

电气设备节能改造技术应用实践研究

崔方明

洛阳石化工程设计有限公司, 河南省洛阳市, 471012;

摘要: 在能源资源日趋紧张、运营成本不断上升的大背景下, 电气设备节能改造成了提高能源利用效率、实现可持续发展的主要技术途径。本文对各种电气设备的能耗特点和节能潜力做了系统分析, 从变频调速、电机能效提高、照明系统优化、无功补偿和配电系统优化等几个方面入手进行论述, 对各项技术适用条件、实施要点和预期效果做了详细的阐述。通过实验发现选择合适的节能技术方案、规范改造程序, 加强运行维护, 是保证完成节能任务的主要条件。综合的节能改造手段既可以减少电能使用, 又能产生经济收益和环境效益, 给工业建筑领域绿色转型提供支持。

关键词: 电气设备; 节能技术; 能效优化; 运行管理

DOI: 10.64216/3080-1508.26.03.072

工业生产以及公共建筑的运行当中, 电气设备是能源消耗的主要载体, 其用电量在社会总用电中所占比例较大。目前还有大量的用电设备由于设计标准滞后、设备陈旧老化、运行效率低等原因造成电能浪费现象严重。推进电气设备节能改造, 用先进的节能技术取代高耗能设备, 改善系统的运行策略, 已经成为了实现节能降耗目标的有效途径。探究节能改造技术的应用方法, 总结出节能改造过程中重要的环节, 对于提高能源利用率, 实现绿色低碳发展有重大的现实意义。

1 变频调速技术的工程应用

1.1 变频器选型与系统配置

根据电机功率、负荷特性、调速范围选择适合的变频器。对风机、水泵等平方转矩负载可采用通用型变频器, 兼顾性能和成本; 而对起重机械、传送带等恒转矩负载场合, 则应选用具有较强过载能力及转矩输出特性的重载型变频器。变频器容量按电机功率来选择, 设备频繁启动、停机或者承受重载冲击的时候应增大容量余量^[1]。安装场所的通风应畅通无阻, 不可有高温潮湿或者腐蚀性的气体存在。为了抑制谐波干扰、改善功率因数, 在输入输出侧可以加装电抗器。对需要快速制动或者惯性大的负载要配置制动单元和制动电阻, 有效消耗回馈能量。

1.2 改造实施与调试要点

改造前需要对原有的系统做全方位的评价, 通过监测电机运行电流、功率、负载率等参数来分析节能潜力。对于长期低负荷运行, 依靠阀门或者挡板调节流量的风机水泵系统, 变频改造效果最好。实施过程中要注意变频器与现有控制系统的信号衔接, 保证远程控制和自动

调节功能的正常使用。对绝缘老化的电机要检查其耐压等级, 必要时更换电机或者加装输出滤波器, 防止由于高频脉冲电压而造成绝缘损坏。布线用屏蔽电缆或者穿金属管敷设, 以减小电磁干扰。调试的时候根据实际情况调节加减速时间、频率上下限、各种保护参数, 防止设备超负荷运转或者频繁起停。正式投入运行之后应该建立运行档案, 对改造前后电能消耗进行对比, 客观评价节能效果。

2 电机系统能效提升策略

2.1 高效电机选型与更换

采用高效或超高效电机代替原有低效电机, 是提高系统能效最直接的方法。高效电机依靠改善电磁设计、采用优质的硅钢片和高性能的绝缘材料、改进制造工艺, 可以使效率提高 2%-5%。更换时要保证安装尺寸、轴伸规格和功率等级相匹配, 不能对设备机械结构造成影响。对长期低负载率运行的电机可以考虑换成能效等级稍低一些的高效电机, 使工作点落在高效区间。启动方式也应当综合考虑节能和设备保护, 大功率电机宜采用软启动或者变频启动的方式, 减小起动电流冲击, 延长电机寿命。

2.2 运行维护与能效管理

加强电机运行管理属于不断挖掘节能潜力的关键部分。应防止出现大马拉小车的现象, 对于负载率一直低于 40% 的电机可以考虑更换或者加装调速装置。传动机构要定期维护, 检查 V 带张紧度、及时更换磨损皮带, 条件允许的话可改为直联或者齿轮传动, 减少机械损耗。对于功率因数较低的轻载电机要马上改变运行方式或者就地补偿。建立电机设备档案, 记载型号、参数、检

修历史等信息,给状态评价和改造决定赋予支撑。实行预防性维护制度,定时清理电机表面、检查轴承润滑、紧固接线端子,保证电机工作良好。通过对能效的监测与数据分析,找出低效电机并对其进行分析,采取相应的改进措施。

