

智能抄表核算系统在降低电力损耗中的作用分析

闫桂鹏

国网石嘴山供电公司 宁夏 石嘴山 753000

摘要: 本文探讨了电力损耗的类型与成因, 包括技术损耗和管理损耗等。着重分析智能抄表核算系统在降低电力损耗中的作用机制, 如精准抄表、实时监测、优化核算及数据分析辅助决策。还阐述了该系统在输电、配电、用电环节的具体作用, 为降低电力损耗、提升电力资源利用效率提供参考。

关键词: 智能抄表核算系统; 电力损耗; 实时监测; 数据分析; 降损对策

引言: 电力损耗是电力行业面临的突出问题, 影响电力系统经济性与稳定性, 增加发电成本与安全隐患。电力损耗包含技术损耗与管理损耗等类型, 成因涉及技术、管理和用户等多方面因素。智能抄表核算系统作为新兴电力管理技术, 在降低电力损耗中具有重要作用。深入研究其作用机制与应用效果, 对提升电力资源利用效率、推动电力行业可持续发展意义深远。

1 电力损耗的类型与成因

1.1 电力损耗的类型

1.1.1 技术损耗

输电线路损耗是技术损耗中较为常见的类型。电能传输过程中, 由于线路存在电阻, 电流通过时会产生热量, 从而造成有功功率损失。线路电阻与导线材料、截面积和长度相关, 铝质导线电阻相对较大, 长距离输电或导线截面积过小, 都会使电阻增大, 导致损耗增加。高温会使导线电阻升高, 进一步加剧损耗。这类损耗直接降低电能传输效率, 增加发电成本, 还可能导致线路发热, 缩短使用寿命, 甚至引发火灾。变压器损耗包括空载损耗和负载损耗。空载损耗主要由铁芯中的磁滞和涡流损耗引起, 与铁芯材质、结构及励磁电流有关。负载损耗则随负载电流变化, 与绕组电阻、电流平方成正比。变压器容量选择不当、运行效率低下或运行方式不合理, 都会导致损耗大幅上升, 影响系统经济性和稳定性。

1.1.2 管理损耗

因管理不善产生的电力损耗涵盖多个方面。偷电行为直接窃取电能, 破坏用电秩序。漏电现象常因线路老化或设备密封不严导致, 不仅浪费电能, 还存在安全风险。抄表误差同样不容忽视, 人工抄表时, 读数不准确或时间不一致, 会使统计电量与实际用量产生偏差, 长期积累造成可观损失^[1]。管理损耗具有较高可控性, 通过完善制度、加强检查和改进方式, 能够有效减少此类损

耗。相较于技术损耗受限于设备和物理规律, 管理损耗更多源于人为因素, 采取针对性措施可显著提升资源利用效率。

1.2 电力损耗的成因

1.2.1 技术因素

电网设备老化是导致电力损耗增加的重要技术原因。随着运行年限增长, 输电线路绝缘性能下降, 导线机械强度降低, 电阻增大, 漏电风险上升。变压器内部绕组绝缘老化、铁芯硅钢片性能衰退, 会使空载和负载损耗显著增加。线路布局不合理也会造成损耗加剧, 迂回曲折的线路增加传输距离, 导致电阻损耗增大; 不合理的电网结构, 如负荷分布不均, 会使部分线路过载运行, 损耗大幅上升。电能质量不高, 如电压波动、三相不平衡, 会增加设备损耗, 降低用电设备效率, 进一步加大电力损耗。

1.2.2 管理因素

抄表核算不及时, 会导致电量统计滞后, 无法准确反映实时用电情况, 影响电费结算和损耗分析。计量设备故障未及时发现和修复, 如电表损坏、互感器误差过大, 会使计量数据失真, 造成电量损失。用电管理不到位, 缺乏有效的用电检查和监督机制, 对偷电、漏电等违规行为打击不力, 对用户用电设备和线路的安全检查不足, 都为电力损耗提供了滋生空间。不完善的用电管理制度, 还会导致电力资源分配不合理, 降低整体利用效率。

1.2.3 用户因素

用户不合理用电行为对电力损耗有直接影响。私拉乱接现象破坏正常用电秩序, 未经规范安装的线路存在安全隐患, 且容易引发漏电, 造成电量浪费。超负荷用电时, 线路电流过大, 导致电阻损耗急剧增加, 还会使变压器过载运行, 增加变压器损耗。部分用户使用能效低的用电设备, 在满足相同用电需求时, 会消耗更多电

