

电气工程自动化及其节能设计

徐 佳

桐庐电力开发有限公司 浙江 杭州 311500

摘 要：在能源紧缺及环保需求背景下，电气工程自动化节能设计至关重要。本文首先阐述了电气工程自动化的基础概念、关键技术与应用领域，接着明确其节能设计需要遵循安全、经济、适用三大原则。接着提出了优化设备选型、改进控制策略、优化系统运行管理及应用新能源等节能方法。像太阳能、风能发电经技术集成，可优化能源结构，减少化石能源消耗，提升能效与环保性能，对能源供给结构优化意义重大。

关键词：电气工程；自动化；节能设计

引言：在全球能源危机与环境挑战日益严峻的当下，提升能源利用效率、推动可持续发展已成为各界共识。电气工程自动化作为现代工业与社会发展的关键技术支撑，在能源消耗中占据重要地位。如何在其发展过程中融入节能设计理念，降低能源损耗，提高能源利用效率，不仅是电气工程领域自身发展的需求，更是对社会节能减排号召的积极响应。本文将深入探讨电气工程自动化及其节能设计的相关内容，为该领域的发展提供有益参考。

1 电气工程自动化概述

1.1 电气工程自动化的基础概念

电气工程自动化是整合电力、电子、控制理论、计算机技术的综合性技术领域，其核心在于借助自动控制理论与计算机技术对电气系统实施精准控制与调节，以此减少生产流程对人工的依赖，达成自动化、高效化与智能化目标，且涵盖从基础理论到应用技术的完整链条。在电力系统中，它承担发电、输电、配电环节自动化监控调度任务，依靠传感器收集各类信息，执行机构执行相应操作，再结合控制算法确保电网稳定运行，实现能源合理分配。于工业制造领域，它深入渗透至生产线控制、机器人操作、质量检测等业务环节，利用可编程逻辑控制器等设备提升生产效率，保障产品一致性，同时推进电气驱动系统智能化升级，通过变频调速等技术对电机运行状态进行实时优化^[1]。该领域技术体系既包含经典控制理论中的PID调节等基础方法，也融入现代控制理论的状态空间分析等高级策略，还借助计算机技术将控制逻辑转化为硬件和软件。电气工程自动化最终目标是打造具备自诊断、自适应、自优化能力的电气系统，减少人工干预，提升系统运行效率，增强动态稳定性与长期可靠性，为现代工业生产布局调整、能源管理、社会服务提供坚实技术支撑，有力推动各行业技术

进步与发展。

1.2 电气工程自动化的关键技术

(1) 控制理论技术作为电气工程自动化的基石涵盖经典与现代控制理论，经典控制理论聚焦单输入单输出系统分析与设计，核心在于通过系统传递函数构建控制器以实现稳态误差消除、超调量控制及快速响应，其方法直接应用于线性时不变系统建模与调节；现代控制理论面向多输入多输出、非线性及时变复杂系统，采用状态空间法建立系统多维动态模型，通过最优控制求解性能指标极值问题，利用自适应控制动态调整参数以应对环境变化，满足现代电气系统高精度、强鲁棒性控制需求；(2) 电力电子技术依托功率半导体器件实现电能形态与参数的灵活调控，晶闸管、绝缘栅双极型晶体管等器件通过开关操作完成交直流转换、电压幅值调整及频率精确调制，该技术贯穿电力传输高效化、电机驱动调速精细化及新能源发电并网稳定化全流程，支撑电能的高效利用与动态平衡；(3) 计算机技术构建电气工程自动化的数据处理与控制中枢，可编程逻辑控制器凭借模块化结构、抗干扰能力及梯形图编程特性，实现工业现场逻辑与时序控制；工业控制计算机依托高性能计算架构承担复杂算法运算、多源数据融合及实时监控任务；计算机网络技术通过协议标准化与接口统一化，实现设备层、控制层与管理层的信息互联，支持远程诊断、协同操作及全局优化，全面提升系统响应速度与决策能力。

1.3 电气工程自动化的应用领域

电气工程自动化在工业生产领域成为推动制造业转型升级的核心技术，通过集成可编程逻辑控制器、传感器网络与工业机器人构建柔性制造系统，实现从原材料加工到成品包装全流程自动化，其技术内核包含对生产设备运行参数的实时监测与动态调节，确保多工序协同

