

电气自动化工程中的节能设计研究

林永洪

许继电气股份有限公司 河南 许昌 461000

摘要: 本文围绕电气自动化工程节能设计展开研究, 阐述其核心概念、节能理论及能耗特性, 分析变频调速、无功补偿等关键节能技术的应用原理与效果, 指出当前设计中技术适配不足、系统协同欠缺等问题, 提出定制化设计、一体化协同等优化路径, 并展望智能化、可再生能源融合等发展趋势, 为电气自动化工程节能设计的实践与优化提供理论支撑和实践参考, 助力实现能源高效利用与绿色低碳发展。

关键词: 电气自动化工程; 节能设计; 关键技术与应用

引言: 随着工业现代化与智能化快速发展, 电气自动化工程广泛应用于各领域, 其能耗问题日益突出, 节能降耗成为行业可持续发展的核心需求。当前, 如何在保障电气自动化系统稳定高效运行的前提下, 通过科学设计降低能耗、提升能效, 已成为行业研究的重点。基于此, 本文结合节能理论与工程实践, 深入探讨电气自动化工程节能设计的相关技术、现存问题及优化策略, 为行业节能发展提供可行思路。

1 电气自动化工程节能设计相关理论基础

1.1 电气自动化工程核心概念

(1) 电气自动化工程的定义与应用范围: 电气自动化工程是融合电力技术、自动化控制技术与信息技术的综合性工程, 核心是通过自动化设备与控制系统, 实现电气设备的自动监测、调控与管理, 减少人工干预。其应用范围广泛, 涵盖工业生产、建筑楼宇、电力输送、新能源等领域, 是现代工业与民生领域高效运行的核心支撑。(2) 电气自动化系统的组成与工作原理: 系统主要由检测元件、控制单元、执行机构及通信模块组成。检测元件采集电气参数与运行状态, 控制单元对数据进行分析处理并发出指令, 执行机构完成启停、调速等操作, 通信模块保障各部分协同运转, 实现电气系统的智能化、自动化管控。

1.2 节能设计核心理论

(1) 能效优先理论: 核心是将提高能源利用效率作为节能设计的首要目标, 优先采用高效节能设备与技术, 优化能源分配, 减少能源浪费, 在满足系统正常运行需求的前提下, 最大限度提升能源利用率。(2) 技术适配与全生命周期节能理论: 强调节能技术需与电气自动化系统的工况、负荷特点相适配, 同时兼顾系统设计、建设、运行、维护全生命周期, 既要降低初期节能投入, 也要减少长期运行能耗与维护成本, 实现全周期

节能效益最大化。(3) 经济性与节能协同理论: 平衡节能效果与经济成本, 避免盲目追求高节能标准而增加投资负担, 通过优化设计方案, 实现节能效益与经济效益双赢, 确保节能设计具备可行性与可持续性。

1.3 电气自动化工程能耗特性分析

(1) 工业领域电气自动化系统能耗特点: 负荷波动大, 连续运行时间长, 主要能耗集中在电机、变压器等设备, 且部分设备存在轻载、空载运行现象, 能耗损耗较为突出。(2) 建筑领域电气自动化系统能耗特点: 能耗分散, 涵盖照明、空调、给排水等多个系统, 受季节、使用场景影响大, 高峰能耗与低谷能耗差异明显, 节能潜力集中在负荷调控与设备优化。(3) 能耗损耗的主要类型与影响因素: 主要包括设备损耗、线路损耗与管理损耗, 影响因素涉及设备性能、系统设计合理性、运行负荷匹配度及维护管理水平^[1]。

1.4 节能设计的核心原则

(1) 能效优先原则: 始终将提升能源利用效率放在首位, 优先选用高效节能设备、优化控制策略, 减少无效能耗, 确保节能设计的核心目标落地。(2) 技术适配原则: 结合电气自动化系统的应用场景、负荷特性, 选择适配的节能技术与设备, 避免技术与实际需求脱节, 保障节能效果与系统稳定运行兼顾。(3) 经济性原则: 兼顾节能效果与投资成本, 优化设计方案, 控制初期投入, 同时降低长期运行与维护能耗, 实现节能效益与经济效益的协同提升。

2 电气自动化工程节能设计关键技术与应用

2.1 变频调速节能技术

(1) 变频调速技术的工作原理: 核心是通过变频装置改变供电电源的频率与电压, 调节电机的转速, 使电机运行转速与实际负荷需求精准匹配。其基于电磁感应原理, 利用变频器将工频交流电转换为可调节频率的交

