

Discussion on Strategies for Improving the Data Accuracy of Distribution Network Metering Collection Terminals

Haotong Yan

State Grid Jincheng Power Supply Company, Jincheng, Shanxi, 048000, China

Abstract

The distribution network metering collection terminal plays a key role in data collection in the power system, and its accuracy directly affects the quality of power grid operation and energy management level. Based on the measurement errors, communication interference, and environmental impacts of terminals, a systematic analysis of typical error manifestations and key influencing factors is conducted, and a technical improvement path based on sensor accuracy improvement, analog-to-digital conversion optimization, and algorithm enhancement is proposed. Through on-site application verification, the improved terminal exhibits higher stability and consistency in parameter acquisition such as voltage, current, and power. The future development direction of terminals includes the enhancement of edge computing capability, the introduction of artificial intelligence auxiliary correction mechanism, and the improvement of information security system, so as to promote its evolution to intelligent data nodes and improve the overall power informatization level.

Keywords

Distribution network metering terminal; Data accuracy; Collection error; Communication interference; smart grid

配网计量采集终端数据准确性提升策略探讨

严浩通

国网晋城供电公司, 中国·山西 晋城 048000

摘要

配网计量采集终端在电力系统中承担着关键数据采集任务,其准确性直接影响电网运行质量与能源管理水平。围绕终端存在的测量误差、通信干扰及环境影响等问题,系统分析典型误差表现与关键影响因素,提出基于传感器精度提升、模数转换优化以及算法增强的技术改进路径。通过现场应用验证,改进后的终端在电压、电流、功率等参数采集上表现出更高稳定性与一致性。未来终端发展方向包括边缘计算能力增强、人工智能辅助校正机制引入以及信息安全体系完善,推动其向智能化数据节点演进,提升整体电力信息化水平。

关键词

配网计量终端; 数据准确性; 采集误差; 通信干扰; 智能电网

1 引言

终端采集数据的准确性不仅关系到负荷预测与能耗分析的可靠性,也影响调度决策与电力市场交易的公平性。然而,在实际运行过程中,受设备性能、通信条件与外部环境等因素制约,终端普遍存在数据偏差问题,影响系统整体运行效率。针对这一挑战,亟需从硬件配置与软件算法两个层面入手,探索切实可行的改进策略,以提升终端数据质量,支撑电力系统的数字化转型与智能化升级。

2 配网计量终端在运行中的典型误差表现

配网计量采集终端作为智能电网数据获取的重要装置,

【作者简介】严浩通(1998-),男,中国山西晋城人,硕士,从事配电网自动化研究。

其运行过程中出现的数据误差直接影响整体系统的监测精度与管理效率。从实际运行情况来看,误差的表现形式多样,主要包括电压、电流、功率及电量等参数的测量偏差。这些偏差往往在不同工况下呈现出不一致性,例如在负荷波动较大或三相不平衡状态下,终端采集到的电压值可能出现偏离标准值的现象,导致系统对线路运行状态判断失准。电流采集方面也存在非线性误差,尤其在低负载情况下,测量结果常低于真实值,影响用电行为分析的准确性。

在有功与无功功率的采集过程中,误差表现更为复杂。由于终端采样频率和算法精度的限制,在谐波含量较高的环境中,功率计算结果易受到干扰,出现虚高或偏低的现象。这种误差不仅影响用户侧的能耗统计,也可能导致调度系统误判电网运行趋势,进而影响负荷分配策略。与此同时,电能量的累计误差问题同样突出,特别是在长时间连续运行条件下,微小的单次采集误差会逐渐累积,最终造成较大的计

量差异,给电力结算带来不确定性。

除基本电气量测量误差外,配网计量终端在通信过程中也存在数据失真问题。受电磁干扰、信号衰减等因素影响,数据包丢失或错位现象时有发生,导致主站接收到的信息偏离实际状态。此类误差具有隐蔽性和偶发性,易对故障判断和异常识别造成误导。设备老化、温湿度变化及安装环境不良,也会加剧传感器精度下降与采样漂移,进一步影响数据质量。

3 影响数据准确性的关键因素识别与分析

配网计量采集终端作为电力系统中信息获取的关键节点,其数据准确性受到多种因素的综合影响。这些因素既包括设备自身的硬件性能,也涵盖运行环境、通信条件以及数据处理机制等多个方面。深入识别和分析这些关键因素,是提升终端数据质量的前提和基础。从设备本体来看,传感器精度是影响测量结果的核心要素之一。不同厂家生产的电流、电压传感器在材料特性、制造工艺及长期稳定性方面存在差异,直接导致采集数据的偏差程度不一。模数转换模块的分辨率和采样速率也对数据准确性产生显著影响。低分辨率的转换器会导致信号细节丢失,而采样频率不足则可能遗漏高频谐波成分,造成电能质量评估失真。

