

新能源电力系统量测数据同步性优化研究

耿杰 立若旺姆 张鑫 益西措姆

国网西藏电力有限公司营销服务中心，西藏拉萨，850010；

摘要：新能源电力系统以风电、光伏等可再生能源为核心电源，此类电源的出力特性受光照、风速等自然条件动态影响，呈现显著的强波动性与随机性。系统量测数据覆盖发电侧电源出力、输电侧电网潮流、配电侧用户负荷等全环节核心运行信息，其同步性——即分布于不同节点、由不同设备采集的量测数据，在时间维度上的一致性，直接决定系统调度决策的精准度与安全控制的有效性，是新能源电力系统实现精细化运行管理的基础前提。本文围绕新能源电力系统量测数据同步性优化展开系统性研究，首先，阐述同步性优化的时代背景与在新能源电力系统运行中的核心价值；其次，梳理同步性优化需遵循的核心原则，明确优化的方向与边界；再者，提出同步性优化的具体实施路径，为实践应用提供可操作的技术方案；最后，总结同步性优化的现实意义，同时明确后续持续深化优化的核心方向，旨在为新能源电力系统量测体系升级与运行质量提升提供参考。

关键词：新能源电力系统；量测数据；同步性优化；系统调度；时间一致性；协同管控

DOI：10.69979/3060-8767.26.01.006

引言

新能源电力系统作为推动能源结构转型、实现“双碳”目标的核心载体，其运行核心在于以风电、光伏等可再生能源替代传统化石能源，此类能源的出力输出高度依赖自然环境条件，具有不可控性、波动性与间歇性并存的显著特征。随着新能源在电力系统中的渗透率持续提升，系统中新能源电源的接入规模不断扩大、节点数量显著增加，系统运行复杂度与管控难度进一步加剧，对量测数据同步性的要求也从传统的毫秒级向微秒级提升。在此背景下，开展新能源电力系统量测数据同步性优化研究，破解当前同步性不足的核心问题，构建高精度、高可靠的量测数据同步体系，成为保障新能源电力系统稳定、安全、高效运行的关键任务，具有重要的工程实践意义与行业发展价值。

1 新能源电力系统量测数据同步性优化的核心价值

1.1 保障系统调度精准，降低安全风险

调度决策的精准性与安全控制的有效性，是新能源电力系统稳定运行的核心保障，而量测数据同步性优化则是支撑二者实现的关键基础。通过同步性优化措施的实施，可从源头消除量测数据的时钟偏差，同时大幅降低并均衡不同数据的传输延迟，确保分布于发电、输电、配电各环节、由不同设备采集的量测数据，能够实现时

间维度上的精准对齐，准确映射新能源电力系统同一时刻的运行状态，包括各新能源电源的实时出力、输电线路的潮流分布、配电侧的负荷变化、系统的频率与电压参数等。

1.2 提升新能源消纳效率，优化系统运行

提升新能源消纳效率、减少弃风弃光现象，是新能源电力系统运行的核心目标之一，而量测数据同步性优化则为该目标的实现提供重要技术支撑。同步性达标的量测数据，能够实时、精准地追踪新能源电源的出力波动趋势与配电侧用户的负荷变化规律，为调度部门提供动态、准确的运行数据依据，使其能够及时掌握新能源出力的“峰谷”变化与负荷的实时需求，进而快速调整机组组合方案——如在新能源出力高峰时段，减少传统化石能源机组的出力，最大化接纳新能源电力；在新能源出力低谷时段，合理提升传统机组出力或启动储能设备放电，保障负荷供电需求。同时，同步的量测数据可支撑调度部门对电能传输路径进行实时优化，根据各输电线路的实时潮流状态，将新能源电力精准分配至负荷需求集中的区域，避免因数据滞后导致的输电线路潮流拥堵或利用率低下，减少新能源电力因传输瓶颈无法消纳的情况。此外，基于同步的量测数据，还可对新能源电力系统的整体运行状态开展精准评估，识别系统中的能耗冗余环节，优化能耗分配方案，降低系统的整体运行成本，最终实现新能源电力系统“安全稳定”与