作业的毫秒级同步精度,同时利用机器视觉与闭环控制技术提升加工尺寸一致性及表面质量稳定性,有效降低废品率并突破人工操作的速度限制^[2]。在电力系统领域该技术贯穿电力生产全生命周期管理,发电环节依托分布式控制系统实现锅炉—汽轮机—发电机单元的协调控制与故障自诊断,通过模型预测控制优化燃烧效率并降低污染物排放,输电环节采用行波测距与广域测量系统实现故障点快速定位与隔离,变电环节通过智能传感器与执行机构构建变电站自动化网络,完成电压等级转换与潮流调控,配电环节利用馈线自动化终端实现负荷动态分配与电能质量治理,电网调度中心基于能量管理系统整合气象数据、负荷预测与机组出力信息,通过状态估计与安全约束调度保障供需实时平衡,同时应用人工智能算法优化机组组合与检修计划,提升电力系统经济运行水平与抗扰动能力,保障供电连续性。

2 电气工程自动化节能设计的原则

2.1 安全性原则

在电气工程自动化节能设计中,安全性原则处于核心地位,是所有技术措施实施的前提条件,节能设计必须确保电气系统安全稳定运行,任何节能方案均不得对电气设备正常工作性能产生负面影响,不能以牺牲系统可靠性与稳定性为代价,这要求在设计阶段需全面评估节能措施对系统动态响应特性、过载能力及故障耐受度的影响,具体实施时需严格遵循设备额定参数与保护定值匹配原则,保证节能设备与原有系统的电气参数兼容性,包括电压等级、电流容量、频率响应等关键指标必须满足协同运行要求,同时节能装置的接入不得破坏系统原有的保护逻辑与联锁机制,需确保过流、过压、欠压等保护功能持续有效,此外节能技术应用应符合国家和行业安全标准体系,涉及电磁兼容性、防火阻燃等级、绝缘性能等安全指标必须通过强制认证,在实现节能目标过程中要建立冗余控制策略,通过多重监测手段与应急切换机制保障系统抗风险能力,特别是对关键供电回路实施节能改造时,必须保留手动干预通道并设置明显的安全警示,最终形成既满足能效优化需求又具备故障自隔离能力的安全节能体系。

2.2 经济性原则

经济性原则要求系统化权衡投资成本与长期节能收益,确保资源配置的最优化,在决策过程需建立全寿命周期成本模型,涵盖设备采购、安装调试、运行维护及残值回收等各环节费用,通过动态经济分析方法计算净现值、内部收益率等关键指标,评估不同节能方案的财务可行性,在技术选型阶段应遵循梯度优化策略,优

先选用技术成熟、性价比高的标准节能设备,如高效电机、变频调速装置等,避免过早采用尚未形成规模效应的前沿技术^[3]。注重节能措施与现有系统的适配性,减少因接口改造、参数整定等产生的附加成本,对于需要较大初始投资的节能方案,需设定明确的投资回收期阈值,结合峰谷电价相关规定、能效补贴机制等外部因素综合研判,在实现节能目标的过程中应建立成本监控体系,通过能耗数据与财务数据的联动分析,持续优化设备运行策略,此外还需考虑节能技术更新换代的节奏,在长期规划中预留技术升级空间,最终形成投资成本可控、节能效益显著、具有财务可持续性的解决方案,实现能源效率提升与企业经济效益的协同发展。经济性原则需统筹全周期成本,优选成熟技术,严控投资回收期,动态监控优化,预留升级空间,实现能效与效益协同。

2.3 适用性原则

适用性原则强调整节能方案必须与电气系统运行特性及实际需求精准匹配,不同应用场景下电气系统的负荷特征、运行模式及能效瓶颈存在显著差异,要求节能设计具备高度针对性,工业生产电气系统需结合工艺流程的时序逻辑、设备启停序列及负载波动规律,制定动态节能控制策略,通过分时分区控制、工况适应性调优等手段实现供需精准匹配,建筑电气系统则需统筹考虑建筑功能分区、使用时间规律及人员行为模式,对照明系统实施智能光度调节与区域控制,对空调系统采用温度设定值优化、新风预冷预热等策略,需关注电气系统所在地域的气候特征、能源结构及电价机制,在新能源富集区域优先强化储能与并网技术适配,在分时电价地区侧重开发负荷迁移潜力,设计过程中应避免简单套用通用节能模板,而是通过实测分析掌握系统能效薄弱点,针对变频调速范围、变压器负载率、无功补偿容量等关键参数进行定制化优化,最终形成与系统运行工况、环境条件及能效管理目标深度耦合的节能解决方案,确保节能措施在实际运行中发挥最大效用。

