

储能测试与评价



电池储能并网场景下电能计量综合误差溯源与校正技术

疏奇奇¹, 季 素², 张彦飞³, 钱 文³, 庄 磊¹

(¹国网安徽省电力有限公司营销服务中心, 安徽 合肥 230022; ²国网安徽省电力有限公司宣城供电公司, 安徽 宣城 242000; ³国网安徽省电力有限公司亳州供电公司, 安徽 亳州 236800)

摘 要: 随着现代电力系统的不断完善, 电池储能作为缓解新能源波动问题的核心, 其并网规模不断增加。电能计量关系到电网结算和储能系统能效评估, 然而电池储能并网场景涉及多类因素影响, 电能计量存在综合误差。针对这一问题, 本文对电池储能并网场景下的电能计量误差和相关的溯源校正策略进行研究综述。综合误差拆解为电流互感器 (CT) 误差、电压互感器 (PT) 与二次压降误差、电能表误差三大核心分量, 然后结合相关在线测量和交叉验证计算, 实现误差溯源, 最后针对不同误差类型, 提出校正策略流程, 为电池储能并网下的电能计量精准化研究提供一定理论参考。

关键词: 储能; 并网; 电能计量; 误差溯源

doi: 10.19799/j.cnki.2095-4239.2026.0781

中图分类号: TM 912

文献标志码: A

文章编号: 2095-4239 (2026) 09-3784-03

Comprehensive error tracing and correction technology for electric energy metering in battery energy storage grid-connected scenarios

SHU Qiqi¹, JI Su², ZHANG Yanfei³, QIAN Wen³, ZHUANG Lei¹

(¹State Grid Anhui Electric Power Co., Ltd., Marketing Service Center, Hefei 230022, Anhui, China; ²State Grid Xuancheng Electric Power Supply Company, Xuancheng 242000, Anhui, China; ³State Grid Bozhou Electric Power Supply Company, Bozhou 236800, Anhui, China)

Abstract: With the continuous improvement of modern power systems, battery energy storage, as the core to alleviate the fluctuation issues of renewable energy, has seen a continuous increase in its grid-connected scale. Electric energy metering is crucial for grid settlement and energy efficiency evaluation of energy storage systems. However, the battery energy storage grid-connected scenario involves multiple factors, leading to comprehensive errors in electric energy metering. In response to this issue, this study provides a comprehensive review of electric energy metering errors and related traceability correction strategies in the battery energy storage grid-connected scenario. The comprehensive errors are decomposed into three core components: current transformer (CT) errors, potential transformer (PT) and secondary voltage drop errors, and electric energy meter errors. Then, combined with relevant online measurements and cross-validation calculations, error

收稿日期: 2026-09-07; 修改稿日期: 2026-09-13。

基金项目: 国网安徽省电力有限公司 2025 年省控科技项目 (52120B250002)。

第一作者及通信联系人: 疏奇奇 (1981—), 男, 硕士, 高级工程师, 研究方向为电能计量及用电采集, E-mail: Sqq9330@163.com。

引用本文: 疏奇奇, 季素, 张彦飞, 等. 电池储能并网场景下电能计量综合误差溯源与校正技术[J]. 储能科学与技术, 2026, 15(9): 3784-3786.

Citation: SHU Qiqi, JI Su, ZHANG Yanfei, et al. Comprehensive error tracing and correction technology for electric energy metering in battery energy storage grid-connected scenarios[J]. Energy Storage Science and Technology, 2026, 15(9): 3784-3786.

traceability is achieved. Finally, correction strategy processes are proposed for different error types, providing theoretical insights for the precise research on electric energy metering in battery energy storage grid-connection.

