

电气自动化节能技术分析

郭海妮 薛春明

陕西煤业化工集团神木电化发展有限公司 陕西 榆林 719300

摘要：电气自动化技术作为工业生产与社会运行的核心支撑，其能耗水平直接影响能源利用效率与生态环境质量。本文围绕电气自动化节能技术展开分析，首先阐述其在缓解能源危机、降低企业成本、减少环境污染等方面的重要性；接着详细解析变压器节能、无功补偿、变频调速、智能控制及可再生能源利用等核心技术；随后指出技术应用中面临的成本高、标准不完善、专业人才短缺等挑战；最后针对性提出降低成本、完善标准、培养人才的应对策略，旨在为推动电气自动化节能技术的推广与应用提供参考，助力能源高效利用与可持续发展。

关键词：电气；自动化；节能技术；分析

引言：随着全球能源需求激增与环境问题日益突出，节能减排成为各国发展的重要课题。电气自动化技术作为工业生产与社会运行的核心支撑，其节能潜力的挖掘对实现能源高效利用具有关键意义。当前，我国正处于产业升级与绿色转型的关键阶段，传统电气系统能耗高、效率低的问题亟待解决。电气自动化节能技术通过优化设备运行、提升能源转化效率、整合可再生能源等方式，既能满足生产生活对电力的需求，又能减少能源浪费与污染排放。文章基于此，系统分析电气自动化节能技术的重要性、核心技术、应用挑战及应对策略，为相关领域的实践与研究提供理论依据。

1 电气自动化节能技术的重要性

1.1 缓解能源危机

当前，全球能源消耗呈持续增长态势，化石能源储量不断减少，能源供需矛盾日益凸显。我国作为能源消费大国，工业、建筑、交通等领域对电力的依赖度极高，传统电气系统能源转化率低、浪费现象普遍，进一步加剧了能源紧张。电气自动化节能技术通过优化电力设备运行效率、减少能源传输损耗、整合可再生能源等方式，能够显著提升能源利用效率。例如，变频调速技术可使电机在非满负荷状态下保持高效运行，减少无谓能耗，从而降低对传统能源的依赖，为缓解能源危机提供了切实可行的技术路径。

1.2 降低企业成本

能源成本是企业生产运营中的重要支出项，尤其对于高耗能行业，电费支出占总成本的比例可达20%以上。传统电气设备运行模式粗放，常因负载波动、设备老化等问题造成能源浪费，增加企业负担。电气自动化节能技术通过智能控制、无功补偿等手段，可实时调节设备运行状态，减少无效能耗。以变压器节能技术为例，新

型节能变压器的损耗率较传统设备降低30%以上，长期运行能为企业节省大量电费。同时，节能技术的应用还能减少设备维护频率和故障停机时间，间接降低运维成本，提升企业市场竞争力。

1.3 减少环境污染

传统能源的大量消耗是造成环境污染的主要原因之一，火力发电过程中会产生二氧化碳、二氧化硫等污染物，加剧温室效应和大气污染。电气自动化节能技术通过提高能源利用效率，可直接减少化石能源的消耗，从源头降低污染物排放。例如，智能控制技术能实现电力系统的精准调度，避免能源过剩导致的浪费，间接减少发电环节的污染。此外，节能技术与可再生能源的结合，如光伏、风电与电气自动化系统的融合，可推动清洁能源替代，进一步降低碳排放，助力“双碳”目标实现，为改善生态环境提供重要支撑^[1]。

2 电气自动化节能技术分析

2.1 变压器节能技术

变压器作为电力传输与分配的核心设备，其能耗在电网总损耗中占比超30%，节能潜力巨大。传统变压器多采用硅钢片铁芯，在运行中因磁滞和涡流效应产生较高损耗，尤其在负载率低于50%时，能效大幅下降，造成能源浪费。新型节能变压器通过材料创新与结构改进实现了能效跃升。非晶合金变压器采用铁基非晶带材制作铁芯，其独特的原子无序排列结构使磁滞损耗降低70%以上，与传统S9系列相比，空载损耗减少60%-80%，在城市配电网和高层建筑中应用广泛。立体卷铁芯变压器则通过三相卷绕式结构消除铁芯接缝气隙，让磁路更通畅，负载损耗较同容量传统变压器降低15%-25%，同时运行噪音降低10-15分贝。智能调容变压器能根据负载变化自动切换容量，当负载率低于30%时，切换至小容量模