流电,通过改变电机定子绕组的供电频率,实现电机转速的无级调节,避免电机长期在额定转速下运行造成的能源浪费,同时保障电机运行的稳定性。(2)变频调速技术在电机控制中的应用:广泛应用于工业风机、水泵、压缩机等拖动类设备,以及建筑空调、给排水系统的电机控制。在工业生产中,通过变频调速可根据生产负荷的变化,灵活调节风机、水泵转速,解决传统定速电机轻载、空载运行的能耗问题;在建筑领域,可适配空调系统负荷的动态变化,实现空调主机、循环水泵的节能运行,提升系统运行效率^[2]。(3)变频调速技术的节能效果分析:该技术节能效果显著,通常可实现15%-40%的节能率,负荷波动越大,节能效果越明显。对于长期处于轻载运行状态的电机,变频调速可有效降低空载损耗和负载损耗,减少电能浪费;同时,变频启动可避免电机启动时的电流冲击,延长电机使用寿命,间接降低设备维护成本,实现节能与降耗的双重效益。

2.2 无功补偿与电能质量优化技术

(1)无功功率产生的危害与节能原理:电气设备运行过程中会产生无功功率,无功功率不做功但会占用电网容量,增加线路损耗和变压器损耗,导致电网电压下降、电能质量降低,间接增加电能消耗。节能原理是通过无功补偿装置提供容性无功功率,抵消设备产生的感性无功功率,提高功率因数,减少无功功率在电网中的传输,降低线路和设备损耗,提升电网电能质量和能源利用效率。(2)智能无功补偿装置的选型与应用:选型需结合电气系统的负荷特性、无功功率需求量及运行工况,优先选用智能型无功补偿装置,如静止无功发生器(SVG)、智能电容器组等,其具备自动检测、自动补偿、灵活调节的特点,可根据系统无功功率的变化实时调整补偿容量。应用于工业车间、高层建筑、变电站等场景,有效改善电网功率因数,避免因功率因数过低导致的电费罚款,同时降低能耗^[3]。(3)谐波抑制与三相负荷平衡技术应用:电网中的谐波会增加设备损耗、干扰自动化系统正常运行,三相负荷不平衡会导致线路损耗增加、设备运行异常。通过安装谐波滤波器、有源滤波装置,可有效抑制谐波污染,净化电网环境;采用负荷均衡分配、智能调节等技术,实现三相负荷平衡,减少线路损耗,保障电气自动化系统稳定、高效运行,进一步提升节能效果。

2.3 智能监控与能源管理技术

(1)智能监控系统的组成与工作机理:系统主要由数据采集模块、通信模块、监控终端及分析软件组成。数据采集模块实时采集电气设备的运行参数、能耗

数据,通过通信模块将数据传输至监控终端,分析软件对数据进行处理、分析,实时监测设备运行状态、能耗异常情况,发出预警信号,同时可远程控制设备启停、参数调节,实现对电气自动化系统的全程智能化监控。

(2)大数据与物联网在能耗管控中的应用:大数据技术可对海量能耗数据进行深度分析,挖掘能耗规律、识别节能潜力,为节能设计优化和运行调整提供数据支撑;物联网技术实现设备、传感器、监控终端的互联互通,打破信息孤岛,实时采集设备运行状态和能耗数据,实现能耗的精细化管控,及时发现并解决能耗浪费问题,提升节能管理的效率和精准度。(3)智能能源管理平台的构建与实践:平台以数据为核心,整合能耗监测、数据分析、节能调控、报表统计等功能,实现对电气自动化系统能耗的全流程管理。实践中,通过平台可实时查看各设备、各区域的能耗数据,生成能耗分析报告,制定针对性的节能策略,同时联动控制节能设备,实现能耗的动态调控,已广泛应用于大型工业厂区、商业综合体等场景,有效提升节能管理的智能化水平^[4]。

2.4 高效设备选型与系统集成节能技术

(1)节能型电气设备的选型标准:选型需遵循能效优先、技术适配、经济性协同的原则,优先选用符合国家节能标准的高效设备,如高效节能电机、低损耗变压器、节能型断路器等。同时,结合电气自动化系统的运行负荷、工况要求,选择适配的设备规格,避免设备容量过大或过小导致的能耗浪费,确保设备运行效率最大化。(2)电气系统拓扑结构优化设计:通过优化电气系统的拓扑结构,简化线路布局,缩短线路长度,减少线路损耗;合理划分供电区域,实现负荷的均衡分配,降低变压器、线路的运行压力;采用分布式供电模式,就近供电,减少电能传输过程中的损耗,提升电气系统的整体节能性能,同时保障系统运行的稳定性和可靠性。(3)设备集成与线路损耗控制方法:在设备集成过程中,采用模块化、标准化的集成方案,减少设备之间的兼容性问题,提升系统运行效率;加强线路敷设管理,选用导电性能好、损耗低的导线,合理选择导线截面,避免线路过载运行;定期对线路、设备进行维护检修,减少接触损耗和绝缘损耗,进一步降低系统能耗,实现设备集成与节能的协同发展。

