
电力线宽带通信技术在智能电网用电信息采集系统中 的应用探讨

齐淑清, 张辉

(国网信息通信有限公司, 北京 100761)

摘要: 在智能电网建设中, 用电信息采集系统是信息化、数字化、自动化、互动化电网的重要组成部分。本文简要分析了我国当前用电信息采集系统的发展现状及未来系统建设需求, 比较了电力线宽带通信技术和其它通信技术的特点, 提出了电力线宽带通信技术在未来智能电网用电信息采集系统中的应用方式和前景。

关键词: 电力线宽带通信; BPLC; 用电信息采集系统; 智能电网

Application of Broadband Power Line Communication Technology in the Electric Energy Data Acquisition System of the Smart Grid

Abstract: In the construction of the smart grid, the electric energy data acquisition system(abbr. EDAS) is the key part of the grid, with the features of informationization digitalization, automation, interactive-based. The paper takes a brief analysis on the development status quo and construction requirements in the future about EDAS in our nation, comparing the technology characters between broadband power line communication and other communication , proposing the applicaiton methods and prospect based on broadband power line communication techonology in the EDAS of the smart grid.

Key words: broadband power line communication, BPLC, electric energy data acquisition system, smart grid

0 引言

按照国家电网公司 2009 年发布的“建设坚强智能电网”规划, 我国智能电网建设将包含发电、输电、变电、配电、用电和调度共六个环节, 具有信息化、数字化、自动化、互动化的技术特征, 到 2020 年, 中国电网的资源配置能力、安全稳定水平, 电网与电源和用户之间的互动性得到显著提高。可见, 如何有效搭建用户与电网之间沟通桥梁, 提供安全可靠的用电信息采集服务, 是实现电网数字化、自动化、互动化的基础, 同时也是电力公司增强电网综合服务能力, 满足互动营销需求, 提升服务水平的必然要求, 可以预见用电信息采集系统将在我国智能电网配用电部分建设中起到至关重要的作

用。

用电信息采集系统依托光纤、无线和电力线载波等通信技术构筑的网络，通过采集器、集中器、智能表计、用户智能交互终端等设备，在用户和电网公司之间形成网络互动和即时连接，从而实现电力、信息、应用数据的高速传输和远程家电控制等功能。相对其它通信技术，宽带电力线通信技术采用低压电力线作为传输介质，具有线路资源丰富、传输速率高、网络建设成本低等技术优势，有望在未来用电信息采集系统的网络建设中发挥重要的作用。

1 智能电网用电信息采集系统应用现状

近年来，各地供电公司根据各自的应用需求，也陆续开展了智能电网用电信息采集系统的试点建设，在负荷预测分析、电费结算、需求侧管理、线损统计分析、反窃电分析及供电质量管理等业务中取得了一定的效果。然而，调研和分析结果表明：这些仅作为试点建设的智能电网用电信息采集系统规模小、分散孤立，总体采集覆盖率低，只占到电网公司经营区域内电力用户总数的不到 5%，离上述的总体目标还相差甚远，无法满足公司系统各层面、各专业准确掌控电力用户信息的需求。

究其原因，已经试点建设的智能电网用电信息采集系统之所以没有进行大规模的推广应用，除了受系统规划、标准建立、运行管理及资金投入等各方面因素制约以外，更重要的因素是电表数据采集系统的通信方式不能满足现实的需求。

目前，国内现有的电力用户抄表系统在从电表或采集终端到抄表集中器的本地通信方式上，大都采取的是 485 布线、窄带低频电力线载波或无线的通信方式。这些抄表系统或者是施工量太大，不方便大范围实施（如 485 布线）；或者是受电力线负载特性的影响较大，而造成通信信道的不稳定不可靠（如窄带低频电力线载波）。而它们的共同弱点都是带宽过窄、速率过低、实时性差、不能实现双向快速通信等，因此已建系统的实用化程度低，无法满足供电公司建设用电信息一体化采集平台的需求，更不能满足用电预付费、断复电和反窃电等更高层面上的管理需求。因此，大多数供电公司没有把握进行大范围的推广应用，现在仍以现场人工抄表为主。