终端所处的运行环境同样是不可忽视的影响因素。现场电磁干扰源众多,如变频设备、高压开关操作等,均可能对采集信号造成畸变。温度变化会影响电子元器件的工作特性,特别是在极端高温或低温条件下,部分终端内部电路可能出现非线性响应,导致测量值偏离实际数值。湿度较高环境下,终端内部可能发生凝露现象,进而引发漏电流或信号漂移问题。通信环节的稳定性与完整性直接影响数据上传的可靠性。由于配网终端通常分布广泛,通信路径复杂,信号在传输过程中容易受到地形、建筑物遮挡等因素影响,造成数据包丢失或内容错位。同时,通信协议设计不合理也可能引发数据解析错误,尤其是在多级转发场景下,中间节点的数据处理方式若未统一规范,极易引入附加误差。软件算法层面同样存在影响数据准确性的潜在因素。

采集终端内置的滤波算法、谐波分析方法及功率计算模型若不能适应复杂的电网运行状态,将导致数据处理结果失准。尤其在三相不平衡、谐波含量高或负荷频繁波动的情况下,传统算法难以满足实时性和精确性的双重要求,从而影响整体数据质量。终端设备的安装与运维管理也对数据准确性起着重要作用。安装位置不当可能导致信号接入不稳定,接线松动会引发接触电阻变化,进而影响测量精度。日常维护不到位,如未定期校验传感器精度、未及时更新固件版本,也会使终端长期处于亚健康运行状态,进一步加剧数据误差。

4 基于算法优化与设备升级的改进措施

设备作为数据采集的基础载体,其硬件配置直接决定

原始数据的获取质量;而算法则在数据处理与误差修正过程中发挥关键作用,两者协同改进是实现终端整体性能提升的核心路径。在硬件层面,提升传感器精度是改善测量可靠性的首要举措。采用高稳定性、低温度漂移的新型电流电压传感器,有助于减少因环境变化导致的信号偏移。引入高分辨率模数转换模块,可有效提升对微小电气量变化的捕捉能力,确保原始采样数据的真实性。终端内部电路设计应充分考虑抗干扰能力,在电源输入、信号采集等关键环节加装滤波与隔离装置,以降低外部电磁干扰对测量结果的影响。对于通信模块,选用具备强纠错能力的传输芯片,并结合自适应频率跳变技术,可在复杂环境下提升数据上传的完整性和时效性。

在软件方面,优化数据采集与处理算法是弥补硬件局限的重要手段。针对传统傅里叶变换在谐波分析中存在的频谱泄漏问题,可引入改进型加窗插值算法,提高对非整次谐波的识别精度。在功率计算过程中,采用基于瞬时无功理论的动态补偿算法,能够更准确地反映电网实时运行状态,特别是在负荷波动频繁的情况下,该方法有助于提升数据的动态响应能力。构建多源数据融合机制,通过对比历史数据与当前采集值的变化趋势,识别异常波动并进行自动修正,从而提升整体数据的一致性与可信度。为进一步提升终端的长期运行稳定性,可引入在线自校准机制。该机制依托内置参考基准源,定期对关键测量通道进行自动校验,并根据偏差情况进行参数调整,避免因元器件老化造成的系统性误差累积。

开发智能诊断功能,使终端具备对自身运行状态的监测能力,一旦发现采样异常或通信中断,可及时生成告警信息并记录相关数据,为后续运维提供依据。在实际部署中,终端固件版本的持续更新也应纳入改进体系。通过远程升级方式,将最新的误差修正策略和优化算法快速应用到现场设备,既能延长设备生命周期,又能保持其适应电网复杂工况的能力。建立统一的数据质量评估模型,对不同区域终端的采集误差水平进行量化分析,为差异化改进提供数据支撑。

5 提升数据质量的现场实施效果评估

在配网计量采集终端完成算法优化与设备升级后,需通过系统的现场运行评估,验证改进措施对数据准确性提升的实际成效。该评估过程涵盖多个维度,包括测量数据的稳定性、通信传输的完整性以及长期运行下的误差控制能力等方面,旨在全面反映终端性能改善的真实水平。在现场测试中,电压、电流及功率等关键参数的采集精度是评估的核心内容之一。通过对改进后的终端与标准测试装置进行同步采样比对,可量化分析其在不同负荷条件下的测量偏差变化。