式,空载损耗可再降40%。某工业园区将20台传统变压器更换为S15系列节能变压器后,年节电达12万千瓦时,投资回收期约4年,在节能的同时带来了可观的经济收益。

2.2 无功补偿技术

在电力系统运行中,异步电机、变压器等感性负载会持续消耗无功功率,这一过程会导致系统功率因数下降,进而增加线路传输损耗与电压损失,同时降低电力设备的实际利用效率。无功补偿技术的核心作用,是通过在电路中接入特定补偿装置,平衡感性负载的无功需求,从而提升功率因数,优化电力系统运行效率。传统的无功补偿方式多采用固定容量的电容器组,虽能在一定程度上提高功率因数,但存在明显局限。其响应速度较慢,通常需要1-3秒,难以适应负载快速变化的场景,容易出现过补偿或欠补偿的情况,影响节能效果。动态无功补偿技术则依托电力电子器件实现了突破性改进,例如静止无功发生器(SVG),通过全控型IGBT模块可实时调节输出的无功功率,响应时间仅为5-20毫秒,能精准跟踪负载波动,将功率因数稳定维持在0.95以上,大幅提升了无功补偿的及时性与准确性,有效减少了能源损耗。

2.3 变频调速技术

在工业生产中,风机、水泵、压缩机等流体机械是主要的耗能设备,这类设备传统的调节方式多为节流或风门控制,通过改变管路阻力来调整流量,这种方式会使电机始终运行在额定转速附近,造成大量能源浪费,尤其在部分负荷工况下,能效极低。变频调速技术通过改变电机的供电频率来调节转速,使电机输出功率与实际负载需求精准匹配,从根本上避免了无效能耗。其核心是变频器,由整流、滤波、逆变等电路组成,能将工频交流电转换为频率可调的电源,配合相应的控制算法,可实现电机在宽转速范围内高效运行。与传统调节方式相比,变频调速技术能显著提升设备运行效率,尤其在负载波动较大的场景中,节能效果更为突出,可大幅降低电机的能源消耗,是工业领域实现节能降耗的重要技术手段。

2.4 智能控制技术

智能控制技术是融合了物联网、大数据、人工智能等多领域知识的综合性技术,在电气自动化节能领域发挥着核心调控作用。它通过分布式传感器实时采集电气设备的运行参数,如电流、电压、温度、能耗等,构建全面的设备状态感知网络。采集到的数据经边缘计算节点快速处理后,上传至云端管理平台,平台依托智能算法对数据进行深度分析,精准判断设备运行状态及能耗瓶颈,并自动生成优化控制策略。这些策略通过执行机

构作用于电气系统,实现设备启停、负荷调节、运行模式切换等自动化操作。该技术能实现电气系统全流程的动态优化,避免人为调控的滞后性和主观性,使能源分配更合理,设备运行更高效,从而大幅提升整体节能效果,是推动电气系统向智能化、低碳化转型的关键支撑。

2.5 可再生能源利用技术

可再生能源利用技术通过与电气自动化系统深度融合,构建了清洁能源高效开发、转化与利用的完整体系,是破解传统化石能源依赖的核心路径。其核心逻辑是借助自动化技术实现太阳能、风能、生物质能等可再生能源的精准捕获、高效转化及智能分配,形成与传统电网互补的能源供给模式。光伏发电系统中,双轴自动化跟踪支架可实时追踪太阳方位角与高度角,配合最大功率点跟踪(MPPT)算法,动态调节光伏阵列工作状态,较固定支架发电量提升25%-35%;风力发电系统通过风速传感器与变桨距控制系统联动,风速低于额定值时保持最佳叶片攻角,风速过高时自动顺桨减速,确保机组在3-25m/s风速区间稳定运行,发电效率提升10%-15%。微电网自动化系统则整合多元能源与储能设备,通过能量管理算法预测负荷需求与发电出力,动态调配光伏、风电与储能资源,实现可再生能源就地消纳率超80%。该技术不仅减少了化石能源消耗带来的碳排放,更通过自动化控制突破了可再生能源的间歇性瓶颈,为电气系统提供稳定可持续的清洁能源,加速能源结构向低碳化、多元化转型^[2]。

3 电气自动化节能技术应用面临的挑战

3.1 技术成本高

电气自动化节能技术的前期投入显著高于传统技术,成为制约其普及的主要障碍。新型节能设备如非晶合金变压器、高压变频器等,因核心材料依赖进口、生产工艺复杂,单价是传统设备的1.5-3倍。例如,一套工业级动态无功补偿系统(SVG)的购置与安装成本可达数十万元,中小企业难以承担。此外,节能技术的集成应用需要对原有电气系统进行改造,涉及线路重构、控制系统升级等工程,改造费用往往超过设备本身成本。对于资金周转紧张的企业而言,高额的初始投入与较长的投资回收期(通常3-5年)形成矛盾,导致其对节能技术持观望态度,难以大规模推广。