能,间接增加电力损耗。用户缺乏节约用电意识,长时间待机、不合理使用大功率设备等行为,也会造成电力资源浪费,加大电力损耗。

2 智能抄表核算系统降低电力损耗的作用机制

2.1 精准抄表减少计量误差

智能抄表核算系统通过自动化技术实现电表数据的实时采集与传输,从根源上消除人工抄表过程中的主观性与操作误差。系统内置的高精度传感器直接读取电表数字信息,避免传统人工记录可能出现的视觉误判或笔误问题^[2]。无线通信模块将采集到的数据即时发送至中央服务器,消除数据传递过程中的时间延迟与中间环节篡改风险。系统采用多重校验机制对采集数据进行验证,例如通过时间戳比对与异常值筛查识别可疑读数,确保每一条数据的真实性和完整性。精准抄表对用电量统计与损耗计算具有决定性影响。传统抄表周期长、频率低,导致电量数据滞后于实际消耗,难以反映真实的用电波动情况。智能系统分钟级的数据采集频率可精确捕捉用电负荷变化曲线,为线损计算提供动态基础数据。系统自动关联用户用电量与对应线路损耗参数,建立多维度损耗分析模型,避免因数据滞后或失真导致的损耗误判。计量精度的提升直接减少了因读数偏差产生的管理损耗,尤其在工商业用户大电量场景下,微小误差的累积效应得到有效控制。

2.2 实时监测及时发现异常

智能抄表核算系统整合了电力运行全要素监测功能,构建起覆盖全域的实时数据采集网络。系统通过智能电表内置的传感器网络,持续获取电压、电流、功率因数等核心参数的时间序列数据。通信网关以固定频率汇总前端设备数据,经加密传输通道直达监控中心,确保监测过程的连续性与安全性。数据分析算法在后台对海量实时数据进行动态解析。基于机器学习的异常检测模型可识别电压骤降、电流突变等非常规波动模式,自动标记疑似窃电或设备故障点位。系统对电表数据与历史基线进行偏差分析,当检测到某用户夜间负荷异常升高或功率因数持续超限,立即触发预警机制。对于线路损耗异常增大的区域,系统结合气象数据与设备参数反向追溯问题根源,区分是线路老化还是外部破坏所致。快速定位异常点有助于及时采取针对性措施,避免缺陷扩大化导致持续性的能量浪费。

2.3 优化核算提高管理效率

电费核算自动化流程重构了传统人工操作模式。智能抄表核算系统内置阶梯电价、峰谷分时等多套计费规则引擎,可自动匹配用户类型与时段参数完成费用计

算。系统内置的异常核算拦截模块会自动筛选出电量突增、计量跳变等可疑账单,交由人工复核确认。核算结果的数字化存储支持随时调取历史数据进行纵向对比,为电费回收管理提供可靠依据。管理效率的提升直接作用于损耗控制环节^[3]。自动化核算释放的人力资源可投入至线损分析等高价值工作,例如通过核算数据反向验证理论线损模型准确性。系统自动生成的分区域、分电压等级损耗报表,清晰揭示高损线路与台区分布,指导运维人员开展针对性巡检。核算周期的缩短使电费结算与用户用电行为之间的时间差显著减小,增强了电价杠杆对负荷调节的即时有效性,间接抑制高峰时段的超额用电需求。

2.4 数据分析辅助决策制定

数据仓库技术构建起电力运行的全景数据中心。系统将采集到的电表数据、气象信息、地理信息等异构数据源进行标准化清洗与存储,形成可供深度挖掘的结构化数据库。基于分布式计算框架的并行处理能力,系统可在数分钟内完成千万级数据点的关联分析。决策支持功能贯穿电网全生命周期管理。在规划层面,系统通过负荷密度热力图识别过载风险区域,为电网扩容改造提供优先级建议。在运维环节,设备健康状态评估模型综合设备参数、环境变量与故障历史,预测变压器剩余使用寿命并推荐更换计划。政策制定方面,系统模拟不同电价方案对用户负荷曲线的影响,评估峰谷价差调整对削峰填谷效果的量化贡献。从规划建设到运行维护的全链条数据驱动决策,从根本上优化了电网结构与运行方式,实现电力损耗的源头治理。

