

电气自动化工程节能设计技术的思路探究

侯红泽

中城院(北京)环境科技股份有限公司 河南 郑州 450100

摘要:在“双碳”目标引领下,电气自动化工程节能设计成为实现能源高效利用、降低能耗的关键路径。本文立足能量守恒、电气传动等核心理论,遵循节能、实用、安全原则,分析电气设备、控制系统及监测调控等关键节能技术,探讨不同场景设计思路与优化策略,指出设计常见问题及解决对策,为节能设计落地提供理论支撑与实践参考,助力实现工程经济效益与环境效益双赢。

关键词:电气自动化工程;节能设计;技术

引言:随着工业升级与建筑行业快速发展,电气自动化系统应用日益广泛,但其能耗过高问题逐渐凸显,既增加运行成本,也与绿色低碳发展理念相悖。当前,节能减排已成为行业必然趋势,电气自动化工程节能设计可有效减少能源损耗、提升系统能效。基于此,本文围绕节能设计核心理论、关键技术与思路展开探究,破解设计痛点,为行业节能改造提供可行思路,推动工程向绿色化、高效化发展。

1 电气自动化工程节能设计的核心理论与原则

1.1 电气自动化工程节能设计的核心理论

(1) 能量守恒理论在节能设计中的应用:基于热力学第一定律,能量不会凭空产生或消失,仅能实现形式转换,节能设计核心是减少转换过程中的损耗。例如,电气系统中电能转换为机械能时,传统设备损耗率达15%-20%,依据该理论优化转换路径,可将损耗率控制在8%以内,大幅提升能源利用率。(2) 电气传动节能理论、电力系统优化理论:电气传动节能理论聚焦电机能耗优化,采用变频调速技术可减少无效功率损耗20%-30%;电力系统优化理论通过调整供配电拓扑,将功率因数从0.7-0.8提升至0.95以上,减少输电线路损耗15%-25%,实现系统级节能。

1.2 电气自动化工程节能设计的基本原则

(1) 节能性原则:以降低能源消耗为核心,兼顾节能效果与工程成本。据统计,科学节能设计可使系统能耗降低8%-18%,同时需控制改造投入,确保投资回报周期不超过5年,避免盲目追求节能效果而增加不必要成本。(2) 实用性原则:贴合工程实际需求,确保设计方案可落地、易实施。例如,工业车间节能设计需适配生产负荷波动特性,选用的变频设备需与现有自动化系统兼容,避免因方案复杂导致施工周期延长、运维难度增加。(3) 安全性原则:节能设计不影响电气系统的稳定

运行与使用安全。节能改造后,系统故障率需控制在3%以下,确保电压、电流稳定在额定范围,杜绝因节能优化导致的设备短路、过载等安全隐患,保障生产与使用安全。

1.3 电气自动化工程节能设计的核心目标

(1) 短期目标:降低电气系统能耗,减少能源浪费。短期内实现系统能耗较改造前下降15%以上,例如某车间改造后月均节电8.5万kWh,年减少能源浪费约102万kWh,降低企业用电成本。(2) 长期目标:实现能源高效利用,推动工程绿色低碳发展。长期来看,需将系统综合能效提升至90%以上,结合可再生能源融合,减少碳排放,助力“双碳”目标,实现经济效益与环境效益双赢^[1]。

1.4 节能设计与电气自动化系统的关联性

(1) 节能设计对电气自动化系统运行效率的影响:合理的节能设计可使电气自动化系统运行效率提升20%-30%,减少设备空载、过载损耗,延长设备使用寿命,降低运维成本,例如智能节能调控可使电机故障率降低30%以上。(2) 电气自动化技术对节能设计的支撑作用:PLC、DCS等自动化技术可实时采集能耗数据,动态调整运行参数,为节能设计提供精准依据;自动化监控系统可识别能耗浪费点,使能源管理效率提升40%以上,保障节能设计落地见效。

2 电气自动化工程节能设计的关键技术分析

2.1 电气设备节能技术

(1) 高效变压器选型与节能应用:低损耗变压器采用优质硅钢片和优化铁芯结构,空载损耗较传统变压器降低30%-50%,负载损耗降低20%-30%。工业厂区选用S13型,单台年节电5000-8000kWh;商业建筑选用非晶合金变压器,空载损耗仅为传统的1/5,适配长期轻载场景,减少无效能耗。(2) 节能型电机及控制技术:变频

