

火电厂电气节能设计探讨

李志华

内蒙古蒙泰不连沟煤业有限责任公司煤矸石热电厂 内蒙古 鄂尔多斯 010319

摘要: 随着能源需求增长与环保压力加剧,火电厂电气节能设计成为实现可持续发展的关键路径。通过深入剖析电气设备、输电线路及运行管理等环节的能耗来源,揭示出节能设计理念滞后、设备选型不合理及管理体系不完善等突出问题。研究表明,创新节能设计理念、优化设备选型、完善管理体系,能有效降低火电厂电气系统能耗,提升能源利用效率,为行业绿色转型提供技术支撑与实践经验。

关键词: 火电厂; 电气节能; 设计

引言

在“双碳”目标驱动下,火电厂作为能源消耗与碳排放的重点领域,其电气系统节能设计对缓解能源供需矛盾、推动行业绿色升级具有重要意义。当前,火电厂电气系统能耗受设备性能、线路损耗及管理模式等多重因素影响,节能潜力亟待挖掘。本文从能耗分析、现存问题出发,系统探讨电气节能设计优化策略,旨在为火电厂提升能源利用效率、实现低碳发展提供理论参考与实践指导。

1 火电厂电气节能设计的重要性

在能源消耗与环保问题日益突出的当下,火电厂作为电力供应的主力军,其电气系统节能设计对优化能源利用、降低运营成本及推动可持续发展意义深远。火电厂电气系统涵盖发电、输电、配电等多个环节,各环节设备的能耗状况直接影响电厂整体能效水平,通过科学合理的电气节能设计,能够精准挖掘系统节能潜力,减少不必要的能量损耗,使每一份能源都得到高效利用,提升能源转化效率。电气节能设计通过对火电厂电气设备的选型与优化配置,能够显著改善系统运行性能。以变压器为例,选择低损耗、高节能型变压器,可有效降低其在运行过程中的铜损和铁损,减少电能传输与转换过程中的浪费;优化电动机的选型与控制方式,依据实际负载需求采用变频调速技术,能避免电机长期处于低效运行状态,使电机在不同工况下均能保持高效运转,降低能耗的同时延长设备使用寿命。火电厂电气节能设计还能增强系统运行的稳定性与可靠性。节能设计过程中,对电气系统进行全面的优化与升级,可改善系统的功率因数,减少谐波干扰,降低电气设备的发热与故障风险。稳定的电气系统不仅有助于提高火电厂的生产效率,还能减少设备维护与检修成本,提升火电厂的经济效益与市场竞争力。电气节能设计契合时代对环保

与可持续发展的要求,通过降低火电厂的能耗,减少了煤炭等化石能源的消耗,进而降低二氧化碳、二氧化硫等污染物的排放,减轻对环境的压力,为构建绿色低碳的能源体系贡献力量,推动火电厂在能源转型的浪潮中实现高质量发展。

2 火电厂电气系统能耗分析

2.1 电气设备能耗

火电厂电气设备涵盖发电机、变压器、电动机等核心部件,其能耗机理复杂且影响因素多元。发电机在将机械能转化为电能过程中,存在机械损耗、铜损耗、铁损耗等多种能量损失形式。转子与轴承间的摩擦导致机械损耗,绕组电阻引起的铜损耗会随电流平方关系增长,而交变磁场在铁芯中产生的磁滞与涡流损耗构成铁损耗。变压器运行时,空载损耗源于铁芯的磁滞和涡流效应,负载损耗则主要由绕组电阻发热产生,绕组材质、制造工艺及运行负载率均对损耗值产生显著影响。电动机作为火电厂辅机系统的动力源,其能耗受效率曲线制约,低负载运行时功率因数下降会导致额外的无功损耗。断路器、接触器等开关设备在分合闸过程中的电弧能量消耗,以及电抗器、电容器等无功补偿装置的介质损耗,均构成电气设备能耗的组成部分。设备老化导致的绝缘性能下降、接触电阻增大等问题,进一步加剧了能量损耗,使设备整体运行效率降低^[1]。

2.2 输电线路能耗

火电厂输电线路承担着电能远距离传输的重任,其能耗主要表现为线路电阻损耗与电晕损耗。根据焦耳定律,电流通过导线时,线路电阻会将部分电能转化为热能散失,该损耗与电流平方、线路电阻成正比关系。线路长度、导线截面积、材质电阻率等参数直接决定电阻大小,长距离输电线路因电阻累积导致损耗显著增加。在超高压、特高压输电场景下,当导线表面电场强度超

