

基于集中式电能表的电能量计量系统优化设计

文/刘锐

河南九域腾龙信息工程有限公司

介绍了一种基于集中式电能表的电能量计量系统设计方案。该方案从计量表计、通信传输方式、数据处理方式和系统的互通互享等方面对传统电能量计量系统进行了全方位的优化，旨在降低系统集成和运维成本，提高数据采集和传输的速度，提高数据精度和实时性，实现系统的标准化、规范化，更好地适应并满足未来智能电网发展的需求。

电能量计量系统作为电力自动化系统的重要组成部分，为电网企业购电、售电和线损等业务开展提供了精准的电量数据支撑，实现了购电结算和网损计算的自动化，对电力计量数据的准确性、运行的可靠性的提升有非常积极的推动意义。随着电力行业改革持续推进和不断深入，电力系统同期线损工作的进一步推进和云平台、现货交易平台的建设，计量系统采集到的电量基础数据得到了更为广泛的运用，计量系统的重要性日益增加。但随着电能量计量系统越来越庞大和复杂，接入的计量设备和数据量也呈几何级增长，传统的计量表计和通信方式已经不能适合未来智能电网的发展趋势，不能满足实际需求，特别是现货交易平台对电量数据的要求。因此，根据当前电能量计量系统的发展趋势，为了更好地满足电网运营和电力市场发展需求，设计新型的电能量计量系统十分必要。

传统电能量计量系统现状

目前变电站普遍采用的电能计量模式是分布式计量模式，站内按照计量间隔配置电能表，电能表通过RS 485串行总线分组接入电量采集终端，采集终端通过调度数据网和电能量计量系统主站建

立通信连接，将采集到的数据通过上行通道传输到电能量计量系统。传统电能量计量系统架构如图1所示。

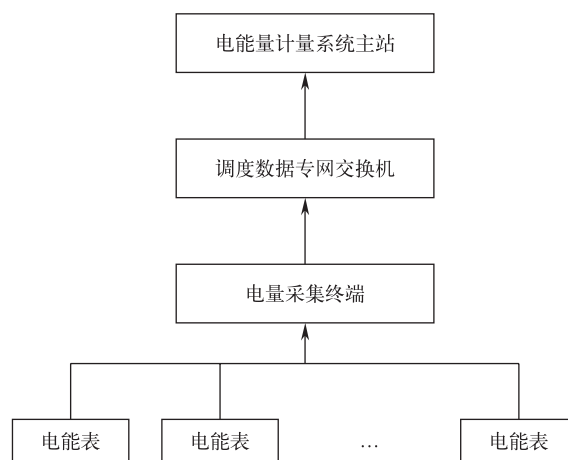


图1 传统电能量计量系统架构

这种模式无论在采集方式上还是在数据交互上都有有一定的局限性，无法满足未来智能电网数据采集可靠、稳定、精准及实时等各方面的要求。具体表现在以下几个方面。

1. 电能表采集方式

电能表采用RS 485串行总线模式，通过“手拉手”的方式串接到一起并分组接入采集终端中，

当接入电能表数量过多时，会造成电能表轮询一遍花费时间过长。如果遇到某块电能表通信异常，往往会花费更长时间，且容易造成某些电能表数据丢失，导致数据缺点现象。且RS 485串行总线方式通信距离受限，现场施工布线工作量大，通信网络易遭破坏，故障点不易查找，易受雷击和过电压影响。

2. 采集终端通信协议

采集终端和电能表之间通信协议众多，不利于规范化管理，也会影响系统的互操作性。目前被大量采用的DL/T 645通信协议上传小数位数较少，数据精准度不够，数据的质量不高。主站和采集终端之间采用DL/T 719协议，但由于这种协议是定期拨号召唤数据，因此对于处在召唤间隔期间的采集终端和表计出现的异常情况就不能及时发现。并且这种协议传输能力有一定限制，当同时进行的点对点任务过多时，会影响数据的传输速度和数据的实时性。

