

绿色工业背景下电气仪表的节能设计与应用分析

刘宝林 王红杰

河南安钢周口钢铁有限责任公司 河南 周口 466300

摘要: 绿色工业背景下, 电气仪表节能设计对工业可持续发展意义重大。本文阐述绿色工业核心内涵, 剖析电气仪表分类、工作原理与能耗机理。从硬件和软件层面提出节能设计关键技术, 介绍其在高耗能、精密制造及智能工厂领域的应用实践。分析节能设计面临的技术与管理挑战, 提出加强产学研合作、完善标准认证体系、出台激励政策等对策, 以推动电气仪表节能设计发展, 助力绿色工业建设。

关键词: 绿色工业; 电气仪表; 节能设计; 能效优化; 可持续发展

引言: 在全球“双碳”目标引领下, 绿色工业成为工业转型升级、实现可持续发展的核心方向。电气仪表作为工业生产的关键设备, 其能耗问题不容忽视。深入探究电气仪表的节能设计, 不仅有助于降低工业生产能耗、提升能源利用效率, 更是推动绿色工业发展的必然要求。本文将围绕绿色工业背景下电气仪表的节能设计展开分析, 探讨其理论基础、关键技术、应用实践及应对策略。

1 绿色工业与电气仪表节能基础理论

1.1 绿色工业核心内涵

绿色工业是顺应生态文明建设需求, 以低能耗、低排放、高效率为核心目标的新型工业发展模式, 其核心内涵在于实现工业生产与生态环境的协调共生。它摒弃了传统工业“先污染、后治理”的粗放式发展路径, 将绿色理念贯穿于产品研发、生产制造、物流运输、报废回收全生命周期。绿色工业强调通过技术创新、流程优化、管理升级等手段, 最大限度降低资源消耗和环境污染排放, 同时提升工业生产的经济效益与社会效益^[1]。在全球“双碳”目标引领下, 绿色工业已成为推动工业转型升级、实现可持续发展的核心方向, 其发展离不开各生产环节节能技术的支撑, 电气仪表作为工业生产的“感知神经”, 其节能化升级是绿色工业建设的重要组成部分。

1.2 电气仪表分类与工作原理

电气仪表是工业生产中用于监测、测量、控制电气参数的核心设备, 根据功能可分为测量仪表、控制仪表、显示仪表三大类, 具体涵盖电流表、电压表、功率表、变频器、PLC控制器等。不同类型电气仪表工作原理存在差异, 但核心逻辑均基于信号采集与转换传输。测量仪表通过传感器感知电流、电压、功率等电气参数, 将物理信号转换为电信号; 控制仪表接收测量信号后, 与预

设阈值对比, 输出控制指令调节执行机构; 显示仪表则将处理后的电信号转换为直观的数字或指针显示, 供操作人员观测。其工作过程需依赖电源供电驱动内部电路运行, 包括信号采集模块、信号处理模块、输出模块等的协同工作, 各模块的运行状态直接影响仪表的整体性能与能耗水平。

1.3 电气仪表能耗机理分析

电气仪表的能耗主要源于内部电路运行、信号处理及辅助功能实现等环节, 其能耗机理具有多维度特征。从电路层面看, 仪表内部的电阻、电容、电感等电子元件在工作时会产生能耗, 尤其是信号放大电路、模数转换电路等核心电路, 需持续消耗电能维持稳定运行。从工作状态来看, 多数传统电气仪表采用全天候不间断运行模式, 即使在无测量需求或低负荷工况下, 仍保持满功率运行, 造成大量电能浪费。另外, 仪表的供电效率、信号传输损耗以及环境因素也会影响能耗水平, 如供电电压不稳定会增加电路能耗, 高温环境会导致元件散热能耗上升, 信号传输过程中的衰减则会促使仪表加大输出功率补偿, 进一步提升能耗。明确能耗机理是实现电气仪表节能设计的前提基础。

2 绿色工业背景下电气仪表节能设计原则与关键技术

2.1 节能设计核心原则

绿色工业背景下, 电气仪表节能设计需遵循核心功能优先、全生命周期节能、系统协同优化三大核心原则。核心功能优先原则要求在保障仪表测量精度、控制稳定性等核心性能不受影响的前提下, 开展节能设计, 避免因过度追求节能而降低仪表工作可靠性。全生命周期节能原则强调从仪表研发设计、生产制造到使用维护、报废回收的全流程融入节能理念, 不仅关注使用阶段的能耗降低, 还需优化生产环节的资源消耗和回收环节的节能效益^[2]。系统协同优化原则则要求将电气仪表纳入工业

