

电气工程自动化信息技术关键及其节能设计要点

范鑫佳 严洋

中检质技检验检测科学研究院有限公司 浙江 杭州 310022

摘要: 电气工程自动化信息技术以智能控制、通信传输、先进量测为核心,通过神经网络故障诊断、边缘计算分布式控制、5G高速通信及区块链数据加密等技术提升系统效率与安全性。节能设计聚焦无功补偿、高效设备选型、线路优化及智能照明空调系统,结合非晶合金变压器、变频调速电机及数字孪生预测控制,实现能源高效利用,推动电力系统向智能化、绿色化转型。

关键词: 电气工程; 自动化信息; 技术关键; 节能设计要点

引言: 在能源需求持续增长与“双碳”目标驱动下,电气工程自动化正经历从传统控制向智能化、绿色化的深刻变革。信息技术与电气工程的深度融合,不仅提升了系统运行效率与可靠性,更成为节能降耗的关键支撑。本文聚焦自动化信息技术的核心突破,如智能控制架构、高速通信协议及多源数据融合,同时剖析无功补偿、设备能效优化等节能设计要点,为构建高效、低碳的现代电力系统提供理论参考与实践路径。

1 电气工程自动化信息技术的核心关键

1.1 智能控制系统架构

(1) 基于人工智能的故障诊断与预测维护技术,借助神经网络强大的非线性映射能力与专家系统的知识储备,实现对电气设备故障的精准识别与提前预警。以变压器故障检测为例,神经网络可通过学习海量历史故障数据,建立故障特征与故障类型的关联模型,专家系统则结合领域经验对检测结果进行进一步验证与分析,有效规避传统故障诊断的滞后性,大幅降低设备停机维修成本,保障电力系统稳定运行。(2) 分布式控制与边缘计算技术打破了传统集中式控制的局限,在工业物联网场景中优势显著。边缘节点可直接对现场设备产生的实时数据进行采集、处理与分析,快速做出决策并下达控制指令,减少数据向云端传输的延迟。例如在智能制造生产线中,边缘计算节点能实时监测电机转速、温度等参数,一旦发现异常立即调整运行参数,避免生产事故发生,同时减轻云端数据处理压力,提升整个系统的响应速度与可靠性。

1.2 通信与数据传输技术

(1) 高速光纤通信与5G技术为电网实时监测提供了稳定、高速的通信保障。如江苏盐城电网项目,通过部署高速光纤通信与5G网络,每800毫秒更新一次电网运行状态,工作人员可实时掌握线路负荷、电压波动等情况,

及时调整电网运行策略,有效应对用电高峰,保障电力供应的稳定性与安全性。(2) 数据安全与隐私保护机制在电气工程自动化领域至关重要,区块链技术凭借其去中心化、不可篡改的特性,为能源交易等场景提供了可靠的加密保障。在能源交易过程中,区块链可记录每一笔交易的详细信息且无法篡改,确保交易的透明性与安全性,同时又保护用户的隐私数据不被泄露,促进能源市场的健康有序发展^[1]。

1.3 先进量测与传感技术

(1) 智能传感器的应用极大提升了电能质量监测的精度。高精度仪表能够准确采集电压、电流、频率等电能参数,误差控制在极低范围内;远程抄表系统则实现了用电数据的自动采集与传输,避免人工抄表的误差与漏抄情况,为电力公司精准计量、合理制定电价政策以及用户了解自身用电情况提供了可靠依据。(2) 多源数据融合与可视化分析技术通过整合SCADA系统(监控与数据采集系统)、能量管理系统EMS等多个系统的数据,消除数据孤岛,实现对电力系统运行状态的全面感知。借助可视化技术,将复杂的运行数据以图表、曲线等直观形式呈现,助力工作人员快速发现系统运行中的潜在问题,提高决策效率,保障电力系统的安全、经济运行。

2 电气工程自动化节能设计的技术要点

2.1 无功补偿与功率因数优化

(1) 动态无功补偿装置(SVG)的配置需遵循“随负荷波动实时调节”的核心原则,通过自动化控制系统实现补偿容量的精准匹配。在工业生产场景中,电机、变频器等设备的负荷常处于动态变化状态,传统静态无功补偿装置难以适应负荷波动,易出现过补偿或欠补偿问题。而SVG装置可通过实时采集电网电压、电流信号,计算无功功率需求,借助电力电子器件快速调整补偿容