Keywords: energy storage; grid connection; electric energy metering; error tracing

电池储能技术自身具有高灵活、快响应的特征,是缓解可再生能源稳定性不足问题的关键,也是未来电网建设的重要一环。电能计量作为电池储能并网的重要环节,既是电网和储能运营商经济结算的重要依据,也是储能系统优化运行,保证电力交易安全的基础,其计量精确度影响着各方利益。相比较传统电源并网,电池储能并网较为特殊,一方面是其需要频繁切换工作场景,电力计量回路电流数据波动频繁;二是电能质量较为复杂,储能设备内部可能会出现大量谐波,叠加电网干扰引起信号变化,所以综合计量误差较大。对此,需要针对储能并网场景下电能计量误差展开研究。本文围绕储能并网计量需求,分析了综合误差构成机理,提出了在线测量溯源和校正技术,为储能并网电能计量研究提供了一定技术思考^[1]。

1 电池储能并网电能计量误差形成机理

1.1 CT误差构成分析

CT作为电流转化设备,其作用就是将电网的大电流转化为电表测量小电流。这一过程中的误差主要源于设备内部的铁芯磁滞以及涡流损耗,种类包括比差、角差^[2]。比差是CT设备二次侧输出电流真实值和理论值差值的比例,角差则是二次侧与一次侧电流值的相位差。而在储能设备并网环境下,CT误差的最大影响因子有以下三种:第一,电流值的波动变化;第二,功率因数的变化;第三,谐波干扰。而误差波动也会随着上述各类误差频率的增加而叠加。

1.2 PT与二次压降误差

PT主要的作用就是将电网存在的高电压转化为可被测量的低电压。而二次压降则是PT二次侧输出端到输入端线路内部的电压损耗,二者误差的叠加就是PT与二次压降误差。该误差的比例可能略小于CT误差,但是同样不可忽略。

PT误差的产生机理与CT误差有一定相通性,也是源于铁芯损耗与励磁电流同时存在比差和角

差。但PT一次侧电压相对稳定,误差主要受二次侧负载变化和谐波电压影响。在储能并网中,PT二次侧的负载量一般通过电表采样回路和二次线路的实际电阻值确定,而在工况切换状态下,电能表的采样频率出现变化,也会导致二次负载波动,引发PT变化。

二次压降误差主要由二次线路电阻的影响造成。一般情况下,PT与电能表之间存在一定距离,线路电阻可能导致电压损耗。此时,电感电容出现相位偏移,储能设备进行充放电时,二次负载电流产生功率波动,电流增加导致线路损耗加剧,会进一步增大误差波动。

PT误差和二次压降误差会存在一定协同影响,二次压降的变化也会改变PT二次侧的实际负载量,尤其是二者叠加且处于复杂工况下,更容易形成误差波动。

2 储能并网下电能计量误差溯源

2.1 综合误差分量拆解策略

综合误差的拆解需要保证各个环节的相对独立性,同时对分量的叠加数值精准把控,结合电力系统计量链路的实际特征,可以将拆解工作以分段测试的形式开展,通过隔离各个环节测量的单一误差,获取综合误差然后进行实测验证修正。具体步骤如下:首先是隔离PT和二次压降,就是将CT的二次侧信号直接对接到标准电能表,然后通过对比电能表的真实输出,获取实际误差,同时确保CT工作状态的稳定一致;其次是隔离CT电能表,然后将PT二次侧输出接入标准电能表中,对比PT一次侧计量理论值,得到PT与二次压降的具体误差值,并消除额外的干扰误差;最后就是结合误差的真实值,通过计算差值得到CT误差,然后验证不同分量叠加下的实测数值偏差,超出部分可以重新排查干扰。

整个拆解过程需要明确工况问题,了解电流波动,针对不同的充放电功率与谐波含量分别拆解,找到误差分量影响规律,确保拆解过程的真实性。

2.2 基于在线测量的误差分量采集

传统储能系统离线检测技术需要中断设备运行,无法及时采集误差分量,最终结果针对性较差,同时也无法直接反映不同工况对误差的影响。对此,现阶段研究机构开始采用在线测量技术,在无需中断设备正常运行的情况下,实时采集误差分量,同时捕捉工况变化特征。

在线测量系统需要与储能计量链路相连,在关键节点部署高精度设备,实时采集输入电流,计算CT误差数值,包括比差与角差比例等。PT除了一次侧需要部署电压传感器外,二次侧需要增设电压电流采集模块,用于采集两侧压降数据,结合PT变换特征,获取PT与二次压降的综合误差。最后在电能表双端部署采集模块,结合标准电能表数据值获取电能表误差^[3]。