生产整体系统, 兼顾仪表与其他设备、控制系统的协同适配, 避免单一仪表节能而导致系统整体能耗上升, 实现个体节能与系统节能的有机统一。

2.2 硬件层面节能设计关键技术

硬件层面是电气仪表节能设计的核心载体, 关键技术主要集中在低功耗元件选型、电路优化设计及散热结构改进三大方向。低功耗元件选型方面, 优先采用新型低功耗芯片、传感器及电子元件, 如采用CMOS工艺的微处理器, 其静态功耗远低于传统TTL工艺元件, 可大幅降低电路基础能耗。电路优化设计技术通过简化电路结构、采用模块化设计, 减少冗余电路带来的能耗, 同时引入电源管理电路, 实现对不同模块供电的精准控制。散热结构改进技术则通过优化仪表外壳设计、采用高效散热材料, 提升散热效率, 避免因过热导致元件能耗增加, 常见措施包括增设散热鳍片、采用风冷与自然散热结合的复合散热方式, 确保硬件在低能耗状态下稳定运行。

2.3 软件层面节能设计关键技术

软件层面节能设计以优化运行逻辑、减少无效能耗为核心, 关键技术包括智能休眠唤醒技术、自适应采样频率调节技术及数据处理优化技术。智能休眠唤醒技术通过软件编程设定休眠阈值, 当仪表处于无测量任务、信号稳定等工况时, 自动进入低功耗休眠模式, 仅保留核心监测模块运行, 收到唤醒信号后快速恢复正常工作, 可大幅降低闲置时段能耗。自适应采样频率调节技术根据测量参数的波动幅度动态调整采样频率, 参数稳定时降低采样频率, 波动较大时提升频率, 在保障测量精度的同时减少采样过程中的能耗。数据处理优化技术通过优化算法简化数据运算流程, 减少CPU运算负荷, 缩短数据处理时间, 降低运算环节的电能消耗。

3 绿色工业中电气仪表节能设计的应用实践

3.1 高耗能工业领域应用(以化工、冶金为例)

在化工、冶金等高耗能工业领域, 电气仪表节能设计的应用有效降低了生产能耗, 提升了能源利用效率。化工行业中, 在反应釜温度、压力监测环节, 采用低功耗智能仪表结合自适应采样技术, 根据反应进程动态调整采样频率, 相较于传统仪表, 能耗降低30%以上, 同时保障了反应过程监测的精准性。在冶金行业, 高炉炼铁、炼钢等环节的电气仪表采用分布式供电结合可再生能源供电模式, 利用厂房顶部光伏板为仪表供电, 减少电网电能消耗, 且通过优化散热结构, 解决了高温环境下仪表能耗过高的问题。另外, 高耗能工业领域通过引入节能型PLC控制器、变频器等仪表, 实现生产设备的精准控制, 减少因控制不当导致的能源浪费, 推动高耗能行业的绿

色转型升级。

3.2 精密制造领域应用(以电子、汽车零部件制造为例)

电子、汽车零部件制造等精密制造领域对电气仪表的测量精度和稳定性要求极高, 节能设计在此领域的应用实现了精准控制与节能降耗的双重目标。电子制造领域, 在芯片封装、电路板加工等精密工序中, 采用低功耗高精度测量仪表, 通过软件优化数据处理算法, 在保障测量精度达微米级的同时, 降低仪表运行能耗。同时, 引入智能休眠技术, 在工序间歇期使仪表进入休眠模式, 进一步减少无效能耗^[3]。汽车零部件制造领域, 在零部件尺寸检测、装配精度控制环节, 采用供电电压自适应调节的电气仪表, 根据检测任务的复杂度动态调整供电电压, 相较于传统仪表能耗降低25%左右。通过仪表与智能生产系统的协同, 实现能耗数据的实时监测与优化, 提升整个生产流程的节能效益。

3.3 智能工厂领域应用

智能工厂领域中, 电气仪表节能设计与工业互联网、大数据等技术深度融合, 构建了全流程节能监测与优化体系, 实现了工厂整体能耗的精准管控。智能工厂通过部署大量低功耗智能电气仪表, 实时采集生产各环节的能耗数据、设备运行参数等信息, 通过工业互联网传输至大数据分析平台。平台利用优化算法对数据进行分析, 识别能耗浪费环节, 输出针对性的节能优化指令, 通过仪表对生产设备进行精准调节。例如, 在智能工厂的仓储物流环节, 仪表采用太阳能供电结合智能休眠技术, 实现全天候低能耗运行; 在生产车间, 通过仪表与设备的协同控制, 实现生产负荷与能耗的动态匹配。节能仪表的应用为智能工厂构建完善的能耗统计体系, 为工厂节能管理提供精准的数据支撑, 推动智能工厂的绿色化发展。