3.2 技术标准不完善

电气自动化节能技术领域尚未形成统一、完善的标准体系,给技术应用带来诸多困扰。不同厂商的节能设备接口协议、通信标准存在差异,导致系统兼容性差,例如某工厂同时引入两家品牌的变频调速装置,因数据

格式不统一无法实现集中监控。行业标准的缺失还体现在能效评估方面,目前缺乏权威的节能效果量化指标,部分企业为追求市场份额,夸大技术节能率,误导用户决策。此外,部分新兴技术如微电网能量管理系统,尚无明确的安全运行规范,存在并网稳定性、数据安全等潜在风险,制约了其在大型工业场景的应用。

3.3 专业人才短缺

电气自动化节能技术融合了电力电子、自动控制、信息技术等多学科知识,对从业人员的综合能力要求极高,目前专业人才缺口显著。传统电工仅掌握设备运维基础知识,难以应对智能变压器、AI控制系统等新型设备的调试与故障处理,例如某工业园区的智能无功补偿系统因参数设置错误,长期处于低效运行状态。高校相关专业课程设置滞后于技术发展,培养的学生缺乏实际工程经验,企业需花费大量时间进行岗前培训。同时,具备跨领域能力的复合型人才稀缺,既懂电力系统运行又精通大数据分析的技术人员不足,导致节能系统的优化潜力无法充分发挥,影响技术应用效果^[3]。

4 应对电气自动化节能技术应用挑战的策略

4.1 降低技术成本

降低技术成本可通过技术革新与市场协作实现。企业可联合科研机构开展材料替代研究,例如开发低成本纳米晶合金替代非晶合金,在保证变压器节能性能的同时降低原材料成本。优化生产工艺也是关键,采用模块化设计缩短节能设备装配周期,某变频器企业通过流水线改造将生产效率提升40%,单位成本下降15%。产业链协作方面,上下游企业可共建共享研发平台,分摊技术攻关成本,如多家企业联合开发通用型变频控制芯片,减少重复投入。此外,推行设备租赁模式,由专业服务商提供节能设备租赁服务,企业按使用时长付费,降低初始投入压力;二手节能设备流通市场的培育,也能让中小企业以较低成本获取适用技术。

4.2 完善技术标准

技术标准的完善需依托行业自律与技术共识。龙头企业可牵头组建技术联盟,联合制定统一的接口规范,例如推动变频调速装置采用标准化通信协议,解决不同品牌设备的兼容问题。建立行业共享数据库,收集各类

节能技术的实际运行数据,形成基于实证的能效评估指标体系,避免虚标节能率现象。针对新兴技术,组织企业、科研机构开展联合测试,制定包含安全阈值、运行参数范围的技术指南,如微电网系统的并网稳定性测试标准。同时,推动技术标准与国际接轨,借鉴成熟的国际规范优化本土标准,提升技术应用的通用性与安全性。

4.3 培养专业人才

专业人才培养需构建多元化的能力提升体系。高校可与企业共建课程体系,将企业的实际技术案例融入教学,开设节能系统集成、智能设备调试等实践课程,让学生掌握变频器参数设置、无功补偿装置校准等实用技能。企业内部可建立“师带徒”培养机制,由资深技术人员带领新人参与项目实操,在变压器改造、控制系统升级等工程中积累经验。行业协会可定期举办技能竞赛与技术沙龙,搭建交流平台,促进从业人员分享节能技术应用心得^[4]。

结束语

综上所述,电气自动化节能技术是推动能源高效利用与绿色发展的核心力量。从变压器节能、无功补偿等设备优化技术,到变频调速、智能控制等系统调控手段,再到可再生能源利用技术的融合应用,形成了多层次的节能体系。这些技术通过提升设备效率、优化能源分配、整合清洁能源,既缓解了能源紧张,又减少了环境负担。尽管应用中面临成本、标准、人才等挑战,但随着技术迭代与实践深化,其在工业生产与社会运行中的节能潜力将持续释放,为实现可持续发展目标提供坚实的技术支撑。

参考文献

- [1]夏中雷.电气工程及其自动化中存在的问题及解决对策[J].中外企业家,2020,0(9):122-122.
- [2]孟晨晨.电气工程自动化信息技术及其节能设计探讨[J].山东工业技术,2022,0(2):73-73.
- [3]杜伟.电气工程自动化及其节能设计的应用[J].四川水泥,2022,0(3):82-82.
- [4]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(04):72-74.