3 照明系统节能技术应用

3.1 高效光源与灯具升级

采用高光效的光源来取代旧的低效光源,这是照明节能最直接的方法。LED光源光效高、寿命长、响应快、显色性好,是目前的主要选择。将白炽灯或者普通荧光灯换成LED灯,可以节约60%以上的电^[2]。改造时可用LED灯管直接替换原有的荧光灯管,用原来的灯架以节约成本。高压钠灯、金属卤化物灯等气体放电灯可以被大功率LED灯具所取代,适合于厂房、道路、广场等场所。灯具的功率、高度、布置应该达到照度的要求,环境相适宜,布灯方案合理、布灯数量恰当,高效节电驱动电源,使整个系统能耗降低。

3.2 智能控制策略与系统集成

根据环境光照、人员活动、时间计划等因素自动控制照明状态的照明智能控制系统为即按需照明。光感控制系统通过光照度传感器对照明进行自动开关或者调光,特别适合于有自然采光的区域。时序控制就是按照事先设定好的时间表来控制灯具的开关,适合于作息规律的办公、教学场所。红外或者微波感应的人员感应控制,可以实现人来灯亮、人走灯灭,适用于走廊、楼梯间、卫生间等公共场所。调光系统按照要求调节亮度,满足视觉作业又可以节省用电。分区控制方案就是把不同的区域单独控制,然后结合整个楼宇控制系统来达到集中监控、数据分析、策略优化提高节能效果的目的。

4 无功补偿与电能质量改善

4.1 补偿装置选型与设置

根据负荷特性和补偿要求来选择静态或动态无功补偿装置。负荷平稳的场合宜用固定补偿,长期并联电容器组;负荷波动大的系统应采用自动投切装置,实现动态跟踪补偿。补偿容量应根据实测功率因数和目标值来计算确定,一般将功率因数提高到0.9以上。安装位置要遵循就地补偿、分级平衡的原则,尽量靠近感性负载来减小线路的无功电流。大型异步电动机可装设单独补偿电容器,其容量不应大于该电动机空载无功的1/2,以免发生自激过电压。补偿装置要具有过电压、过电流和谐波保护的功能,定期的测试电容器容量和介质损耗,

及时的更换失效的单元。

4.2 配电系统结构优化

改善配电系统的结构与运行方式,就能减小配电损耗。应根据负荷分布和增长趋势来合理选择变压器的容量及台数,用经济运行方式提高变压器的负载率。淘汰高损耗的变压器,使用非晶合金等节能型变压器可以降低空载、负载损耗20%至30%。供电半径不宜过长,宜采用放射式或树干式布线,减少低压线路长度。导线截面要根据经济电流密度选取,负荷大或者距离远的回路适当加大截面,减小线路电阻损耗。配电时尽量保持三相负荷平衡,定期检查连接点的接触情况,清除氧化层,紧固螺栓,降低接触电阻^[3]。开展配电系统能效诊断,识别高损耗环节,制定阶段性的优化改造计划。

5 节能改造项目管理与评估

5.1 项目实施的组织与流程优化

为了保证节能改造项目顺利进行,就要建立科学的组织架构和规范的实施流程。项目开始前要成立由各个部门组成的专项工作小组,确定项目经理、技术负责人以及各成员的职责,并编制包含时间、成本、质量、安全等各方面内容详细的实施方案。第一环节是做详细现场调研、能耗诊断,根据对目标设备的实际运行数据进行采集,参考历史耗能记录来确定出节能潜力及各种技术路线的可行性。在方案设计阶段要全面开展技术经济性比较,投资成本、节能效益、技术成熟度、投资回收期等各方面因素都要考虑进去,从中选择最优的改造方案,为项目的成功奠定决策基础。

5.2 全过程的施工管理与质量控制

改造施工阶段管理为方案和成果之间搭建起桥梁。项目实施时要兼顾施工质量、安全、进度,协调好改造工程与现有生产运行的衔接,尽量减少对正常运营的影响。施工时必须按照既定的技术标准、操作规程,加强关键工序现场监督、质量检验,重点对设备安装、线路敷设、系统联调等进行监督、检验。调试完毕后进行专项验收,按合同及设计要求逐项检验系统功能和技术参数,保证改造后设备、系统能稳定、可靠、高效运行,达到节能目的。

5.3 节能量验证与长效评估机制

项目竣工之后进行的节能量监测和效果评价,是检验改造成果并进行持续改进的重要环节。应该建立科学的监测和验证(M&V)方案,在关键节点设置必要的计量仪表,用改造前后、相同边界条件和运行工况下能耗数