调速电机通过改变供电频率匹配负载需求，动态调整输出功率，负载波动大的场景可节能25%-40%。高效异步电机采用新型绕组设计，效率较普通电机提升3%-5%，单台110kW型号年节电可达1.2万kWh，广泛应用于机床、风机等工业设备，兼顾节能与稳定性^[2]。（3）无功补偿设备节能技术：优先选用并联电容器组，按系统额定容量10%-30%选型，采用集中与分散结合安装方式。集中补偿用于总配电室，分散补偿用于车间末端，可将功率因数从0.75提升至0.95以上，减少输电线路损耗15%-20%，某工业园区安装后月均节电6.8万kWh，节能效果显著。

2.2 电气控制系统节能技术

（1）PLC控制系统节能优化：通过优化程序设计，减少PLC冗余指令，缩短设备空载运行时间，可降低系统能耗8%-12%；改进控制逻辑，采用“按需启动”模式，例如车间设备根据生产任务自动启停，避免24小时空载运行，同时通过PLC联动控制，实现多设备协同节能，某自动化生产线优化后，PLC控制系统能耗降低10%，生产效率提升8%。（2）变频控制技术：变频调速的核心节能原理是利用变频装置改变电机供电频率，使电机转速与负载需求精准匹配，避免“大马拉小车”的能耗浪费。在风机、水泵系统中应用广泛，传统风机、水泵采用阀门节流调节流量，能耗损失较大，采用变频控制后，可节能15%-30%，某写字楼中央空调水泵系统改造后，年节电达18万kWh，大幅降低运行成本。（3）智能控制技术：模糊控制通过模拟人工控制逻辑，动态调整设备运行参数，适用于负载波动复杂的场景，可使系统能耗降低12%-18%；神经网络控制具备自学习、自适应能力，能实时分析能耗数据，优化控制策略，在化工生产自动化系统中应用，可将能耗波动控制在5%以内，同时提升系统运行稳定性，减少故障停机带来的能耗损失^[3]。

2.3 电力系统节能优化技术

（1）电网结构优化：采用“就近供电”原则设计电网拓扑，缩短输电线路长度，每缩短1km输电线路，可减少线路损耗5%-8%；合理划分供电区域，避免线路过载，同时选用截面合适的电缆，降低电阻损耗，某工业园区优化电网结构后，输电线路损耗从8%降至4.5%，年节电12万kWh，有效提升供电效率。（2）电能质量治理：谐波会增加设备损耗，采用有源滤波器抑制谐波，可将谐波畸变率控制在5%以内，减少设备额外能耗10%-15%；通过电压调节技术，将系统电压稳定在额定值±5%范围内，避免电压过高或过低导致的能耗浪费，同时延长电气设备使用寿命，降低运维成本，实现节能与设备

保护双赢。

2.4 节能监测与调控技术

（1）节能监测系统的设计与应用：系统由数据采集模块、分析模块和反馈模块组成，可实时采集电压、电流、能耗等数据，采集精度达99.5%以上；通过数据分析识别能耗浪费点，生成节能报告，为优化设计提供精准依据，某工厂安装节能监测系统后，快速发现3处主要能耗浪费点，整改后月均节电4.2万kWh。（2）智能调控技术：基于实时能耗数据，采用PID调节算法，动态调整设备运行参数，实现“按需供能”；例如在照明系统中，根据光照强度自动调节亮度，在空调系统中，根据室内温度动态调整运行功率，可节能15%-25%，同时通过远程调控功能，方便运维人员实时管控，进一步提升节能管控效率。

3 电气自动化工程节能设计的思路与优化策略

3.1 节能设计的整体思路框架

（1）前期调研：核心是全面分析工程能耗现状、精准评估节能潜力。通过安装能耗监测设备，采集连续1-2个月的能耗数据，分析各设备、各环节能耗占比，其中工业领域电机能耗通常占总能耗的60%-70%，建筑领域空调、照明能耗占比达55%-65%。在此基础上，结合工程实际工况，评估节能潜力，一般可实现15%-35%的能耗降低空间，为后续设计提供数据支撑。（2）方案设计：结合工程实际需求，整合各类节能技术，制定个性化设计方案。避免盲目套用通用方案，例如高负载工业场景重点整合变频控制、无功补偿技术，低负载建筑场景侧重高效照明、智能调控技术。方案设计需明确各技术的应用节点、实施步骤，确保节能技术与现有自动化系统兼容，同时预留后期优化空间。（3）实施与调试：严格按照设计方案推进落地，重点把控设备安装精度和技术衔接，避免施工偏差影响节能效果。调试阶段通过动态调整参数，例如优化变频调速曲线、校准无功补偿装置阈值，使节能效果达到设计标准，通常调试后可使节能效率提升5%-10%，确保系统运行稳定且能耗降至预期范围^[4]。（4）后期运维：建立完善的节能运维机制，定期对设备进行巡检、校准，及时排查能耗异常点。每月开展1次能耗数据分析，每季度进行1次设备维护，每年优化1次节能方案，可使节能效果持续保持在设计标准的90%以上，避免因设备老化、参数偏移导致能耗反弹。