结果显示,在低负载与高谐波含量工况下,终端的采集值更接近真实值,非线性误差明显降低,表明优化后的传感器与模数转换模块在复杂环境中的适应性增强。电能累

计误差也得到显著控制,长时间运行条件下,终端记录的用电量与基准设备之间的差异缩小,反映出自校准机制的有效性和数据稳定性的提升。通信环节的可靠性同样是评估重点。改进后的终端在信号覆盖较弱区域仍能保持较高的数据上传完整率,丢包率较优化前明显下降,且数据时序一致性增强,减少了因传输延迟或错位导致的信息失真问题。在多级转发场景下,数据解析准确率提高,主站系统接收到的数据结构更加规范,提升了整体信息链路的可用性。为考察终端在实际运行中的稳定性,评估过程中还引入了连续运行监测机制。通过设置固定周期内的自动巡检任务,记录终端在不同时间段的采集结果波动情况。

数据显示,优化后的终端在温度、湿度等外部环境变化影响下,测量值漂移幅度减小,表现出更强的抗干扰能力。在电网负荷频繁波动的情况下,终端能够快速响应并保持数据输出的连续性,未出现明显的采集滞后或异常跳变现象。在运维管理层面,改进后的终端具备更高的智能化诊断能力。系统可根据设定阈值自动识别异常数据,并生成相应告警记录,便于运维人员及时介入处理。这种主动预警机制有效降低了人工巡检频率,提高了终端管理的效率和精准度。远程固件更新功能的实现,使得新算法和优化策略能够快速部署到现场设备,进一步提升了终端对新型应用场景的适应能力。

6 面向未来终端数据管理的技术演进方向

当前的改进措施虽已在一定程度上提升了数据准确性与稳定性,但面对日益增长的电网复杂性与信息化要求,终端数据管理仍需从架构设计、智能分析、边缘计算及安全传输等多个维度进行持续优化,以适应未来电力系统的发展趋势。在未来发展方向中,终端设备将逐步向集成化与模块化演进。通过构建统一硬件平台,实现不同功能模块的灵活配置,使终端能够根据应用场景动态调整采集参数与通信协议。这种架构不仅提升了设备的兼容性与可维护性,也为后续功能扩展预留了空间。传感器与处理单元的微型化和高精度化将成为重要趋势,进一步提升终端在复杂电磁环境下的测量可靠性。

在数据处理层面,人工智能与大数据分析技术的应用将显著增强终端的数据自适应能力。传统固定算法难以应对电网运行状态的快速变化,而引入机器学习机制后,终端可根据历史数据自动识别误差模式,并动态调整补偿策略,

从而实现更高精度的实时采集。结合云端协同分析,主站系统可对海量终端数据进行特征提取与异常识别,为终端性能优化提供反馈支持。边缘计算能力的增强是另一关键演进方向。未来终端将具备更强的本地数据处理能力,在不依赖主站系统的前提下完成初步数据分析、异常检测与决策判断。这种模式不仅降低了通信带宽压力,还提高了响应速度,尤其适用于远程或信号覆盖较弱区域的终端应用。同时,边缘节点之间的数据协同机制也将逐步完善,实现区域内的数据一致性校验与自愈式管理。

数据安全性作为终端管理不可忽视的一环,将在未来得到更全面的保障。随着网络攻击手段的多样化,终端面临的安全威胁不断增加。基于可信计算与加密通信的数据防护体系将成为标配,确保采集数据在传输、存储及使用全过程中的完整性和防篡改。身份认证机制也将更加严格,防止非法接入和数据泄露风险。终端与新型能源接入场景的融合也将成为未来发展的重要方向。随着分布式电源、储能系统及电动汽车充电桩等设备的广泛部署,电网数据呈现多源异构特性,对终端的采集能力提出更高要求。

7 结语

配网计量采集终端作为电力系统信息感知的关键设备,其数据准确性对电网运行效率与管理决策具有直接影响。通过识别误差类型与成因,结合硬件升级与算法优化手段,可有效提升终端在复杂工况下的采集精度。现场实施效果表明,改进措施在测量稳定性、通信可靠性及长期运行适应性方面均取得明显成效。面向未来,随着边缘计算、人工智能与信息安全技术的融合应用,终端将向智能化、集成化方向发展,具备更强的数据处理能力与自适应性,为构建高效、安全、智能的电力信息系统提供有力支撑。

参考文献

- [1] 陈志远,周晓峰. 配网自动化系统中计量数据异常检测方法研究[J]. 电力系统保护与控制, 2023, 41(8): 65-72.
- [2] 吴建国,黄伟民. 智能电表采集数据误差分析及校正策略[J]. 电测与仪表, 2022, 59(5): 88-94.
- [3] 刘振华,孙立群. 基于LoRa通信的配网终端数据传输稳定性研究[J]. 电力信息与通信技术, 2024, 22(3): 45-51.
- [4] 高文斌,赵明辉. 智能电网环境下计量终端远程校准技术探讨[J]. 自动化仪表, 2021, 42(10): 112-117.
- [5] 郑海涛,韩志强. 配网终端设备老化对数据采集的影响及对策[J]. 供用电, 2023, 40(6): 73-79.