因此，供电公司要打造适合于各层面、各专业共享的用电信息一体化采集平台，能够满足线损的统计与计算、供电用户用电负荷曲线分析和异常用电情况查询，实现对电力用户的远程通断电控制和预付费管理等更高的管理需求，就必须升级智能电网用电信

息采集系统的通信方式，以确保系统的数据通信是实时的、快速的、可靠的、稳定的。而如同其它工商业用户信息与控制网络一样，网络宽带化将是智能电网用电信息采集系统发展的必然方向。

2 电力线宽带通信的技术特点

电力线宽带通信（Broadband Power Line Communication，简称 BPLC）技术，是以太网技术发展的分支。它采用先进的 OFDM 通信编码技术，利用覆盖范围最为广泛的电力线作为高速数据通信的载体，可以免布线、低成本地实现用户的数据终端接入宽带通信网络，适应了现代节约型社会的建设需求。国内宽带 PLC 的应用起始于 1999 年原国家电力公司的科技项目，并在 2001 年由原国电通信中心组织开始采用 BPLC 产品，在北京居民区进行电力线上网试验，随后在北京正式开展电力线上网商业化试运营，在上海、南京、深圳等各地大中城市，也都相继出现了推广电力线上网的企业，使得全国的电力线上网用户达到了近十万户。

国家电网公司“电力用户智能电网用电信息采集系统建设领导小组”颁布的建设模式及技术方案研究报告中，将电力线宽带载波技术列为居民用户用电信息采集本地通信的主要通信方式之一，指出“宽带通信占用频带宽，数据传输速率高，数据容量大，双向传输，无需另外铺设通信线路，安装方便、可以方便地将电力通信网络延伸到低压用户侧，实现对用户电表的数据采集和控制”，认为“相对窄带载波通信，宽带载波安全性更好，通信可靠性更高，这种模式适合用户电表集中的城市台区，能够通过网络实现预付费功能。”国家电网公司对该技术的科学评价，将极大地推动基于电力线宽带通信技术的电力用户智能电网用电信息采集系统的大规模推广应用。

电力线宽带通信技术充分利用现有的配电网络线路，无需布线，可以较大程度上节省网络建设投资，符合我国建设节约型社会的宗旨，也是低成本实现用户终端宽带网络化重要手段之一。因为传统的以太网建设需要敷设大量的光纤和双绞线，安装大量的网络交换设备。尽管光纤和双绞线可靠性高，但施工量太大，而且安装技术要求高，造成初装成本高，目前尚不适宜于电力用户计量终端网络的建设。电力线宽带通信以电力线为载体，覆盖范围广、无需布线、建设投资小，而且终端连接方便，接入电源就等于接入网络。因此，利用供电公司 380V/220V 低压供电网络，完全可以建立起从局端直达每个低压用户的端到端的宽带通信网络，既可以为供电公司远程用电管理的各种应用提供

统一的宽带通信平台，又可以为其它基于互联网的社区、楼宇与家庭的诸多应用提供经济实惠的宽带传输手段。

3 电力线宽带通信在抄表领域与其它通信方式的比较

3.1 抄表领域的主要通信方式

在抄表领域，本地通信信道的主要方式包括 RS-485 总线、窄带电力线载波、宽带电力线载波和短距离无线等。

(1) RS-485总线。RS-485是一种双向、半双工通信的工业总线标准，允许多个驱动器和接收器挂接在总线上，数据信号采用差分传输方式，具有较高共模范围（-7V至+12V）。其优势在于资源消耗小，易于实现，成本低廉，信号传输可靠性高，因此得到了广泛的应用。但每条RS-485总线上的终端数量有限，多台设备共存时需要分级转发，因此系统安装调试复杂；因终端共用总线，任何一个节点故障都会导致总线无法通信，因此故障排查工作量大；RS-485总线的实现需要敷设专用线路，施工量大，容易遭受外部电磁干扰和人为破坏。

