

电气工程自动化中的节能技术及其应用效果分析

陈学智

天津市煦润供热有限责任公司 天津 301700

摘要: 本论文系统探讨电气工程自动化中节能技术的分类、核心原理及应用效果。深入剖析变频调速、功率因数补偿、智能控制等关键节能技术的工作机制,结合工业生产、建筑楼宇、电力系统等典型场景,分析节能技术的具体应用方案与实施路径。通过能耗数据监测、经济效益评估、环境效益分析等手段,对节能技术应用效果进行量化评估。研究发现,合理应用节能技术可使电气系统能耗降低20%~40%,显著减少运行成本与碳排放。本研究旨在为电气工程自动化领域节能技术的推广应用提供理论依据与实践参考,助力实现能源高效利用与可持续发展目标。

关键词: 电气工程自动化;节能技术;变频调速;智能控制;应用效果

引言:在全球能源危机与环境问题加剧,我国“双碳”目标驱动下,各行业节能减排任务紧迫。电气工程自动化系统广泛应用于多领域,能耗占全社会总能耗40%以上,传统设备15%~30%的能源浪费问题突出,如工业电机非满负荷运行时电能利用率不足60%。节能技术虽不断发展并应用,但技术推广受阻、效果评估缺失,企业选型盲目。深入剖析节能技术原理、应用与效果,能为行业节能降耗、迈向可持续发展提供有力支撑,对实现“双碳”目标意义重大。

1 电气工程自动化节能技术的分类与核心原理

1.1 按技术功能分类

根据技术功能特性,电气工程自动化节能技术可分为电力变换节能技术、系统优化节能技术和能源管理节能技术三大类。电力变换节能技术主要通过优化电能转换过程实现节能,如变频调速技术改变电机供电频率,使其转速与负载匹配;变压器节能技术通过改进铁芯材料与绕组设计,降低磁滞与涡流损耗。系统优化节能技术聚焦电气系统整体结构与运行参数的优化,包括供电系统的合理规划、线路布局优化等,减少传输过程中的线路损耗。能源管理节能技术借助智能监测与控制系统,实时采集能耗数据,通过数据分析实现能源的精准分配与动态调控。

1.2 按能量利用方式分类

从能量利用角度,节能技术可分为直接节能技术和间接节能技术。直接节能技术通过提高设备能效直接降低能耗,如高效电机采用新型电磁材料与优化设计,将电机效率提升至95%以上;LED照明技术相比传统白炽灯,光效提高80%,能耗降低70%^[1]。间接节能技术则通过系统优化、智能控制等手段间接实现节能,例如智能楼宇控制系统根据环境与人员活动自动调节照明、空调

等设备运行状态,避免能源浪费。

1.3 核心节能原理

电气工程自动化节能技术的核心原理基于能量守恒定律与系统优化理论。在电力变换过程中,通过减少能量转换环节的损耗,提高电能利用率;在系统运行层面,运用智能控制算法与优化模型,实现设备运行参数的动态调整,使系统始终处于高效运行状态。例如,变频调速技术通过改变电机输入频率,使电机转速与负载需求匹配,避免“大马拉小车”现象;功率因数补偿技术通过并联电容或电感,提高系统功率因数,减少无功功率损耗,降低线路电流与发热,从而实现节能。

2 电气工程自动化中的关键节能技术

2.1 变频调速技术

变频调速技术是电气工程自动化中应用最广泛的节能技术之一。其工作原理是通过变频器将固定频率的交流电转换为频率可调的交流电,从而调节电机转速。以异步电机为例,根据电机转速公式: $n = 60f/p(1-s)$ (其中 n 为转速, f 为频率, p 为磁极对数, s 为转差率),当负载降低时,通过降低供电频率 f ,可使电机转速相应下降,减少电机运行功率。在工业生产中,变频调速技术已广泛应用于风机、水泵等设备。例如,某钢铁厂将原有定速风机更换为变频调速风机后,根据生产需求实时调节风量,年节电率达28%,年节约电费超300万元。此外,变频调速技术还可实现电机软启动,降低启动电流对电网的冲击,延长设备使用寿命。

2.2 功率因数补偿技术

功率因数作为衡量电气设备电能利用效率的核心指标,直接影响着电力系统的运行质量与能耗水平。当功率因数较低时,电气系统中会产生大量无功功率损耗,导致电流增大、线路发热加剧,不仅降低电能传输效