3. 数据处理

目前传统的计量系统只能从电能表采集到分时段码数据，数据的统计处理分析是在数据采集入库以后再进行线性处理。随着接入规模的扩大，电能表数以万计，服务器的计算能力有限，造成计算、处理时间过长，导致统计数据有一定的延时，无法满足现货交易平台等系统对电量数据实时性的要求。

基于集中式电能表的电能量计量系统设计方案

基于目前电能量计量系统的局限性和生产经营系统对电量数据不断攀升的要求，从计量表计、通信传输方式、数据处理方式和系统的互通互享等方面对传统的电能量计量系统进行了全方位的优化，设计了基于集中式电能表的电能量计量系统，旨在构建一套符合电力企业现有规约和终端设备接入要求，并与电力其他业务系统密切集成的智能电能量计量采集系统，实现电能表数据远程采集管理、业务支撑、接口服务和数据分析应用等功能，实现系统的标准化、规范化，提高系统数据的兼容性，更好地适应并满足未来智能电网的发展需求。基于集中式电能表的电能量计量系统架构如图2所示。

集中式电能表采集并处理各类电量数据，通过网口或光纤接入站内专用三层交换机，通过调度数据网和电能量计量系统主站建立通信连接。这种系统利用集中式电能表的集成功能，极大地缩减了电能表数量，抛弃了传统的电量采集终端设备和RS 485串行总线传输方式，简化了系统结构，节约了成本，降低了故障发生的风险。基于集中式电能表的电能量计量系统是计算机技术和通信技术结合的产物，与传统的电能量计量系统相比，其传输和处理信息的速度明显加快，抗干扰能力也有了很大提高，极大地提高了电能量计量系统的各项指标。

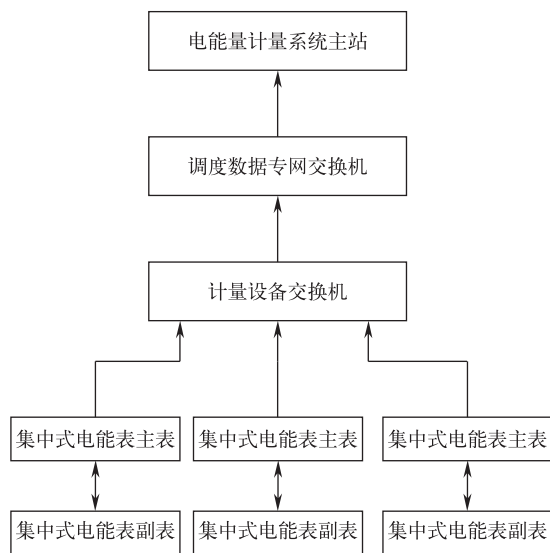


图2 基于集中式电能表的电能量计量系统架构

1. 系统计量表计的优化

目前，集中式电能表已经在智能变电站中应用，通过智能变电站高度信息化的合并单元或者电子式互感器的数字输出采样信号，集中式电能表采集方式更加灵活方便，数据传输更加快捷，并且能实现信息交互、信息共享。强大的CPU处理芯片的出现，能够支持足够快的运算速度，这为集中式电能表能够支持更多的采样回路提供了坚实的硬件基础。目前已经使用的集中式电能表的采样回路可达8路，积分运算可以达到毫秒级别，能够完成8块独立多功能电能表（包括电能示值/增量、电能需量、当前瞬时量和状态信息等）所有计量功能。

(1) 集中式电能表的优势

集中式电能表的使用大大缩减了系统规模，接

入的电表数量呈几何级下降,使站端系统更加简洁明了,运维更加方便快捷,光纤数字接入方式无须大量电缆,设备成本和运维成本明显下降。同时,接入设备和通信电缆接点的减少,也降低了风险点的数量和触发设备故障概率,提高了电能量计量系统运行的可靠性,符合智能变电站集约、低碳和环保的设计要求。