4 电气仪表节能设计的挑战与对策

4.1 技术挑战

电气仪表节能设计当前面临诸多技术挑战, 核心集中在低功耗与高精度的平衡、复杂环境适应性及技术兼容性三大方面。在低功耗与高精度平衡方面, 传统节能技术往往以牺牲部分测量精度为代价, 如何在大幅降低能耗的同时保障仪表测量精度和控制稳定性, 是当前技术研发的核心难点。复杂环境适应性方面, 工业场景中高温、高湿度、强电磁干扰等恶劣条件, 会导致低功耗仪表的性能不稳定, 能耗控制效果下降, 现有节能技术难以全面适配复杂工业环境。技术兼容性方面, 不同厂家、不同型号的节能仪表接口协议不统一, 难以与现有工业控制系统、智能生产平台高效对接, 导致节能数据

无法有效共享,影响系统整体节能效益。新型节能材料、核心芯片等关键技术的自主化程度较低,依赖进口,也制约了节能仪表的研发与推广。

4.2 管理挑战

电气仪表节能设计的推广应用面临显著的管理挑战,主要体现在标准体系不完善、管理机制不健全及企业认知不足三大层面。标准体系方面,当前电气仪表节能相关的标准缺乏统一性和针对性,不同行业、不同场景的节能指标、设计规范不明确,导致节能仪表的研发、生产、应用缺乏统一依据,市场上产品质量参差不齐。管理机制方面,多数企业尚未建立完善的电气仪表节能管理体系,缺乏专业的节能管理团队,对仪表运行能耗的监测、统计、分析不到位,难以及时发现和解决能耗浪费问题。企业认知方面,部分企业对电气仪表节能的重要性认识不足,过于关注短期投资成本,忽视节能带来的长期经济效益和环境效益,缺乏推广应用节能仪表的主动性,制约了节能设计的广泛落地。

4.3 对策建议

4.3.1 加强产学研合作,突破关键技术

针对电气仪表节能设计的技术瓶颈,需加强企业、高校、科研院所的产学研深度合作,构建协同创新体系,集中力量突破关键技术。高校和科研院所发挥技术研发优势,聚焦低功耗高精度芯片、新型节能材料、复杂环境适应性技术等核心领域开展基础研究和应用研究;企业结合工业实际需求,提供研发方向和应用场景,将科研成果转化为实际产品。建立产学研合作平台,共享技术资源、实验设备和人才资源,加速技术研发进程。同时,加大对核心技术研究的资金投入,鼓励企业开展自主创新,提升节能仪表关键技术的自主化程度,打破国外技术垄断,为电气仪表节能设计的推广提供技术支撑。

4.3.2 完善节能标准与认证体系

完善的节能标准与认证体系是规范电气仪表节能设计、保障产品质量的重要保障。应结合不同行业、不同应用场景的需求,由政府部门牵头,联合行业协会、企业、科研机构制定统一、细化的电气仪表节能标准,明确节能指标、设计规范、检测方法等内容,确保节能仪

表的研发、生产、应用有章可循。建立健全节能仪表认证体系,设立专业的认证机构,对节能仪表产品进行严格认证,标注节能等级和能耗指标,为企业和用户直观的选择依据^[4]。加强对标准实施和认证过程的监管,严厉打击不符合标准的虚假节能产品,规范市场秩序,营造公平竞争的市场环境,推动节能仪表行业的健康发展。

4.3.3 出台激励政策(如税收优惠、补贴)

出台针对性的激励政策是提升企业推广应用电气仪表节能设计主动性的重要手段。政府可通过实施税收优惠政策,对研发、生产节能仪表的企业减免企业所得税、增值税等,降低企业研发和生产成本;对采购和应用节能仪表的工业企业,给予一定比例的税收抵扣,减轻企业投资压力。设立专项补贴资金,对符合标准的节能仪表研发项目、规模化应用项目给予直接补贴,鼓励企业加大对节能仪表的投入。另外,可建立节能效益评价机制,对节能效果显著的企业给予表彰和奖励,通过政策引导和市场激励相结合的方式,调动企业参与电气仪表节能设计推广的积极性,加速节能技术的落地应用,推动绿色工业的发展。

结束语

绿色工业背景下电气仪表节能设计是推动工业可持续发展的关键举措。尽管当前在技术与管理层面面临诸多挑战,但通过加强产学研合作、完善标准认证体系以及出台激励政策等对策,能够有效突破技术瓶颈,规范市场秩序,激发企业积极性。未来,随着节能技术的不断进步与应用推广,电气仪表将在绿色工业建设中发挥更大作用,助力工业实现高效、低碳、可持续发展目标。

参考文献

- [1]张成成.电气及仪表自动化控制系统研究[J].电子测试,2020(3):137-138,130.
- [2]袁君,朱菁文,张长帅.电气工程自动化中的仪表测控技术探究[J].现代交通与冶金材料,2023,3(S1):151-153+157.
- [3]冯小文.电气工程自动化中的仪表测控技术分析[J].电子乐园,2022(11):169-171.
- [4]马健雄.电气仪表安装及施工过程中应注意的问题探析[J].全面腐蚀控制,2022,36(11):108-110.