

机械电气设备能效评估与节能技术研究

李兆瑞¹, 孙中顺²

(1. 青岛国骐光电科技有限公司, 山东 青岛 266000;

2. 山东浩华建设集团有限公司, 山东 青岛 266200)

摘要 随着全球能源问题的日益突出, 机械电气设备的能效评估与节能技术研究变得愈发重要。本文详细阐述了机械电气设备能效评估的相关概念、方法及指标体系, 探讨了当前常见的节能技术, 分析了节能技术在实际应用中面临的问题, 并对未来的发展趋势进行了展望。研究表明, 完善能效评估方法、推广节能技术, 对促进机械电气设备领域的可持续发展、实现节能减排目标具有重大意义, 也为相关企业降低运营成本提供了有效途径, 有利于提高机械电气设备能源利用效率、降低能源消耗。

关键词 机械电气设备; 能效评估; 节能技术; 能源效率

中图分类号: TM3; TM4; TM92

文献标志码: A

DOI: 10.3969/j.issn.2097-3365.2025.13.003

0 引言

能源是推动经济发展和社会进步的重要物质基础, 然而, 能源的有限性以及过度消耗所带来的环境问题, 使得节能成为全球关注的焦点。机械电气设备作为工业生产和日常生活中广泛应用的设备, 其能源消耗占据相当大的比例。传统的机械电气设备侧重于功能实现, 而对能源利用效率关注不足, 增加企业的运营成本和环境负担。随着能源价格的波动和环保要求的日益严格, 提升机械电气设备能效、探索节能技术变得刻不容缓。因此, 开展机械电气设备的能效评估与节能技术研究, 对于提高能源利用效率、缓解能源危机、减少环境污染具有重要的现实意义。

1 机械电气设备能效评估

1.1 能效评估的概念

机械电气设备的能效评估是指利用一系列科学合理的方法和手段, 对设备在运行过程中的能源利用效率进行量化评价, 以确定设备能源利用状况的优劣, 并找出影响能源效率的因素。

1.2 能效评估方法

1. 测试法。使用专业的测试仪器, 直接对机械电气设备的各项运行参数进行测量, 如功率、电流、电压、转速等, 然后根据相关的计算公式计算出设备的能效指标。这种方法测量结果较为准确, 但对测试条件和测试仪器要求较高, 且测试过程较为复杂, 需要专业技术人员操作^[1]。

2. 模型法。基于设备的工作原理和物理特性, 建立数学模型模拟设备的运行过程, 从而预测设备的能

效。模型法在设备设计阶段或无法进行实际测试时使用, 能快速评估不同设计方案或运行条件下设备的能效情况。但模型的准确性依赖于对设备特性的准确描述和假设条件的合理性。

3. 统计分析法。收集大量同类机械电气设备的运行数据和能效信息, 运用统计学方法进行分析 and 处理, 得出设备的能效分布规律和平均能效水平。统计分析法适用于对大规模设备群体的能效评估, 能够为制定能效标准和政策提供参考依据, 但无法针对具体某一台设备进行精确评估^[2]。

1.3 能效评估指标体系

能效评估指标体系主要包含如下内容: (1) 能源效率指标, 是衡量机械电气设备能源利用效率最直接的指标, 如电机的效率、变压器的效率等。能源效率通常定义为设备输出的有用能量与输入的总能量之比, 用百分数表示; (2) 功率因数, 反映了气设备对电网功率的有效利用程度。功率因数越低, 说明设备从电网中吸收的无功功率越多, 造成电网传输效率降低和线路损耗增加。提高功率因数可减少电网的负担, 提高能源利用效率^[3]; (3) 单位产品能耗, 对于一些生产型机械电气设备, 如机床、注塑机等, 单位产品能耗是衡量其能效的重要指标。表示生产单位产品所消耗的能源量, 单位产品能耗越低, 说明设备在生产过程中的能源利用效率越高; (4) 待机能耗, 随着自动化程度的提高, 许多机械电气设备在待机状态下仍会消耗一定的能量。待机能耗虽然单个设备的数值可能较小, 但由于设备数量众多, 总体待机能耗不容忽视。降低待机能耗也是提高机械电气设备能效的一个重要方面。

2 机械电气设备节能技术

2.1 电机节能技术

一方面, 高效电机采用先进的设计和制造工艺, 如优化的电磁设计、高性能的磁性材料、精密的制造工艺等, 相比普通电机具有更高的效率。在相同的负载条件下, 高效电机能降低电能消耗, 提高能源利用效率。一般而言, 高效电机的效率比普通电机高出 2% ~ 8%; 另一方面, 许多机械电气设备在运行过程中, 其负载需求是不断变化的。传统的电机采用恒速运行方式, 当负载低于额定负载时, 电机的效率会大幅下降, 造成能源浪费。电机调速技术根据负载的变化实时调节电机的转速, 使电机始终运行在高效区。常见的电机调速技术有变频调速、电磁调速、液力耦合调速等, 其中变频调速技术应用最为广泛。通过变频调速改变电机电源的频率来调节电机转速, 具有调速范围广、精度高、节能效果显著等优点, 一般可节能 20% ~ 50%^[4]。