3 智能抄表核算系统在降低电力损耗各环节的具体作用

3.1 输电环节

智能抄表核算系统通过部署在输电线路上的各类监测设备,实时获取线路运行状态和损耗情况。在线路关键节点安装智能传感器,持续采集电流、电压、功率因数等参数,将数据实时传输至系统数据中心。这些参数的变化直观反映线路运行状况,例如,电流异常升高可能预示线路过载,功率因数偏低则表明线路存在无功损耗过大的问题。通过对历史数据和实时数据的对比分析,系统可准确计算输电线路的损耗值,识别损耗异常区域,为后续优化提供依据。依据监测数据,系统为优化输电线路运行方式提供支持。通过分析线路负载分布,判断各段线路的负荷均衡程度,若发现某段线路长期处于高负荷运行状态,而相邻线路负载较轻,系统可辅助制定负荷转移方案,将部分负载转移至低负荷线

路,降低重载线路的电流,从而减少电阻损耗。对于存在迂回路径的输电线路,系统通过对线路参数和传输效率的分析,为线路改造提供决策参考,建议缩短迂回距离或更换大容量导线,以降低线路电阻,减少电能传输过程中的有功损耗。在系统运行层面,结合气象条件和用电负荷预测,系统可提前调整输电线路的运行参数,如在高温天气适当降低线路输送容量,避免因导线电阻随温度升高而增加损耗。

3.2 配电环节

在配电网络中,智能抄表核算系统对变压器、配电柜等设备进行全方位监测和管理。针对变压器,系统实时采集其油温、绕组温度、负载率等关键参数。油温与绕组温度的异常升高,可能预示变压器内部故障或过载运行,系统及时发出预警,提醒运维人员检查处理,避免因设备故障导致的损耗增加。通过监测变压器负载率,可判断其运行效率,若变压器长期处于低负载率运行,系统提示进行变压器容量调整或负载转移,使其运行在高效区间,降低空载损耗和负载损耗。对于配电柜,系统监测各回路的电流、电压和开关状态,及时发现接触不良、三相不平衡等问题。接触不良会导致局部发热,增加电能损耗,系统一旦检测到相关异常,立即通知运维人员进行检修^[4]。针对三相不平衡问题,系统分析各相负载差异,提供调整方案,通过重新分配三相负荷,使三相电流趋于平衡,减少因三相不平衡引起的线路和设备损耗。系统还可根据配电设备的运行数据,预测设备寿命和故障概率,为设备维护和更新提供科学依据,确保配电设备始终处于高效、稳定的运行状态,降低配电环节的损耗。

3.3 用电环节

智能抄表核算系统具备对用户用电行为的实时监测和深度分析功能。通过智能电表采集用户的用电数据,包括用电量、用电时间、用电设备功率等,系统构建用户用电行为模型。分析用户每日、每月的用电曲线,识别其用电高峰和低谷时段,判断用户是否存在不合理用电习惯,如夜间长时间开启高耗能设备、设备待机时间

过长等。通过对比同类型用户的用电数据,发现用电异常的用户,如用电量明显高于同类用户平均水平,进一步分析其用电设备和用电模式,查找异常原因。为引导用户合理用电,系统为用户提供个性化用电建议。根据用户用电行为分析结果,向用户推送节能提示,告知其不合理用电行为及造成的能源浪费和费用增加,如提醒用户关闭长时间待机的电器设备,调整空调温度设置。对于高耗能用户,系统提供详细的节能改造方案,推荐使用高效节能设备,如节能灯具、变频空调等,并说明改造后的节能效果和经济效益。系统还可通过电价政策引导用户错峰用电,在峰谷电价地区,向用户展示峰谷时段的电价差异,鼓励用户将部分非紧急用电需求转移至低谷时段,减少高峰时段的用电负荷,降低电网压力的同时,也减少因高峰负荷导致的电力损耗,实现用户和供电企业的双赢。

结束语

智能抄表核算系统通过精准抄表、实时监测、优化核算及数据分析等功能,在降低电力损耗方面展现出巨大潜力。它不仅提高了计量准确性,减少了管理损耗,还优化了电网运行效率。特别是在输电、配电和用电环节的应用,展示了在提升整体电力系统性能方面的优势。未来,随着技术的不断进步,智能抄表核算系统将进一步助力电力行业的节能减排目标,推动能源利用更加高效和可持续发展。持续的技术创新与管理优化将是实现这一愿景的关键。

参考文献

- [1]蒋吉元.电力计量中的抄表核算收费智能化技术分析[J].集成电路应用,2024,41(03):296-297.
- [2]成伟.电力抄表核算收费的智能化系统分析[J].电子技术,2023,52(12):230-231.
- [3]毋育捷,杜瑞娟.智能电表远程抄表系统的设计与实现[J].光源与照明,2022,(09):93-95.
- [4]关梦莹.电力市场化交易用户抄表核算智能化策略研究[J].电气技术与经济,2024,(11):284-286.