据对比的方法,客观计算实际节能量和节能率。监测周期要足够长,以涵盖季节性的变化以及不同的生产负荷,保证数据的代表性以及准确性。可以采用能源管理系统(EMS)对数据进行自动采集、分析并可视化显示。创建长效评价体系,定时开展设备性能复测,监测能效水平衰减状况,评判节能效益的持久性,给之后的改良革新和运转保养赋予扎实的数据支撑。

6 运行维护与长效保障机制

6.1 系统性维护制度的构建与实施

为了使节能效果具有持续性,就必须创建起标准化、规范化的设备运维管理体系。该体系应根据各种节能设备的技术特点来制定出不同的维护方案,确定出变频、电机、照明、补偿等重要设备的点检周期、保养内容、操作程序、验收标准,形成标准化的作业文件^[4]。常规维护有散热部件清理、接线检查、功能检测、运行数据分析。实行责任制,形成从计划、执行、检查、改进的管理闭环,保证设备长期处在高效稳定的状态,有效防止由于维护不当而造成的性能下降。

6.2 预防性检测与状态监测体系

创建并完善主动的预防性检测和状态监测体系,是做好设备可靠性管理、防止潜在故障的重要途径。根据设备的重要性、运行环境、历史记录来建立分级分类的周期性检测计划。对于核心节能设备要开展绝缘性能检测、红外热成像测温、电能质量分析等专项测试,从而及早发现绝缘劣化、接触不良、局部过热和谐波超标等隐患。同时应该把运行数据和检测结果结合起来建立设备健康状态多维评价模型。采用在线监测技术,对主要工作参数做无间断采集,用智能分析来实施故障的早期预警和状态精确诊断。定期形成的专项分析报告,可以给设备的预防性维修、优化运行、更新决策提供科学的数据支撑。

6.3 节能管理体系的优化完善

要实现节能工作长久开展,必须创建起制度、能力、文化三者合一的管理体系。从制度上来说,需要将节能目标量化为考核指标,并且和激励机制结合起来,确定各个岗位的节能责任。同时健全能源计量系统,给精细化管理提供可靠的数据支持。从能力建设方面对技术人员实行系统化的培训,使其了解设备原理及维护技术,对操作人员进行规程、基本故障处理的培训^[5]。开展定期的能源审计、能效对标来不断发现节能潜力。文化培

育上要创建全员参加的节能氛围,形成良好的建议和奖励机制。形成目标、执行、监测、改进的闭环,定期评价成效,改进策略,推动节能工作不断深入。

7 结论与展望

7.1 结论

本文对电气设备节能改造的关键技术途径和实践要点做了系统的分析。经由合理应用变频调速、高效电机替换、照明系统改良、无功补偿、配电结构优化等技术手段,可以明显改善设备运行的能效,缩减系统的能耗。节能改造的实施要依靠对设备能耗特性正确的诊断、科学的技术经济比选、规范的工程管理、持续的运行维护。实践证明,只有把技术应用、项目管理、长效保障结合起来,形成一个综合性改造体系,才能达到节能降耗的目的,同时取得良好的经济效益和环境效益。

7.2 展望

电气设备节能改造以后会朝集成化、智能化和系统化方向发展。新一代电力电子技术、新型高效材料以及物联网和人工智能技术的应用,会促使节能技术由单点设备的优化向整个系统智慧能源管理转变。标准化体系的完善、全生命周期成本分析方法的推广、以数据为基础的精准节能服务,将会成为行业发展的主要支撑。在“双碳”战略目标不断推进的情况下,电气设备节能改造作为提升能源利用效率的重要一环,必将在工业和建筑领域的绿色低碳转型中起到更加关键的作用。

参考文献

- [1] 杨莉. 水电厂电气设备节能改造技术研究与应用[J]. 水电站机电技术, 2025, 48(06): 93-96.
- [2] 杨程喆. 电气设备自动化调试系统的节能设计[J]. 电子技术, 2024, 53(10): 192-193.
- [3] 殷淑萍, 洪晶亮. 工业电气设计中电气节能措施探析[J]. 现代工业经济和信息化, 2024, 14(05): 132-133+137.
- [4] 詹学远. 电气设备节能降耗技术管理分析[J]. 科技创新导报, 2015, 12(06): 180+182.
- [5] 卓能静. 刍议发电厂电气设备节能降耗改造[J]. 通讯世界, 2025, 32(05): 106-108.

作者简介: 崔方明(1986.01-), 男, 汉族, 籍贯: 河南孟津, 学历: 大学本科, 职称: 工程师, 研究方向: 电气工程。