“高效经济”的双重运行目标。

2 新能源电力系统量测数据同步性优化的核心原则

2.1 时钟统一为基，兼顾精准与稳定

时钟基准的统一性，是实现新能源电力系统量测数据同步性的核心基础与源头保障，因此量测数据同步性优化需始终遵循“时钟统一为基”的核心原则。所有接入系统的量测设备，无论其所属环节（发电、输电、配电）与设备类型（逆变器、互感器、智能电表），均需接入全局统一的高精度时钟源，确保所有设备的时间基准保持完全一致，从根本上消除因时钟基准不同导致的初始时间偏差，为数据同步性奠定基础。同时，时钟系统的构建需兼顾“精准度”与“稳定性”两大核心需求，二者缺一不可：在精准度层面，需满足新能源电力系统当前及未来发展对量测数据同步性的精度要求，即时钟系统需具备毫秒级甚至微秒级的时间同步精度，确保量测数据的时间戳偏差控制在系统可接受的范围内；在稳定性层面，时钟系统需具备强大的抗干扰能力与故障冗余能力，能够抵御电磁干扰、网络中断等外部环境影响，同时设置备用时钟源，避免因主时钟源故障导致全局时钟同步失效，为系统运行提供持续可靠的时间基准支撑。

2.2 全环节协同，适配系统复杂度

新能源电力系统量测数据的流转，涉及“采集-传输-存储-应用”四个紧密关联的核心环节，任一环节的同步性短板，均会导致整体数据同步性不足，因此同步性优化需遵循“全环节协同”的原则，避免仅针对单一环节开展优化而形成“木桶效应”。优化工作需覆盖数据流转的全流程，在采集环节规范设备采集频率与时间戳生成规则，在传输环节优化链路带宽分配，在存储环节统一数据时间格式与存储时序，在应用环节建立数据同步校验机制，确保各环节同步性措施相互衔接、协同发力。同时，优化方案的制定需充分适配新能源电力系统“多节点、多电源、多环节”的复杂特性，避免“一刀切”式的统一优化模式。需结合发电侧（新能源电源分散、出力波动大）、输电侧（节点少、数据量大、实时性要求高）、配电侧（节点密集、设备类型多）不同环节的量测特点与同步性需求，制定差异化的优化策略，如发电侧侧重时钟校准的便捷性与传输延迟的均衡性，输电侧侧重时钟精度与数据传输的实时性，配电侧侧重

设备协同的规范性，确保优化方案能够契合各环节的运行实际，实现全环节量测数据的协同同步，满足系统复杂运行场景下的同步性需求。

3 新能源电力系统量测数据同步性优化的具体路径

3.1 统一时钟基准，校准设备时序

构建全局统一的高精度时钟基准体系，是实现量测数据同步性的源头举措，核心需从“时钟源引入”与“设备时序校准”两方面推进。在时钟源引入层面，需摒弃传统设备内置时钟的模式，接入具备高精度、高稳定性的全局统一时钟源，当前主流且成熟的选择为北斗卫星时钟或 GPS 时钟，此类时钟源可提供微秒级的时间精度，且具备广覆盖、抗干扰能力强的特性，能够满足新能源电力系统全环节量测设备的时钟同步需求；通过专用时钟信号传输链路，将时钟源信号接入系统内所有量测设备，实现所有设备时钟的统一接入与基准对齐，确保各设备的时间戳生成基准完全一致。在设备时序校准层面，需建立“实时监测+定期校准”相结合的动态校准机制，避免设备运行过程中产生时序偏差：通过远程监控平台，实时采集各量测设备的时钟运行参数，监测设备时钟与全局基准时钟的偏差值，设定偏差预警阈值，当某一设备的时钟偏差超出阈值时，系统自动向该设备发送远程校准指令，完成时钟偏差修正；同时，针对部分无法实现远程校准或运行环境复杂的量测设备，制定定期现场校准计划，安排专业技术人员携带高精度校准设备，对设备时钟进行现场校验与调整，消除设备老化、长期运行等因素导致的时序偏差，从源头保障量测数据同步的基础可靠性。

3.2 优化数据传输，降低延迟差异

数据传输环节是导致量测数据同步性不足的关键环节之一，优化需聚焦“缩短传输延迟”与“均衡延迟差异”两大核心目标，从传输路径、带宽分配、传输协议三方面开展针对性优化。在传输路径优化层面，需简化量测数据的传输层级，摒弃传统“采集端-区域转发节点-核心转发节点-应用端”的多层级传输模式，构建“采集端-就近边缘节点-应用端”的扁平化传输架构，减少中间转发节点的数量，缩短数据传输的物理距离与逻辑路径，从架构层面降低传输延迟的产生。在带宽分配优化层面，需建立基于数据优先级的差异化带宽分配