3 电气工程自动化节能设计的方法与应用

3.1 优化设备选型

优化设备选型是降低系统能耗的关键措施,电机作为电气系统核心耗能设备,其选型需严格匹配负载特性,应根据设备运行工况的扭矩—转速特征、负载持续率及过载需求,选择高效电机类型与精确容量等级,通过计算负载率并保留合理裕量避免“大马拉小车”或“小马拉大车”现象,对于变负载设备优先选用变频调速电机,利用其转速调节能力使电机输出与负载需求实时匹配,减少轻载时的无效能耗,变压器选型则需重点

关注能效等级与容量配置,应采用S11、S13等节能型变压器替代传统高损耗型号,通过优化硅钢片材质与电磁设计降低空载损耗和负载损耗^[4]。同时结合负荷预测分析确定变压器容量和数量,确保负载率处于经济运行区间,防止长期轻载导致铁损占比过高或过载引发铜损激增,此外需考虑多台变压器并列运行的优化组合策略,通过负荷分配调整实现损耗最小化,在设备选型过程中还应综合评估能效标识、全寿命周期成本及系统兼容性,确保所选设备既满足当前节能需求,又具备适应未来负荷变化的技术扩展空间,最终形成能耗最优的设备配置方案。

3.2 改进控制策略

改进控制策略对提升系统能效具有重要作用,智能控制技术通过模糊控制、神经网络控制等先进方法实现动态优化,其利用实时传感器数据与预设算法模型,根据系统运行状态及外部环境变化自动调节控制参数,在多变量、非线性控制场景中展现出强适应性,可有效解决传统控制方法难以处理的时变工况优化问题,通过持续计算最优操作点使设备始终保持高效运行状态;无功补偿技术针对电气系统无功功率导致的附加损耗问题,采用电容器组、静止无功补偿器等装置进行就地补偿,通过检测系统功率因数动态投切补偿单元,将功率因数提升至接近单位值,显著减少线路电流从而降低导线与变压器铜损,该技术同时具有电压支撑作用,可抑制电压波动与闪变,改善敏感设备的供电质量,实施时需结合系统谐波特性选择调谐式或非调谐式补偿方案,并配置过压欠压、过流等保护功能确保运行安全,智能控制与无功补偿技术的协同应用,既能通过智能算法优化设备运行轨迹,又能从电源侧提升电能传输效率,形成多维度节能效果,共同推动电气系统能效水平提升。

3.3 优化系统运行管理

优化系统运行管理通过能源管理系统与设备维护策略的协同实施提升能效,能源管理系统基于物联网架构集成智能电表、传感器与数据采集终端,对电气系统能耗数据进行高精度实时监测,通过数据传输网络将信息汇入中央处理平台,运用大数据分析技术挖掘能耗分

布特征与异常波动规律,识别高耗能设备及低效运行时段,进而生成设备优化调度方案或技术改造指令,实现能源分配与负载调整的动态优化^[5]。定期维护检修制度则通过标准化作业流程保障设备健康水平,依据设备制造商推荐周期及实际运行工况制定维护计划,采用振动分析、红外测温、绝缘监测等预测性维护技术提前发现部件磨损、接触不良等隐患,及时更换老化元件、调整机械间隙、清洁积尘部位,确保设备运行参数处于设计区间,避免因性能劣化导致的效率下降与能耗上升,同时建立设备能效档案记录维护前后参数变化,为后续能效评估提供数据支撑,两者结合形成数据驱动的持续改进机制,能源管理系统为维护决策提供精准导向,设备维护为系统高效运行奠定物理基础,共同构建起覆盖运行全周期的节能管理闭环。

结束语

综上所述,电气工程自动化及其节能设计是推动现代工业与能源体系绿色转型的关键技术路径。通过优化设备选型、改进控制策略、强化运行管理及新能源集成,不仅能显著提升系统能效,降低运营成本,更可促进能源结构优化与碳排放减少。未来,随着智能控制理论、电力电子技术及物联网技术的持续突破,电气工程自动化节能技术将向更高效、更智能、更环保的方向发展,为实现“双碳”目标提供坚实的技术支撑,助力全球能源可持续发展。

参考文献

- [1]张文浩.电气工程自动化与节能设计分析[J].中文科技期刊数据库(引文版)工程技术,2025(1):067-069.
- [2]杨兆权.节能设计在电气工程自动化系统中的应用实践[J].中文科技期刊数据库(文摘版)工程技术,2025(5):053-055.
- [3]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(2):130-132.
- [4]张涛.电气自动化工程中的节能设计技术[J].建材发展导向,2025,23(13):19-21.
- [5]董斌.电气工程自动化节能环保技术研究[J].智能城市应用,2025,8(3):104-106.