过空气击穿强度时，会引发电晕现象，造成电晕损耗。电晕损耗受导线直径、表面粗糙度、天气条件等因素影响，潮湿、沙尘等恶劣环境会加剧电晕放电强度。三相输电线路间的不平衡电流会产生环流损耗，降低输电效率。线路金具连接部位的接触电阻、绝缘子的泄漏电流等因素，同样对输电线路能耗产生不可忽视的影响。随着输电电压等级提升，虽然能降低电流从而减少电阻损耗，但电晕损耗的控制成为关键技术难点。

2.3 运行管理能耗

火电厂电气系统运行管理模式对能耗水平具有决定性作用。设备运行参数的优化设定直接影响能耗表现，例如变压器分接头档位调整不合理，可能导致电压偏移超出额定范围，增加磁路损耗；电动机变频调速系统参数设置不当，无法实现与负载工况的精准匹配，造成电能浪费。系统运行方式的选择同样重要，多台变压器并列运行时，未根据负载变化合理投切变压器，易使部分变压器长期处于低负载率运行状态，降低整体能效。设备检修维护策略影响能耗水平，定期维护不及时会导致设备性能下降，如轴承润滑不良增加机械摩擦损耗，绝缘老化加剧介质损耗。运行人员操作习惯和技术水平对能耗有直接影响，频繁启停设备、操作延迟等行为会造成不必要的能量消耗。实时监测与分析能力不足，无法及时发现系统异常和能耗增长点，使得运行管理难以实现精细化调控，最终导致火电厂电气系统运行能耗居高不下。

3 火电厂电气节能设计现存问题

3.1 节能设计理念滞后

在火电厂电气节能设计领域，节能设计理念滞后的现象较为突出。传统设计往往侧重于满足电力生产的基本功能需求，对能源消耗的长期影响缺乏前瞻性考量，未能充分认识到节能设计在降低运营成本、提升经济效益方面的重要作用。这种理念下，设计过程中多关注设备的初始投资和短期运行稳定性，忽视了能源利用效率的优化，使得设备在长期运行中存在较大的能源浪费空间。随着电力行业技术的快速发展，新能源技术、智能控制技术不断涌现，而部分火电厂的设计理念未能及时跟进，依然沿用传统的设计方法和思路，无法将先进的节能技术和理念融入到实际设计中，导致火电厂电气系统难以适应新时代对能源高效利用的要求。例如，在配电系统设计中，没有充分考虑负荷特性和变化规律，未能采用合理的配电方式和节能型变压器，使得电力传输过程中的损耗居高不下，降低了整个电气系统的能源利用效率，制约了火电厂在节能降耗方面的发展。

3.2 设备选型不合理

设备选型不合理是火电厂电气节能设计面临的关键问题之一。在设备选型过程中，由于对设备性能参数研究不够深入，未能全面评估设备在不同工况下的能耗表现，导致所选设备与实际运行需求不匹配。部分火电厂为追求短期经济效益，倾向于选择价格较低但能耗较高的设备，虽然在设备采购阶段降低了成本，但在长期运行过程中，高额的能源消耗使得整体运营成本大幅增加。一些火电厂对新型节能设备的应用持保守态度，缺乏对新技术、新产品的了解和认识，依然选用技术陈旧、效率低下的设备。例如，在电动机选型时，没有根据负载特性选择合适功率和效率等级的电动机，导致电动机长期处于轻载或过载运行状态，不仅降低了设备的使用寿命，还造成了大量的能源浪费。在照明系统、通风系统等辅助设备的选型上，也存在类似问题，未能充分考虑节能因素，使得这些设备在运行过程中消耗过多电能，影响了火电厂电气系统的整体节能效果^[2]。

3.3 节能管理不完善

节能管理不完善严重影响着火电厂电气系统的节能效果。在火电厂的日常运行中，缺乏系统、科学的节能管理体系，对电气设备的运行状态监测和数据分析不够全面深入。无法及时发现设备运行过程中存在的能源浪费问题，也难以对设备的运行参数进行合理调整和优化。设备维护保养工作不到位，导致设备老化、性能下降，增加了能源消耗。例如，变压器长期运行后，若不及时进行维护和检修，其内部的绝缘性能下降，空载损耗和负载损耗都会增大，进而影响整个供电系统的能源效率。工作人员对节能工作的重视程度不足，缺乏节能意识和专业技能，在设备操作和运行管理过程中，未能严格按照节能要求进行操作，存在一些不合理的运行方式和操作习惯，进一步加剧了能源的浪费。由于缺乏有效的节能激励机制，工作人员参与节能工作的积极性不高，无法充分发挥节能管理在火电厂电气节能中的作用，使得节能工作难以有效推进，火电厂电气系统的节能潜力无法得到充分挖掘。