量,使功率因数稳定维持在0.95以上。例如某汽车制造厂车间,针对冲压机、焊接设备的间歇性负荷,部署SVG装置实现每0.1秒一次的补偿容量动态调整,既降低了无功功率损耗,又避免了因功率因数不达标导致的电网罚款,每年节省能耗成本约12万元。(2)谐波抑制技术是减少电能损耗、保护电气设备的关键,有源滤波器(APF)在消除3-50次谐波中表现出显著优势。工业电网中,变频器、整流器等非线性负载会产生大量谐波,导致电流波形畸变,增加线路损耗与设备发热。APF通过实时检测谐波电流,生成与谐波电流大小相等、方向相反的补偿电流,抵消电网中的谐波成分。某数据中心通过安装APF装置,对服务器电源系统产生的3-25次谐波进行抑制,谐波电流畸变率从原来的25%降至5%以下,不仅降低了UPS电源的损耗,还延长了服务器的使用寿命,间接减少了设备更换带来的能源与经济成本浪费^[2]。

2.2 设备能效提升与选型优化

(1) 高效变压器设计的核心在于降低空载损耗与负载损耗,非晶合金铁芯变压器凭借材料特性实现显著节能。传统硅钢片变压器的空载损耗较高,而非晶合金材料具有优异的磁导性能,其铁芯空载损耗较传统变压器降低70%以上。某工业园区将10台传统10kV变压器更换为非晶合金铁芯变压器后,单台变压器每年空载损耗减少约3000kWh,10台变压器每年共节省电能3万kWh,按工业电价计算,年节约电费超2万元,同时减少了变压器运行过程中的散热能耗,实现双重节能^[3]。(2) 电机系统节能改造中,变频调速技术是降低风机、泵类设备能耗的核心手段,节能率可达30%-50%。传统风机、泵类设备多采用定速运行模式,通过调节风门、阀门开度控制流量,存在大量节流损耗。而变频调速技术可根据实际负载需求,调整电机转速,使设备输出功率与负载需求精准匹配。某污水处理厂将曝气风机的定速电机改造为变频电机,结合自动化控制系统根据水质指标实时调节转速,在保证污水处理效果的前提下,风机运行能耗降低42%,每年节省电能约80万kWh,同时缩短了设备运行时间,减少了机械磨损,降低了维护成本。

2.3 线路损耗控制与布局优化

(1) 导线截面积选择与电阻率优化需结合负荷电流大小与传输距离,通过增大截面积降低线路电阻,减少 I^2R 损耗。在电气工程设计中,需根据线路长期运行的最大负荷电流,计算导线允许的最大电阻值,进而确定合理的截面积。例如某住宅小区10kV配电线路,原采用70mm²铝导线,线路电阻较大导致传输过程中损耗明显。经测算后,将导线更换为120mm²铝导线,线路电阻

从0.28Ω/km降至0.16Ω/km,在负荷电流为200A的情况下,每公里线路的功率损耗从11.2kW降至6.4kW,按年运行3000小时计算,每公里线路每年可节省电能14400kWh。此外,选择低电阻率的导线材料(如铜导线相较于铝导线电阻率更低),可进一步减少线路损耗,但需综合考虑成本与节能效益^[4]。(2) 短路路径最小化设计通过缩短导线长度降低线路电阻与电能损耗,核心在于优化线路布局,采用直线布线方式。在建筑电气工程中,传统线路布局常因避让其他管线、结构构件而出现迂回布线,增加导线长度。例如某写字楼的照明配电系统,原设计中导线因避让空调管道出现多处迂回,平均每回路导线长度为80m,经优化采用直线布线并避开非必要障碍后,平均每回路导线长度缩短至65m,导线长度减少18.75%,相应的线路损耗也降低18.75%。同时,短路路径最小化还能缩短线路故障时的短路电流路径,提高供电可靠性。

2.4 智能照明与空调系统节能

(1) 自然光利用与LED照明改造结合自动化控制手段,可大幅降低照明能耗。声控、定时开关等装置能实现“人来灯亮、人走灯灭、按需照明”。在建筑设计中,通过增大窗户面积、采用透光率高的玻璃,充分利用自然光减少白天人工照明的使用时间。例如某学校教学楼,通过优化采光设计,自然光可满足白天80%的照明需求,同时将传统白炽灯更换为LED灯,LED灯的能耗仅为白炽灯的1/10,寿命却是白炽灯的10倍以上。此外,在走廊、楼梯间等区域安装声控开关,在会议室、办公室安装定时开关,实现照明设备的自动化启停。经统计显示,改造后教学楼照明能耗降低65%,每年节省电费约5万元^[5]。(2) 变频空调与建筑设备管理系统(BMS)的协同控制,通过智能化预判与调节,实现空调系统的高效节能,深圳前海项目的应用案例极具代表性。该项目中,BMS系统整合了建筑内的温度、湿度、人员密度等数据,通过深度学习算法分析历史运行数据与气象信息,预判未来24小时的用电尖峰与空调负荷需求,提前调节变频空调的运行参数。例如在夏季用电高峰来临前1小时,BMS系统控制空调将设定温度提高1℃,并降低风机转速,减少空调能耗;在人员密度较低的时段,自动关闭部分区域的空调机组。经实际运行数据显示,该协同控制系统使空调系统能耗降低32%,建筑整体能耗降低18%,每年减少碳排放约200吨。

