效变频技术、智能监测技术等新型节能技术未能有效应用, 设备运行效率难以提升, 大量节能潜力无法转化为实际效果, 成为电气系统节能优化的重要制约因素。

### 1.5 运行人员节能意识与操作规范性不足

运行人员节能意识与操作规范性不足影响系统节能优化效果。部分集控运行人员对电气系统节能原理、设备节能运行要求认知不深入, 节能意识薄弱, 在日常操作中更侧重保障系统稳定运行, 忽视能耗优化。操作规范性不足体现在人员未能严格按照节能操作流程调整设备运行状态, 例如在负荷切换时操作动作迟缓, 或对设备异常能耗信号未能及时察觉与处理。此外, 人员对系统节能优化功能的运用能力不足, 无法充分发挥集控系统的节能调控作用, 进一步限制电气系统节能潜力的释放。

## 2 火电厂集控运行中电气系统节能优化的核心方向

### 2.1 电气设备运行参数优化

基于集控系统实时监测数据调整核心设备运行参数, 需充分利用集控平台采集的发电机输出功率、变压器负载率、电机电流电压等数据, 结合不同设备的经济运行曲线, 动态调整参数设定。例如根据发电机实时负荷变化, 优化励磁电流与转速, 使发电机始终运行在

效率峰值区间；针对变压器，依据负载波动调整分接头位置，降低铁损与铜损，确保设备长期处于经济运行状态。优化电机转速与负载匹配关系需结合生产需求精准调控。通过集控系统实时获取电机负载数据，当负载下降时，及时降低电机转速，避免设备空载或轻载时的高能耗运转；当负载上升时，适度提升转速以满足需求，防止过载导致的能耗激增与设备损伤。这种动态匹配方式可减少无效能耗，提升电机运行效率，同时延长设备使用寿命。

## 2.2 集控系统调控功能升级

增强集控系统动态调控能力需升级核心算法与响应机制。引入智能调控算法，结合电气系统历史运行数据与实时负荷变化趋势，提前预判负荷波动，实现设备运行状态的自动适配。例如在电网负荷骤降前，系统可提前调整发电机出力与变压器负载分配，避免能源空耗；负荷骤升时，快速协调各设备协同提升出力，保障供电稳定的同时减少额外能耗。搭建电气系统能耗监测模块需覆盖全环节数据采集<sup>[2]</sup>。在发电机、变压器、配电线路、辅助电机等关键节点加装高精度传感装置，实时采集能耗数据并传输至集控平台。模块需对数据进行分类整理与初步分析，生成能耗趋势图表与异常预警信息，为管理人员制定调控策略提供精准数据支撑，避免因数据缺失导致的盲目调控。

## 2.3 无功补偿与电能质量优化

合理配置无功补偿装置需结合系统实际需求动态调整。根据集控系统监测的无功功率变化，选择合适容量与类型的补偿装置，如在负荷波动较大区域配置动态无功补偿装置，实现补偿容量的实时调节。当系统无功功率不足时，及时投入补偿装置补充无功；当无功过剩时，自动切除部分补偿容量，避免多余无功功率造成的线路损耗与设备发热，降低整体能耗。优化谐波治理措施需针对谐波来源精准施策。通过集控系统监测谐波含量与频次，识别主要谐波产生设备，如变频器、整流装置等，在这些设备前端加装滤波装置，减少谐波注入电网。同时优化电网拓扑结构，降低谐波在传输过程中的放大效应，提升电能质量，避免谐波导致的设备额外损耗与效率下降，保障电气系统稳定高效运行。

## 2.4 高能耗设备更新与技术改造

替换老旧高能耗电气设备需优先选择高效节能型产品。针对服役年限长、能效等级低的电机、变压器等设备，选用符合当前节能标准的新型设备，如高效异步电机、非晶合金变压器等。这些新型设备在设计上采用先进材料与结构，铁损、铜损显著降低，运行效率大幅

提升，可从设备本源减少能耗产生。对现有设备进行技术改造需结合设备特性制定方案。例如在风机、水泵等设备上加装节能调速装置，通过变频控制实现转速按需调节，替代传统节流调节方式，减少能量损耗；对变压器、电机等设备优化散热结构，采用高效散热材料与通风设计，降低设备运行温度，减少因散热不良导致的额外能耗，进一步提升设备节能性能。

## 3 火电厂集控运行中电气系统节能优化的保障措施

### 3.1 技术团队建设

开展电气系统节能优化专项培训需结合实际工作场景设计内容。培训应覆盖节能技术原理、集控系统节能功能操作、设备参数优化方法等核心知识，采用理论讲解与实操演练相结合的方式，让运行人员熟悉不同节能方案的实施流程。针对发电机参数调整、无功补偿装置操作等关键环节，可设置模拟操作场景，帮助人员掌握精准调控技巧，提升对节能技术与集控系统操作的掌握能力，避免因操作不当影响节能效果。引入节能技术专业人才需注重人才与企业需求的适配性。优先选择具备火电厂电气系统经验与节能技术背景的人才，这些人才可参与火电厂电气系统节能优化研究相关方案的设计与实施，在设备选型、参数设定、系统调试等环节提供专业支持。同时指导现有技术团队提升节能技术应用能力，分享行业先进节能经验，协助解决优化过程中遇到的技术难题，为电气系统节能优化提供持续技术支撑。