集中式电能表的使用提高了电能量计量精度。常规电能量计量装置的综合误差主要由互感器误差、二次回路误差、电能表采样频率误差及A/D转换器的精度等组成。集中式电能计量终端采用光电或电子式互感器,不存在模拟量采样、A/D转换等误差,具有无磁饱和、频带宽、动态测量范围大、测量准确度高和暂态特性好等优点。信号传输采用光缆传输,速度快、抗干扰能力强,传输基本无压降;采用先进的设计理念和数据处理算法,提高了计量精度,使集中式电能计量终端的精度可达到0.1S级。

(2) 集中式电能表双机冗余设计方案

集中式电能表采用一主一从的双机冗余设计,采用硬件竞争机制决定主机和从机,正常情况下,主机处于工作状态,从机处于监视状态,从机实时同步主机电能量数据。若主机故障,从机无缝切换成主机,完全实现主机所有功能,同时发出主机故障告警信号。若主机监测到从机故障,则发出从机故障告警信号,提醒工作人员及时处理。此方案大大降低了因设备硬件故障引起的系统故障,提高了系统的运行可靠性。

2. 系统通信传输方式的优化

通信协议是实现电能量计量系统可靠、快速通信的重要保证。随着计算机技术、电力电子技术和网络通信技术的飞速发展,现代电网结构日趋复杂,电网容量不断扩大,实时信息传送量快速增加,对系统的通信提出了越来越高的要求。

(1) IEC 61850国际标准协议

基于集中式电能表的电能量计量系统中集中式电能表和新型采集终端均采用更具有开放性和互操作性的新一代变电站通信网络和系统协议IEC 61850标准,周期性地将电能数据上送到电能量计量系统主站,将突发性信息(如事件记录、告警等信息)上送,也可以有选择地将实时电压等数据信

息上送。IEC 61850国际标准协议是关于变电站自动化系统的第一个完整的通信标准体系,具有互操作性和面向未来、开放的体系结构,与传统的通信协议体系相比,在技术上有突出优势。

(2) IEC 61850国际标准协议的运用

与传统电能量计量系统相比,采用IEC 61850国际标准协议的集中式电能表的电能量计量系统数据采集效率、数据采集质量、数据传输时效性及运行的可靠性都得到了跨越式的提高。电能量计量系统主站和集中式电能表通过网络方式传输,将RS 485轮询采集方式替换为实时长连接、主动上送方式,在采集成功率及采集速率方面都有了质的飞跃。传统电能量计量系统采集终端和电能表之间常采用DL/T 645通信协议,上传数据小数位精度仅为两位,而在新一代变电站设计中,TA电流比较大,造成了上传数据的精度不高,数据质量较差,导致日线损计算不达标。集中式电能表采用IEC 61850国际标准协议,直接、主动将数据上传主站,采集的数据保留了集中式电能表原有的精度,提升了数据质量。同时去掉了采集终端中间环节,减少了采集终端和主站间问询、连接和应答等中转环节,增强了数据传输的时效性,消除了因采集终端故障导致的对系统的运行安全性和数据准确性的影响。同时,实时长连接方式可以实时监测网络通道运行状态,便于实时、快速发现和处理通道故障,增加主站系统运行的可靠性。

传统的电能量计量系统主站不和电能表直接通信,电能表的相关信息(如设备编号、通信地址和电能表时间等)都无法通过网络传输获取,常常会造成档案混乱、电能表无法对时等问题。采用IEC 61850国际标准协议的集中式电能表的电能量计量系统中,集中式电能表直接和主站建立连接,可以方便地读取集中式电能表各类设备类信息,主站可以随时和电能表进行对时,确保整个电能量计量系统时钟统一、准确。自动获取设备编号、通信地址,便于规范设备台账,解决因设备更换、轮换等工作造成的设备台账混乱等问题,降低人工成本。设备编号和通信地址的唯一性,方便实现调度电能量计量系统和营销系统、同期线损系统等的模型对应,实现多系统数据互通、共享,促进多数据源融合技术的发展。