4 火电厂电气节能设计优化策略

4.1 创新节能设计理念

(1) 火电厂电气系统设计需突破传统思维，将全生命周期节能理念贯穿于设计流程。在规划阶段，通过精准的负荷预测与系统仿真，构建与机组运行特性高度匹配的电气拓扑结构，避免因冗余设计导致的能量损耗。例如，运用智能算法对厂用电系统进行优化配置，可显著降低配电环节的线损与设备损耗。(2) 采用先进的能

效评估模型,对电气系统的发电、输电、配电及用电等各个环节展开全面且细致的动态分析,精准识别出潜在的节能空间。借助数字孪生技术构建虚拟电厂模型,模拟不同工况下的能耗数据,为设计方案的优化提供坚实数据支撑,确保设计方案在实际运行中具备高效节能的特性。(3)引入模块化与集成化设计理念,简化电气系统架构,减少不必要的设备连接与转换环节。通过优化电缆路径与电气设备布局,缩短电力传输距离,降低线路阻抗,进而实现电气系统整体能效的提升。注重设计方案的可扩展性,为后续节能技术的升级与改造预留接口^[3]。

4.2 合理选型电气设备

(1)在变压器选型方面,应优先选用低损耗、高阻抗的节能型产品,通过对比空载损耗与负载损耗参数,结合火电厂实际负荷曲线,选择最佳容量与变比的变压器。采用非晶合金材料的变压器,因其具有极低的磁滞损耗,可有效降低变压器运行过程中的能量消耗。(2)对于电动机等用电设备,需依据实际工况选择合适的功率与效率等级。推广使用高效变频调速电机,通过实时调节电机转速,匹配负荷需求,避免“大马拉小车”现象导致的能源浪费。关注电机的启动方式,采用软启动器或变频器实现平滑启动,减少启动电流对电网的冲击与能量损耗。(3)优化开关设备与电缆选型,选择低电阻、低接触电阻的开关元件,降低设备运行过程中的发热损耗。根据电缆载流量与传输距离,合理选择电缆截面,在满足安全载流量的前提下,尽量减小电缆阻抗,降低线路损耗。采用新材料、新工艺的电气设备,如超导电缆等,可进一步提升设备的节能性能。

4.3 完善节能管理体系

(1)建立基于大数据的电气系统运行监测平台,实时采集与分析电气设备的运行参数,包括电压、电流、功率因数、温度等。通过数据挖掘与分析,及时发现设备异常运行状态与能耗异常点,为节能管理提供精准

的数据依据。利用机器学习算法对设备运行数据进行深度分析,预测设备能耗趋势,提前制定节能调控措施。

(2)实施精细化的能耗管理,将电气系统的能耗指标分解到各个子系统与设备,建立能耗定额管理机制。通过定期的能耗统计与分析,评估各设备与子系统的能效水平,对超定额运行的设备进行针对性的优化与改造。建立能耗考核机制,将能耗指标与运行人员的绩效挂钩,激发人员的节能积极性。(3)加强设备的维护与检修管理,制定科学合理的设备维护计划,定期对电气设备进行巡检与维护,确保设备处于良好的运行状态。及时更换老化、低效的电气设备,对关键设备进行状态监测与故障诊断,减少因设备故障导致的非计划停机与能源浪费。通过技术改造与升级,持续提升电气设备的节能性能^[4]。

结语

综上所述,火电厂电气节能设计是一项系统性工程,需从理念创新、设备优化及管理完善多维度协同推进。通过剖析电气系统能耗构成,针对性解决设计与管理环节的现存问题,不仅能显著降低火电厂运行成本,更有助于提升能源综合利用效率,契合国家节能减排战略要求。未来,随着技术革新与管理理念升级,火电厂电气节能设计将持续深化,为能源行业绿色可持续发展注入新动能。

参考文献

- [1]陆春雨.火电厂电气节能设计探讨[J].百科论坛电子杂志,2021(4):1120.
- [2]谢林青.火电厂电气设备节能降耗技术的应用[J].模型世界,2024(36):144-146.
- [3]冯克忠.火电厂电气节能降耗措施分析[J].光源与照明,2022(8):177-179.
- [4]方真.火电厂电气综合自动化系统设计研究[J].中国科技投资,2021(10):76,80.