### 3.2 运行管理制度完善

建立电气系统节能运行考核机制需明确具体指标与规范。将单位发电量能耗、设备运行效率、无功功率控制水平等作为核心节能指标，纳入运行人员绩效考核体系，根据指标完成情况制定奖惩标准，约束运行人员操作行为，激发人员主动落实节能措施的积极性。同时细化操作规范，明确不同工况下电气设备的优化运行参数范围与操作流程，确保人员操作有章可循，减少因操作随意性导致的能耗浪费。制定设备定期巡检与维护制度需覆盖全类型电气设备。明确巡检周期、巡检内容与责任人员，例如每日检查变压器油温、电机运行声响，每周检测无功补偿装置运行状态，每月排查配电线路损耗情况，及时发现设备运行异常。针对巡检中发现的问题，建立快速维修机制，安排专业人员及时处理设备故障或性能衰减问题，保障设备始终处于高效节能运行状态，避免因设备异常增加额外能耗。

### 3.3 节能效果监测与评估

搭建节能效果监测平台需实现全环节能耗数据跟踪。平台应整合集控系统已有的监测数据，补充加装必

要的能耗监测传感器,实时采集发电机、变压器、辅助电机等设备的能耗数据,以及电网侧的无功功率、谐波含量等参数,动态跟踪优化措施实施后的能耗变化。通过平台生成能耗变化曲线与节能效果报表,直观呈现不同优化措施的实际成效,为评估节能效果提供数据支撑。定期开展节能优化效果复盘需结合监测数据与运行实际。按固定周期分析优化方案的实施情况,对比优化前后的能耗指标、设备运行效率,判断优化措施是否达到火电厂电气系统节能优化研究预期目标。针对未达预期的环节,深入排查原因,如参数设定不合理、设备适配性不足等,根据分析结果调整优化方案。同时总结成功经验,将有效的节能措施固化为标准操作流程,为后续电气系统节能优化工作提供参考,推动节能效果持续提升。

#### 4 火电厂集控运行中电气系统节能优化的实施路径

##### 4.1 前期调研与方案设计

梳理电气系统现状需覆盖设备、参数、能耗核心维度。核查发电机、变压器、无功补偿装置型号、服役年限与技术参数,通过集控系统调取历史运行数据,分析不同负荷下设备参数变化规律,记录当前能耗水平与波动范围。结合设备状态与能耗数据,识别高能耗、低效率环节,明确火电厂电气系统节能优化研究重点,如长期非经济工况的变压器、无功损耗大的配电线路等<sup>[3]</sup>。结合火电厂负荷特性与电气系统实际制定方案,需考量负荷波动规律与系统适配性。根据不同季节、时段负荷变化,确定优化措施适用场景与调整空间;结合现有硬件、集控系统调控能力,避免方案脱离实际。方案中需明确各优化环节步骤,如先完成能耗数据采集分析,再开展设备参数调整或装置升级,并设定可量化目标,如设备效率提升幅度、单位发电量能耗降低范围等。

##### 4.2 分阶段推进优化实施

优先对高能耗、高潜力环节开展改造,需聚焦节能效果与可行性。针对能耗占比高且优化后见效快的环节,如无功补偿系统升级,通过更换或新增动态补偿装置,实现无功功率精准调节;对核心设备参数优化,如根据实时负荷调整发电机励磁参数、变压器分接头位置,快速降低关键设备能耗。改造过程中需同步监测能耗变化,验证优化效果,为后续环节改造提供参考。同

步推进集控系统功能升级与人员培训,需保障优化措施落地后的协同运转。在升级集控系统节能调控算法、搭建能耗监测模块时,组织运行人员提前参与系统调试,熟悉新功能操作流程;开展针对性培训,内容涵盖新系统操作方法、优化后设备运行参数范围、异常情况处理流程等,确保人员能力与优化后的系统、设备相匹配,避免因操作不熟练导致优化措施无法充分发挥作用。

##### 4.3 后期运维与持续优化

建立优化后电气系统的常态化运维机制,需明确运维内容与周期。制定设备巡检清单,定期检查优化后设备的运行状态,如无功补偿装置的补偿精度、电机转速与负载匹配情况,通过集控系统实时监控能耗数据,对比运维前后的能耗变化,及时发现设备性能衰减或参数偏离优化区间的问题。针对发现的异常,建立快速响应机制,安排技术人员排查原因并修复,保障设备长期处于节能运行状态。跟踪行业节能技术发展动态并引入新技术,需保持系统优化的前瞻性。关注高效节能设备、智能调控算法、新型监测技术等行业前沿成果,评估新技术与现有电气系统的兼容性及应用价值,如新型高效电机、AI驱动的能耗预测算法等。在合适时机引入试点应用,通过小范围测试验证技术效果,若成效显著则逐步推广,持续挖掘电气系统节能潜力,推动火电厂电气系统节能优化研究从阶段性改造向长期提升转变。

#### 结束语

火电厂集控运行中电气系统节能优化是降低能耗、提高效益的关键。通过电气设备参数优化、集控系统功能升级等核心方向,结合技术团队建设、制度完善等保障措施,分阶段推进实施,可实现电气系统的高效节能运行。未来,需持续跟踪新技术,不断完善优化方案,推动火电厂电气系统节能优化研究相关工作迈向新台阶,为火电厂可持续发展提供有力支撑。

#### 参考文献

- [1]张日文,马蕾,林丽玲.火电厂集控运行节能降耗技术探析[J].电力设备管理,2024(16):253-255.
- [2]李梦洁.浅谈火电厂节能减排的可行性措施[J].中国设备工程,2024(2):96-98.
- [3]严海晓.节能环保技术在火电厂中的应用研究[J].石子科技,2023(5):29-30.