3. 系统数据处理方式的优化

基于集中式电能表的电能量计量系统优化了数据计算处理模式，利用集中式电能表的计算存储能力，将一次电量负荷数据、分时数据和日统计数据等全部由主站应用服务器计算，优化为分散到每一台集中式电能表分别计算。集中式电能表将这些计算数据随底码负荷数据一起传送至主站，主站仅需要对特殊的计算公式进行数据处理，不需要再对每一块电能表数据进行计算处理，大大缓解了主站的数据处理压力，缩减了数据处理时间，提升了电量数据实时性。

传统电能量计量系统在进行大量数据处理时，短时间内会产生巨量任务，这些任务会瞬间占满任务进程，当各事务之间有关联关系时，默认事务传输将按照一定顺序完成，这就造成了很多事务排队等候，占用进程却不处理，严重影响数据处理传输效率。在基于集中式电能表的电能量计量系统中，DMHS数据库启用事务分裂功能，可以把事务中的操作拆分成N个表，拆分后表与表是无序的，可以同时计算，同时传输，无须排队等候，从而提高了数据处理能力和同步性能。

4. 系统的互通、互享

自动化系统中电能表以及设备的运维管理是一项十分重要的内容，这项工作无论是传统电能表还是现代智能电能表都较为复杂，并且费时费力。在自动化系统中，各个系统存在不同的通信规约、接口，导致分析故障和设备运行情况需要在多个系统中频繁切换，极大地增加了工作人员的工作量，同时电气设备的安全性和可靠性均无法得到有效的保障。

目前的调度自动化系统中，电能量计量系统和智能电网调度技术支持系统（D5000系统）是单独的两个模块，除电网模型以外，数据及设备信息没有实现共享。基于集中式电能表的电能量计量系统和调度D5000系统均可以采用IEC 61850国际标准协议，数据信息可以实现互通、互享，实现系统标准化、规范化和精细化管理，有利于电能量计量系统的信息管理能力和故障梳理能力的提升，从而促使其整体综合应用水平得到有效提升。集中式电能表的电能量计量系统中，能够互享开关遥信信息，可以通过开关位置和电量数据采集情况，很容易判

断出是否存在通信故障。通过对互通、互享信息的合理利用，可以对电量数据和功率积分数据进行对照分析，对自动化设备的整体运行状态进行客观合理的判断和分析，同时还可以进行风险评估，对调度自动化系统中是否存在风险进行判断和确定，有利于调度自动化系统管理水平的整体提升。

结束语

随着智能电网技术的发展，建立高度信息化、标准化以及现代化的电能量计量系统势在必行。因此，必须对电能量计量系统进行优化设计，提高其对生产运营、交易结算系统的支持力度。相信在不久的将来，智能技术可以使电能量计量系统更加完善成熟，促进电力行业的整体服务质量的提升。EA

（收稿日期：2022-06-22）

参考文献

- [1] 邹炜，李钊. 现代化电力系统电量计量采集方式对比及分析[J]. 华北电力技术，2016(3): 33-37.
- [2] 罗莉. 智能电表远程采集系统的设计与实现[D]. 成都：电子科技大学，2021.
- [3] 张继学，幸丹. 智能技术在电能计量中的优势及运用[J]. 科技创新导报，2020，17(9): 138-139.
- [4] 齐秀针，王爱杰，徐军. 新一代电能量计量系统的技术研究[J]. 信息技术与信息化，2016(12): 106-108.
- [5] 杜辉. 电能计量装置在运行工况下综合误差分析研究[J]. 工业计量，2020，30(2): 18-21，24.
- [6] 唐成虹，胡国，张吉，等. 智能变电站新型高压集中式电能计量终端[J]. 电力系统自动化，2011，35(5): 87-90.
- [7] 程杰，尚智婕，胡威，等. 智能电网信息系统安全隐患及应对策略[J]. 电气应用，2020，39(4): 99-102.
- [8] 罗微，谭锡林，蔡莹，等. 面向智能电网的自适应调度管理机制研究[J]. 电气应用，2021，40(12): 56-60，65.