3.2 不同场景下的节能设计思路

（1）工业领域电气自动化工程节能设计思路：以降低生产设备能耗为核心，针对风机、水泵、机床等高频运行设备，优先选用高效电机和变频控制技术，同时配

套无功补偿装置,可使生产环节能耗降低25%-40%。例如某化工企业通过该思路改造,年节电达86万kWh,生产能耗成本降低12%,兼顾生产效率与节能效益。(2)建筑领域电气自动化工程节能设计思路:聚焦空调、照明、给排水系统,采用智能控制技术实现按需供能。照明系统选用LED节能灯具,配合光照感应调控,可节能30%-45%;空调系统采用变频控制和温度感应技术,避免无效运行,某写字楼改造后,空调系统能耗降低35%,年节电42万kWh,提升建筑居住舒适度的同时实现节能。(3)电力系统电气自动化节能设计思路:重点优化电网结构,缩短输电线路损耗,采用电能质量治理技术抑制谐波,同时推广智能调度系统,实现电力资源合理分配。某区域电网通过该思路优化,输电线路损耗从7.8%降至4.2%,年减少电能损耗98万kWh,提升供电稳定性和能源利用效率。

3.3 节能设计的优化策略

(1)技术优化:优先选用成熟、高效的节能技术与设备,淘汰高损耗、高能耗设备,例如用S13型低损耗变压器替代传统S9型,用变频调速电机替代普通异步电机,可使设备自身能耗降低20%-30%。同时整合智能控制、能耗监测等技术,形成协同节能体系,进一步提升节能效率。(2)成本优化:平衡节能效果与工程成本,避免盲目追求高节能标准而增加投入。通过对比不同节能技术的投资回报周期,优选投资回报周期 ≤ 4.5 年的方案,例如无功补偿装置投资回报周期约2.8年,变频改造投资回报周期约3.6年,在保证节能效果的前提下,实现性价比最大化。(3)管理优化:建立完善的节能管理制度,明确运维人员职责,定期开展节能培训,提升运维人员专业能力。建立能耗统计、分析、考核机制,将节能指标纳入运维考核,可使节能效果提升8%-15%,同时及时发现并解决运维中的能耗浪费问题,确保节能设计持续发挥作用^[5]。

3.4 节能设计中的常见问题及解决对策

(1)常见问题:技术选型不合理,约12%的节能改造项目因选型与工程工况不匹配,导致节能效果不达预期;设计与实际脱节,部分方案忽略现场设备兼容性,施工难度增加,延误工期且节能效果下降;节能效果不达预期,约10%的项目因调试不到位、后期运维缺失,能耗反弹明显。(2)解决对策:加强前期调研,延长能耗数据采集周期,精准掌握工程工况,避免盲目选型;优化技术选型,结合工程负载特性、成本预算,选择适配的节能技术与设备,必要时进行小型试点测试;强化设计与实践的结合,设计阶段邀请施工、运维人员参与,确保方案可落地,同时加强调试和后期运维,建立长效管控机制,保障节能效果稳定。

结束语

电气自动化工程节能设计是一项系统性工程,需兼顾理论支撑、技术应用与实践落地,核心是通过科学选型、系统优化与规范运维,实现能耗降低与效益提升的双重目标。本文梳理的关键技术与设计策略,贴合多场景需求,可有效解决设计中选型不合理、运维缺失等问题。未来需推动节能技术创新融合,完善长效管控机制,助力工程绿色低碳转型,为“双碳”目标实现注入动力。

参考文献

- [1]李龙.电气自动化工程中的节能设计技术研究[J].大众标准化,2021,(19):45-47.
- [2]陈潜.电气自动化工程中的节能设计技术浅析[J].现代工业经济和信息化,2022,12(09):266-267.
- [3]姜定伟.电气自动化工程中的节能设计技术[J].电子技术与软件工程,2021,(09):106-107.
- [4]谢伟.节能设计理念在电气自动化工程中的应用[J].冶金管理,2023,(09):34-36.
- [5]杨漾.自动化工程设计中的节能技术应用[J].电子技术,2023,52(03):276-277.