2.2 变压器节能技术

变压器作为电力系统中关键的电气设备, 在电能传输与分配过程中发挥着重要作用, 其能耗水平对整个电力系统的能源效率有着重要影响。因此, 变压器节能技术成为提升能源利用效率、降低电力损耗的关键。传统变压器铁芯多采用硅钢片, 在运行时会产生磁滞和涡流损耗。而低损耗变压器, 尤其是非晶合金铁芯变压器, 为节能带来了新突破。非晶合金材料具备特殊的原子结构, 磁导率高、矫顽力低, 这使得非晶合金铁芯变压器空载损耗大幅降低, 相比传统硅钢片铁芯变压器, 可降低 70% ~ 80%。这意味着在变压器空载或轻载运行时, 能极大地减少不必要的电能消耗。尽管非晶合金铁芯变压器初期购置成本相对较高, 但长远来看, 其在长期运行中节省的电费远超购置成本增加部分, 节能效益显著, 在电网改造和新建变电站中被广泛应用; 同时, 根据实际用电负荷合理选择变压器容量, 当变压器容量过大, 而实际负荷较小时, 就会出现“大马拉小车”现象, 导致变压器运行效率低下, 空载损耗占比增大, 造成能源浪费。相反, 若容量过小, 又无法满足用电需求, 会影响正常生产生活。因此, 在选择变压器容量前, 需对用电负荷进行精准预测和详细分析。可以通过收集历史用电数据, 运用科学的负荷预测方法, 如时间序列法、回归分析法等, 准确预估未来一段时间内的负荷变化情况。同时, 考虑用电设备的同时使用系数、负载率等因素, 以此确定合适的变压器容量。并且, 在运行过程中, 可根据负荷变化调整变压器的运行方式, 如采用并列运行、经济运行等策略, 确保变压器始终处于高效运行状态, 提高能源利用效率。此外, 变压器节能技术采用低损

耗变压器和合理配置容量, 在降低能源消耗、提高电力系统运行效率方面效果显著。随着技术的不断发展和创新, 未来变压器节能技术将朝着更高效、智能的方向迈进, 为构建绿色低碳的能源体系发挥更大作用^[5]。

2.3 照明节能技术

传统的白炽灯发光效率低, 大部分电能都转化为热能而浪费掉。目前, 高效照明灯具如荧光灯、节能灯、LED 灯等得到了广泛应用。荧光灯的发光效率比白炽灯高 3 ~ 4 倍, 节能灯的发光效率比荧光灯还要高 20% ~ 30%, 而 LED 灯则具有更高的发光效率和更长的使用寿命, 其能耗仅为白炽灯的 1/10, 荧光灯的 1/2 ~ 1/3。在机械电气设备的工作场所, 采用高效照明灯具可显著降低照明能耗; 此外, 安装照明智能控制系统, 如光控开关、时控开关、智能调光系统等, 可以根据环境光线的变化和人员活动情况自动控制照明灯具的开关和亮度, 实现照明系统的节能运行。例如: 在白天光线充足时, 自动关闭部分或全部照明灯具; 在人员离开工作区域一段时间后, 自动关闭照明灯具等。照明智能控制系统的应用, 可进一步提高照明节能效果, 节能率可达 30% ~ 50%。

2.4 余热回收利用技术

在机械电气设备运行中, 大量余热被白白浪费, 余热回收利用技术则是改变这一现状的关键, 能将废弃余热转化为可利用能源, 显著提升能源利用效率。在工业生产中, 许多设备会产生余热, 如工业锅炉、冶炼炉、内燃机等。以工业锅炉为例, 其排烟温度常达数百度, 蕴含大量热能。传统做法是直接排放, 不仅浪费能源, 还可能造成热污染。结合余热回收利用技术, 就能回收这些余热。常见的余热回收方式多样。余热锅炉是其中之一, 利用高温烟气的热量产生蒸汽, 这些蒸汽可用于工业生产流程, 比如在化工、造纸行业, 为化学反应、烘干等环节提供热能; 也能用于区域供暖, 满足周边居民或企业的取暖需求。此外, 热泵技术同样发挥着重要作用, 把低品位余热提升为高品位热能, 就是利用少量电能作为驱动力, 将原本难以直接利用的低温余热, 转化为可用于加热、制冷的高品位热能, 实现余热的高效利用, 广泛应用于建筑供暖、制冷系统中。余热发电装置则是将余热转化为电能, 实现能源的二次利用^[6]。一些大型钢铁厂利用高炉余热发电, 产生的电能可满足部分厂区用电需求, 减少对外部电网的依赖, 降低用电成本, 还能提高能源自给率。