2.3 交叉验证与误差源定位

交叉验证一般会采用三种以上测量方法。第一是在线测量法,通过上述的在线系统准确采集误差实际分量,明确误差值;第二是离线校准对比,在储能设备停机检修时,将电能表、CT、PT进行集中离线校准,同时结合实际工况对误差分量进行测算;第三是仿真模拟,也就是通过储能计量的系统模型,输入设备的实际储能参数,分析误差分量^[4]。

通过对三种方法的测量对比,一般误差标准偏差不会超过3%,偏差范围内的数据会直接取平均值为最终值。如果误差偏差超过范围,则需要重新分析误差来源,修正模型设备参数。

从实际应用角度看,交叉验证可修正单一测量误差,提升拆解准确性与定位可靠性,积累的误差与工况数据可优化溯源模型,提升适配性^[5]。综上,本文提出的溯源技术,通过分量拆解、在线测量与交叉验证相结合,有效解决传统溯源局限性,为误差校正提供准确可靠依据。

3 基于细分工况的动态校正

3.1 CT误差动态校正

CT误差校正的核心因素在于功率因数角、电流幅值、环境温度等,所以可以采用分段补偿的方式进行误差校正。一般情况下,储能设备轻载区间的误差主要是因为励磁电流过高,可以采用电流分量补偿策略,通过测量励磁电流数据,确定补偿系数并进行输出电流的二次修正;中载区间误差一般

较为固定,可以采用固定系数与功率因数分析法,对数角进行调整,确保相位偏差值符合工作要求;重载区间误差则主要是因为铁芯饱和,此时可以采用抑制法,调整抑制误差。

除了上述操作,还需要结合环境系数,对温度设备进行补偿,实时调整参数,同时根据运行轨迹实时调整储能设备电流系数,确保CT误差可控。

3.2 PT与二次压降误差校正

PT与二次压降误差校正的核心系数包括电流幅值、谐波数据、周围温度等。所以需要分别对PT和二次压降误差进行综合补偿。低谐波区间,PT的核心误差主要来自二次负载波动,此时可以采用相应的数据补偿,根据储能设备的电流值调整相应补偿系数,中高谐波区间的误差来自相应的数据干扰量,此时可以采用谐波补偿,同步调整相应的参数,修复干扰数值。

二次压降的误差补偿可以采用电压损耗补偿法,根据储能设备与并网线路,计算负载电流误差,同时设置对应的补偿系数修复电压信号并定期校准接触电阻,避免误差增加。

4 结 语

本文针对电池储能并网场景下,电能计量误差问题和校正策略展开了分析综述,结合并网工况环境,分析了拆解、在线测量和交叉验证等溯源技术,并以此阐述了相应的动态校正策略。后续研究可以结合机器学习等智能化技术,更精确地划分工况区间,推动储能计量技术升级。

参 考 文 献

- [1] 卢坤杰,田恩刚,王立成.分布式电池储能系统在概率输入延时下的荷电状态安全均衡控制[J].控制理论与应用,2024,41(12):2374-2382.
- [2] 周歧林,刘明昊,杨帆,等.基于多类型电池储能与V2G的双向主动配电网稳健性优化[J].中国测试,2025,51(S2):299-307,331.
- [3] 申洪涛,李翀,王浩,等.一种复杂电磁信号对单相电能表计量误差影响的分析方法[J].电力科学与技术学报,2025,40(6):204-212. DOI:10.19781/j.issn.1673-9140.2025.06.020.
- [4] 李文文,袁瑞铭,周晖,等.复杂动态功率信号幅度域特征对电能表动态误差影响[J].电测与仪表,2026,63(1):186-192. DOI:10.19753/j.issn1001-1390.2026.01.020.
- [5] 张杰,吴成辉,潘明俊,等.电池储能系统绝缘电阻检测方法误差分析[J].储能科学与技术,2024,13(4):1167-1175. DOI:10.19799/j.cnki.2095-4239.2023.0803.