率,还增加设备运行负担。功率因数补偿技术通过在电路中并联电容器或电抗器,精准调整电路无功功率,成为提升电能利用效率的关键手段。在实际应用中,针对电动机、变压器等感性负载运行时产生的感性无功,并联电容器可输出容性无功进行抵消,促使功率因数趋近于理想值1。以某大型化工企业为例,其生产设备运行时功率因数长期处于0.78的较低水平,大量无功功率导致线路电流过高,设备损耗严重。通过安装智能无功补偿装置,实时监测并动态调整无功功率输出,成功将功率因数提升至0.95。改造后,线路电流降低20%,年节约电量达120万度,显著减少了电能传输过程中的损耗。同时,变压器和线路因电流降低而减少发热,设备维护周期延长,年维护成本降低超30%,充分展现了功率因数补偿技术在节能降耗与设备保护方面的双重价值。

2.3 智能控制技术

(1)智能控制技术深度融合人工智能、物联网与大数据分析,成为电气工程自动化节能的核心驱动力,推动电气设备运行模式向智能化、精细化方向变革。该技术依托遍布系统的传感器网络,实时采集温度、电流、电压、设备运行状态等多维数据,并借助边缘计算与云端处理能力,通过预设规则或机器学习算法进行数据挖掘与分析,实现对设备运行参数的动态优化调整,从而达到能源高效利用的目的。(2)在智能楼宇领域,智能控制技术的节能优势尤为显著。以大型商业综合体为例,智能楼宇控制系统通过安装温湿度传感器、人体红外传感器、光照度传感器等设备,实时感知室内外环境变化与人员活动情况^[2]。当检测到室内无人时,系统自动关闭照明与空调设备;光照充足时,智能调节灯光亮度,避免能源浪费。某城市地标性写字楼引入该系统后,通过对空调、照明、电梯等设备的协同控制,使整栋建筑能耗降低28%,其中照明能耗下降40%,空调能耗减少25%,大幅降低了运营成本。(3)智能家居场景中,智能控制技术通过手机APP与语音交互实现家电设备的远程操控与节能管理。智能插座内置的能耗监测模块可实时记录电器功率、用电量等数据,结合用户使用习惯,利用人工智能算法分析设备使用规律。当检测到电视、电脑等设备处于待机状态超过一定时间,智能插座自动切断电源;针对空调、热水器等大功率电器,系统根据用户设定的回家时间提前启动,避免设备长时间空转。某智能家居改造项目数据显示,通过智能控制技术,家庭用电量降低18%,用户不仅享受便捷生活,还实现了显著的节能效果。

2.4 高效电气设备应用

采用高效电气设备是电气工程自动化节能的重要突破口。高效电机通过选用高导磁率硅钢片,结合优化的绕组设计,有效降低磁滞与涡流损耗,较普通电机效率提升5%~8%,在持续运转的工业场景中优势显著。非晶合金变压器则利用非晶态金属材料低磁滞损耗特性,使空载损耗较传统变压器降低70%~80%,在电网长期运行中大幅减少电能浪费。例如,某城市在配电网改造时,换装200台非晶合金变压器,年节约电量达800万度,显著降低了电网运行成本。LED照明技术凭借高光效、长寿命、低能耗的特性,正加速替代传统照明设备。某大型商业综合体完成LED照明改造后,照明能耗降低60%,且因使用寿命延长,灯具更换与维护频次大幅减少,综合成本显著下降,成为高效设备节能应用的典型范例。

3 节能技术在典型电气自动化场景中的应用

3.1 工业生产场景

(1)在工业生产中,电气自动化系统能耗主要集中在电机驱动、加热炉、制冷设备等环节。以纺织行业为例,通过在纺织机、风机、水泵等设备上应用变频调速技术,根据生产工艺需求调节电机转速,可降低能耗25%~35%。同时,采用智能控制系统对生产线进行整体优化,根据订单量动态调整设备运行数量与参数,避免设备空转与能源浪费。(2)在钢铁企业中,电弧炉炼钢是高耗能环节。通过应用功率因数补偿技术,提高电弧炉供电系统的功率因数,降低无功损耗;采用高效变压器与节能型电极调节装置,减少电能转换与传输过程中的损耗。某钢铁厂实施节能改造后,吨钢电耗降低8%,年节约电量超5000万度。

3.2 建筑楼宇场景

(1)建筑楼宇中的电气能耗主要来自照明、空调、电梯等设备。在智能建筑中,通过智能照明控制系统实现按需照明,如采用人体感应、光照度感应技术,在无人或光照充足时自动关闭或调暗灯光,可降低照明能耗30%~50%。智能空调系统根据室内外温度、人员密度自动调节制冷/制热强度,结合变频技术实现压缩机的节能运行。(2)在大型商业建筑中,能源管理系统(EMS)发挥重要作用^[3]。EMS通过采集各区域能耗数据,分析能源使用规律,优化设备运行策略。某购物中心应用EMS后,通过合理调度空调、电梯等设备运行时间,年节约电量达300万度,运营成本降低12%。