3 电气自动化工程节能设计现存问题与优化路径

3.1 当前节能设计存在的主要问题

(1)技术适配性不足问题:部分节能设计盲目照搬通用方案,未结合工程实际应用场景、负荷特性及运行工况进行定制化设计,导致节能技术与电气自动化系统

不匹配。例如,部分工业场景选用的节能设备无法适配负荷波动特点,不仅难以发挥节能效果,还可能影响系统稳定运行,造成二次能源浪费。(2)系统协同性欠缺问题:电气自动化系统各节能模块相互独立,缺乏有效的协同联动机制。无功补偿、变频调速、智能监控等技术各自运行,未形成统一的节能管控体系,导致能耗数据无法共享、调控指令无法协同,降低了整体节能效率,难以实现全系统节能效益最大化。(3)运维水平滞后与初期投入偏高问题:部分企业为控制成本,减少节能设计初期投入,选用低成本、低效能的设备与技术,导致长期运行能耗偏高。同时,运维团队专业能力不足,对节能设备、控制系统的维护保养不到位,无法及时发现并解决运行中的能耗隐患,进一步加剧了能耗浪费,影响节能效果的持续发挥。

3.2 节能设计优化路径

(1)强化定制化节能设计方案:结合工程所属领域、负荷特性、运行需求等实际情况,开展针对性的节能设计。前期全面调研能耗现状,分析节能潜力,合理选用适配的节能技术与设备,优化设计方案,避免盲目套用通用模板,确保节能技术与系统工况精准匹配,充分发挥节能效能。(2)构建一体化协同节能体系:打破各节能模块的信息壁垒,整合变频调速、无功补偿、智能监控等技术,建立统一的节能管控平台。实现能耗数据共享、调控指令协同,使各模块相互配合、协同运行,优化能源分配,提升全系统节能效率,实现节能效益最大化。(3)完善全生命周期运维机制:平衡节能初期投入与长期运行效益,选用性价比高、效能稳定的节能设备与技术。加强运维团队专业培训,提升运维人员的技术水平,建立常态化的维护保养、能耗监测与隐患排查机制,及时处理运行中的问题,确保节能设备稳定运行,保障节能效果持续落地^[5]。

3.3 电气自动化节能设计发展趋势

(1)智能化与人工智能融合发展:人工智能技术将深度融入电气自动化节能设计,通过智能算法分析能

耗数据、预测负荷变化,自动优化调控策略,实现节能运行的自主决策。同时,智能诊断、智能运维技术的应用,将进一步提升系统运行效率,降低人为干预带来的能耗浪费。(2)可再生能源与自动化系统协同应用:太阳能、风能等可再生能源将与电气自动化系统深度融合,通过自动化控制技术实现可再生能源的高效采集、存储与利用,替代传统化石能源,减少碳排放,实现能源结构优化与节能降耗的双重目标,推动绿色低碳发展。(3)数字化与数字孪生技术的深度应用:数字孪生技术将构建电气自动化系统的虚拟镜像,实时映射系统运行状态,模拟不同节能方案的运行效果,为节能设计优化、运行调控提供精准支撑。同时,数字化管控模式将实现能耗的精细化管理,进一步挖掘节能潜力,推动节能设计向精准化、高效化发展。

结束语

综上所述,电气自动化工程节能设计是实现能源高效利用、推动绿色低碳发展的重要举措,需兼顾能效、技术适配与经济性。本文研究的关键节能技术与优化路径,可有效解决当前设计中的突出问题,提升系统节能效益。未来,需持续推动节能技术与人工智能、可再生能源的深度融合,不断优化设计方案、完善运维机制,助力电气自动化工程实现全生命周期节能,为行业高质量发展注入持久动力。

参考文献

- [1]杨飞.电气自动化工程中节能设计技术的应用研究[J].电子技术,2021,50(06):160-161.
- [2]张亚琼.电气自动化工程中的节能设计技术探究[J].无线互联科技,2022,19(05):111-112.
- [3]朱玉颖.浅析电气自动化工程中的节能设计技术[J].电子元器件与信息技术,2022,6(02):67-69.
- [4]张辉.浅析电气自动化工程中的节能设计技术[J].电子元器件与信息技术,2022,6(01):108-109.
- [5]陈晶华,邓伟.电气自动化工程中的节能设计技术分析[J].电气技术与经济,2021,13(04):72-74.