3 电气工程自动化的挑战与未来发展趋势

3.1 当前面临的技术挑战

(1) 异构系统兼容性问题成为制约电气工程自动化升级的关键瓶颈,核心矛盾集中在老旧设备与新技术的

接口标准化上。工业场景中,大量运行超10年的老旧控制器、传感器等设备,其通信协议、数据格式与新兴的物联网平台、智能控制系统不匹配,导致数据无法高效互通。例如某电厂升级智能监控系统时,原有PLC设备仅支持RS485总线协议,而新系统采用以太网通信,需额外加装协议转换器,不仅增加了硬件成本,还降低了数据传输实时性,甚至出现数据丢失风险,严重影响自动化控制精度。(2)极端气候对户外电气设备可靠性的影响日益凸显,高温、高湿等环境会大幅缩短设备使用寿命。在南方沿海地区,夏季高温高湿天气持续时间长,户外部署的电流传感器、变压器等设备,其内部元器件易受潮腐蚀或因高温老化。某电网公司统计数据显示,沿海地区户外传感器平均寿命较内陆干燥地区缩短30%,高温天气下变压器故障跳闸率较常温环境高出2倍,不仅增加了设备维护成本,还对电力系统稳定运行构成威胁。

3.2 未来发展方向

(1)人工智能与数字孪生的深度融合将重塑电气工程自动化的运行模式,显著提升系统预测与控制精度。通过构建电气设备、电网的数字孪生模型,结合AI算法对海量运行数据进行分析,可实现能源供需的精准预测。例如某能源企业开发的基于AI的能源预测模型,整合历史用电数据、气象信息、经济指标等多维度数据,预测精度提升至98%,能提前72小时预判区域用电负荷变化,为电网调度提供科学依据,减少能源浪费。(2)氢能储能与超导技术在电网中的应用有望突破传统能源存储与传输的局限。氢能储能具有存储容量大、生命周期长的优势,可解决新能源发电间歇性问题;超导电缆则凭借零电阻特性,能降低线路损耗90%以上。目前,我国已在部分试点项目中应用氢能储能系统与超导电缆,未来规模化推

广后,将大幅提升电网对新能源的消纳能力,推动能源结构转型。(3)全球能源互联网(GEI)框架下的跨国电力交易与优化调度将成为趋势。通过构建跨国跨洲的电力传输网络,可实现风能、太阳能等清洁能源的全球互补利用。例如欧洲与北非已开展跨国风电交易试点,将北非的风电输送至欧洲负荷中心,不仅缓解了欧洲能源供应压力,还提高了全球清洁能源利用率,未来随着技术成熟与合作深化,将形成更加高效的全球能源配置体系。

结束语

电气工程自动化与信息技术的深度融合,正推动电力系统向智能化、高效化、低碳化加速演进。通过智能控制架构优化、通信技术升级与多源数据协同,系统运行效率与可靠性显著提升;而无功补偿、设备能效提升及智能节能设计等关键技术的落地,则有效降低了能源损耗,助力“双碳”目标实现。未来,随着人工智能、数字孪生及氢能储能等前沿技术的突破,电气工程自动化将进一步重构能源生产与消费模式,为全球能源转型注入强劲动能。

参考文献

- [1] 邝艳苹.电气工程自动化信息技术关键及其节能设计要点[J].电子元器件与信息技术,2024,8(08):175-177.
- [2] 顾妍.基于自动化信息技术的节能系统设计[J].集成电路应用,2024,41(03):300-301.
- [3] 陈孺.信息技术在电气自动化中的应用[J].信息与电脑(理论版),2022,34(22):25-27.
- [4] 韩波,郑庆强,韩玉勇.电气工程自动化信息技术及节能措施探析[J].信息记录材料,2022,23(10):141-143.
- [5] 张伟.电气工程自动化信息技术及其节能设计研究[J].电气技术与经济,2021(03):12-14.