机制,打破传统“平均分配”的带宽使用模式:根据量测数据对系统运行的重要性,将数据划分为不同优先级,其中新能源实时出力、输电线路潮流、系统频率与电压等核心数据设为最高优先级,配电侧非关键负荷数据、设备状态监测数据等设为中低优先级;在带宽资源分配时,优先保障高优先级数据的带宽需求,为其分配专属带宽通道或更高的带宽占比,避免中低优先级数据挤占资源导致高优先级数据传输延迟超标,确保关键数据能够快速传输。在传输协议优化层面,需摒弃传统通用性传输协议(如TCP/IP协议)中冗余的确认机制与数据封装流程,采用具备低延迟特性的专用传输协议,此类协议通过简化数据封装格式、减少传输过程中的确认交互环节,能够大幅提升数据传输速率,缩短数据从采集端到应用端的传输耗时;同时,通过协议参数优化,确保不同类型、不同环节的量测数据传输延迟差异控制在极小范围内,避免因延迟差异过大导致数据同步性不足,实现各类量测数据的同步上传与接收。

3.3 建立协同管控机制,统筹全环节同步

构建全环节协同管控机制,是保障量测数据同步性的关键保障,核心在于搭建统一管控平台与制定标准协同流程,实现对数据流转全环节的统筹管控。在协同管控平台搭建层面,需整合发电、输电、配电各环节的量测数据管理功能,构建覆盖“采集-传输-存储-应用”全流程的量测数据协同管控平台;该平台需具备数据同步状态实时监控功能,能够实时采集各环节量测数据的采集时间、传输延迟、时钟偏差等参数,通过可视化界面展示全环节数据同步状态,当出现延迟超标、时钟偏差、数据丢失等同步异常情况时,平台自动触发声光报警与信息推送,提醒运维人员及时处理,确保同步异常能够被快速发现与解决。在标准协同流程制定层面,需明确各环节的责任主体与协同逻辑,制定统一的数据同步标准与操作流程:首先,规范量测设备的采集频率与时间戳生成规则,明确不同环节、不同类型设备的采集间隔(如发电侧设备采集间隔设为100微秒,配电侧设备设为1毫秒),确保设备采集时序统一;其次,规范数据上传流程,明确各环节数据的上传时间窗口与打包格式,避免数据上传时序混乱;最后,明确各责任主体的职责,如发电侧运维单位负责本环节设备的时钟同步与数据采集,输电侧运维单位负责传输链路的稳定与延迟管控,

调度部门负责整体同步状态的监控与协同指挥,确保各环节职责清晰、协同有序,实现全环节量测数据的同步管控。

4 结语

新能源电力系统量测数据同步性优化,是应对系统新能源渗透率提升、运行复杂度加剧的关键技术举措,其核心价值在于通过构建统一时钟基准、优化数据传输链路、建立全环节协同管控机制,有效破解传统量测体系中时钟偏差、传输延迟、协同不足等同步性问题,提升量测数据的时间一致性与信息完整性。从实践成效来看,同步性优化既能够为调度部门提供精准、可靠的数据支撑,保障系统调度决策的科学性与安全控制的有效性,降低系统运行安全风险;又能够助力提升新能源消纳效率,减少弃风弃光现象,优化系统运行成本,契合新能源电力系统“安全稳定、高效经济”的运行目标,对推动新能源电力系统高质量发展具有重要的现实意义。从后续深化优化的方向来看,随着新能源电力系统的持续发展,新能源接入规模将进一步扩大,量测节点数量与数据体量将大幅增加,对量测数据同步性的精度与稳定性要求将进一步提升:一方面,需结合技术发展趋势,升级时钟系统的精度等级,探索微秒级甚至纳秒级时钟同步技术的应用,同时引入更先进的低延迟传输技术(如5G-A、光纤直连技术),适配更高复杂度的系统量测需求;另一方面,需融入大数据、人工智能等数字化技术,构建数据同步状态智能分析模型,通过实时分析同步参数数据,提前预判同步异常风险,实现优化方案的动态迭代与自适应调整,持续提升量测数据同步性的可靠性与智能化水平,为新能源电力系统的长期稳定高效运行提供更坚实的技术支撑。

参考文献

- [1] 宋来旭,赵康,陈秀华.含储能的新能源电力系统双层优化调度策略研究[J].吉林电力,2022,50(05):30-35.
- [2] 宋来旭.含储能的新能源电力系统双层优化调度策略研究[D].东北电力大学,2021.
- [3] 胡伟,戚宇辰,张鸿轩,等.风光水多能源电力系统互补智能优化运行策略[J].发电技术,2020,41(01):9-18.