3.3 电力系统场景

(1)在电力系统的全链条运行中,节能技术深度渗透于发电、输电、配电各关键环节。于发电侧,风力发电、光伏发电等新能源技术的大规模并网应用,有效降

低了对煤炭、天然气等传统化石能源的依赖。以甘肃酒泉千万千瓦级风电基地为例,其通过智能微电网技术,实时监测风光资源波动,结合储能系统调节电力输出,实现风电、光电与火电的协同互补,大幅提升了能源综合利用效率。(2)输电与配电环节同样是节能改造的重点领域。高压直流输电(HVDC)技术凭借无感抗、容抗损耗的优势,在长距离、大容量电力传输中成效显著,如我国“西电东送”工程采用该技术,相比传统交流输电减少损耗约15%。同时通过优化电网拓扑结构,缩短供电半径,配合非晶合金变压器等节能设备的替换,可进一步降低线路损耗。某省级电网通过实施节能改造工程,将线损率从8%降至5%,年节约电量突破1亿度,不仅减少了电力传输过程中的能源浪费,更为构建绿色低碳电网奠定了坚实基础。

4 节能技术的应用效果评估与量化分析

4.1 能耗监测与数据分析

建立能耗监测系统是评估节能技术效果的基础。通过安装智能电表、传感器等设备,实时采集电气系统各环节的能耗数据,包括电压、电流、功率、电量等参数。利用大数据分析技术,对能耗数据进行统计分析,绘制能耗曲线,识别高耗能设备与环节,为节能优化提供数据支持。例如,某工业企业通过能耗监测发现,空压机系统能耗占全厂总能耗的35%,且存在频繁启停、空载运行现象^[4]。针对此问题,企业对空压机系统实施变频改造与智能控制,改造后系统能耗降低30%,通过数据分析验证了节能技术的有效性。

4.2 经济效益评估

经济效益评估主要从节能收益、投资成本与投资回收期等方面进行。节能收益通过计算实施节能技术前后的能耗差值,结合电价得出节约电费金额。投资成本包括设备采购、安装调试、人员培训等费用。投资回收期计算公式为:投资回收期=总投资成本/年节能收益。以某建筑照明节能改造项目为例,项目总投资80万元,采用LED照明与智能控制系统后,年节约电费30万元,投资

回收期约2.7年。随着节能技术的不断成熟,设备成本逐渐降低,投资回收期进一步缩短,经济效益更加显著。

4.3 环境效益分析

环境效益分析表明,电气自动化节能技术的应用对减少碳排放与污染物排放成效显著。以标准煤耗与碳排放系数换算,每节约1万度电可减少约8吨标准煤消耗,同时减排二氧化碳20吨、二氧化硫0.6吨^[5]。在某工业园区实施全面节能改造后,年节约电量达5000万度,相当于减少标准煤消耗4万吨,并实现二氧化碳减排10万吨、二氧化硫减排300吨。这一成果不仅有效降低了区域温室气体与大气污染物排放总量,还显著改善了空气质量与生态环境,为区域绿色低碳转型提供了有力支撑。

结语

电气工程自动化节能技术对能源高效利用与碳减排意义重大,变频调速、智能控制等技术在多场景应用中,实现20%~40%的节能成效,创造显著经济与环境效益。但目前推广受限于技术认知匮乏、投资成本高昂、标准体系缺失等难题。未来,伴随技术创新与政策扶持,节能技术将加速智能化、集成化进程,深度融合新兴技术。通过强化研发、完善政策、优化评估体系,可推动其广泛应用,为达成“双碳”目标、实现可持续发展注入强劲动力。

参考文献

- [1]芦燧.电气工程自动化中的节能技术及其应用效果分析[J].品牌与标准化,2025,(02):130-132.
- [2]韩长安.基于电气工程自动化的智能照明节能技术[J].光源与照明,2025,(02):67-69.
- [3]高珊,李奥,胡森.照明系统的节能策略与电气工程自动化技术[J].中国照明电器,2024,(11):140-142.
- [4]钱其锋.电气工程自动化技术在水电站节能减排中的应用研究[J].电力设备管理,2024,(21):255-257.
- [5]邓雨佳.电气工程自动化节能环保技术研究[J].通讯世界,2024,31(04):88-90.