3 节能技术应用中存在的问题

3.1 成本问题

节能技术和设备的初期投资成本通常较高, 如高效电机、低损耗变压器、LED 灯等的价格都比普通设备

高。对于一些企业而言,尤其是中小企业,较高的投资成本可能成为推广应用节能技术的障碍。此外,节能技术的研发和应用还需要投入大量的人力、物力和财力进行技术研发、设备改造、运行维护等,这些成本也会影响企业实施节能措施的积极性。

3.2 技术兼容性问题

在对现有机电设备进行节能改造时,会遇到节能技术与原有设备不兼容的问题。某些电机调速系统与原有的机械设备连接后,出现振动、噪声过大、控制不稳定等问题;一些余热回收装置与现有生产工艺系统的集成难度较大,需对整个系统进行较大的改动。技术兼容性问题不仅会增加节能改造的难度和成本,还影响设备的正常运行和生产效率。

3.3 标准和规范不完善

目前,我国在机械电气设备能效评估和节能技术方面的标准和规范还不够完善,存在标准不统一、更新不及时等问题,使得企业在进行能效评估和节能改造时缺乏明确的依据和指导,不同企业之间的评估结果和节能效果难以进行比较和衡量。同时,标准和规范的不完善,也不利于节能技术的推广和应用,限制节能产业的发展。

3.4 人员意识和技术水平不足

部分企业管理人员和操作人员对能源节约和环境保护的意识淡薄,缺乏对节能技术的了解和认识,认为节能工作会增加企业的成本和管理难度,对节能改造工作不够重视。此外,一些企业的技术人员缺乏节能技术方面的专业知识和技能,无法有效实施节能措施和对节能设备进行维护管理,影响节能技术的应用效果。

4 机械电气设备节能技术发展趋势

4.1 智能化节能技术的发展

随着人工智能、物联网、大数据等信息技术的飞速发展,机械电气设备的智能化节能技术将成为未来的发展趋势。在设备中安装传感器、智能控制器等设备,实现对设备运行状态的实时监测和数据分析,利用智能算法自动优化设备的运行参数和控制策略,实现设备的智能化节能运行。智能电机控制系统根据负载变化自动调整电机的转速和转矩,使电机始终保持最佳的运行效率;智能照明系统根据人员活动和环境光线变化自动调节照明亮度和开关状态,实现照明系统的智能化节能控制。

4.2 多能互补与综合能源利用

机械电气设备的节能技术未来将更加注重多能互补与综合能源利用,整合多种能源形式,如电能、热能、

太阳能、风能等,实现能源的梯级利用和优化配置,提高能源利用效率。在一些工业企业中,将余热回收利用与太阳能光伏发电、风力发电相结合,建立综合能源系统,实现能源的自给自足和高效利用;在建筑物中,采用地源热泵、空气源热泵等技术,实现供热、制冷、热水供应等多种功能的一体化,提高能源利用效率和建筑的节能水平。

4.3 绿色设计与制造

从源头上提高机械电气设备的能源效率,绿色设计与制造将成为未来的重要发展方向。在设备设计阶段,充分考虑能源效率、材料选择、可回收性等因素,采用优化的结构设计和节能技术,使设备在整个生命周期内都具有较低的能源消耗和环境影响。采用轻量化设计技术,减少设备的材料用量和运行能耗;选用环保、可回收的材料,降低设备报废后的环境污染;在制造过程中,采用先进的制造工艺和节能设备,降低生产过程中的能源消耗。

5 结束语

对机械电气设备的能效评估与节能技术进行研究,有利于提高能源利用效率、实现可持续发展。通过科学合理的能效评估方法和指标体系,可准确评价设备的能源利用状况,为节能技术的应用提供依据。目前,电机节能技术、变压器节能技术、照明节能技术、余热回收利用技术等已在实际中得到了广泛应用,并取得显著的节能效果。未来,智能化节能技术、多能互补与综合能源利用、绿色设计与制造,将成为机械电气设备能效评估与节能技术的发展趋势。我们应紧跟时代发展步伐,加大研发投入,积极推广应用节能技术,为实现能源的高效利用和经济社会的可持续发展做出贡献。

参考文献:

- [1] 贺宁.发电厂电气设备能效管理与节能措施研究[J].现代工程科技,2024,03(10):17-20.
- [2] 李卫国.基于自适应控制算法的电气设备能效优化研究[J].电气技术与经济,2024(09):11-13.
- [3] 胡二奎.市政工程电气设备能效管理与节能控制技术研究[J].建筑与施工,2024,03(04):35-36.
- [4] 郭志勇,常少波.电气设备能效管理与节能技术研究[J].数字化用户,2024(12):229-230.
- [5] 万欣荣.低压电气设备维护中的能效管理与优化[J].建筑与施工,2024,03(11):141-142.
- [6] 张文康.发电厂电气设备运行效率提升策略研究[J].模型世界,2024(34):109-111.