(2) 窄带载波通信方式。低压窄带载波通信技术是指载波信号频率范围 $\leq 500\text{kHz}$ 的低压电力线载波通信，数据传输速率较低。采用这种通信方式时无需另外铺设通信线路，安装方便、可以方便地将电力通信网络延伸到低压用户侧，实现对用户电表的数据采集和控制，适应性好。因为电力线信道具有信号衰减大、噪声源多且干扰强、受负载特性影响大特性，从而降低了低压窄带载波通信的可靠性，使其推广应用遭遇一些技术障碍，需要在应用时采用软、硬件技术结合完成组网优化。因此低压窄带载波通信方式适用于电能表安装位置分散、布线困难、用电负载特性变化较小的台区，例如城乡公变台区供电区域、别墅区等。

(3) 电力线宽带通信方式。低压电力线宽带通信技术指载波信号频率范围 $> 1\text{MHz}$ 的低压电力线载波通信。低压电力线宽带通信占用频带宽，数据传输速率高，数据容量大，双向传输，无需另外铺设通信线路，安装方便、可以方便地将电力通信网络延伸到低压用户侧，实现对用户电表的数据采集和控制，适应性好。因其采用较高频率的载波信号，在电力线中信号衰减较快，因此在长距离通信中，可通过在适当条件下加装中继方式实现可靠传输。电力线宽带通信所使用的频段在电力线上干扰较少，通信可

可靠性更高、更稳定，安全性更好，这种模式适合用户电表集中的城市社区，能够通过网络实现预付费功能。

(4) 无线通信方式。无线通信的频段是工业科学医疗（ISM）频段微功率，包括433MHz、868MHz（欧洲）、915MHz（美国）和2.4GHz，节点间的通信方式包括点对点、固定中继和自组网等类型。无线通信方式主要包括ZIGBEE、微蜂窝及由这些技术衍生出来的类ZIGBEE等方式。无线通信的优点在于安装简便，无需布线，适应性强。但因其标准不统一，实现方式各异，性能参差不齐。除了距离衰减外，建筑物、天气、空间电磁干扰等外部环境变化都会对无线通信造成影响，因此无线通信方式在抄表领域的应用也必须根据现场环境，采用中继、转发、组网等方式来实现数据的传输，使其推广受到阻碍，更适合于作为其他本地通信方式的补充形式。

3.2 通信方式对比

综上所述，各种通信方式都各具特点，根据国家电网公司“电力用户智能电网用电信息采集系统建设领导小组”提供的有关研究报告，抄表系统的几种通信方式的优缺点比较如下：

传输方式	RS-485 总线	低压窄带载波	电力线宽带载波	短距离无线
施工方式	需要布线到电表	无需布线	无需布线	无需布线，安装调试复杂
可靠性	可靠性高	可靠性较高	可靠性较高	可靠性较差
运行维护	维护量大	维护量小	维护量小	维护量较大
传输速率	1200~9600bps	<2400bps	>512kpbs	几十 kpbs
访问机制	半双工，轮询机制	半双工，轮询机制	全双工，双向同时通信	半双工，轮询机制
影响因素	线路易受损	受负载特性影响大，需要组网优化	高频信号衰减较快，在长距离通信中需加装中继组网	受电磁干扰、地型和天气影响大
可扩展性	只能抄表	只能抄表	能够通过网络实现预付费功能	可实现，但受速率限制

总体来说，电力线载波方式，包括窄带和宽带电力线通信在系统可实现性上具有优势，但在两者相比较来看，宽带电力线载波通信方式无疑具有较高的技术水平和性能，在速率、可靠性、扩展性上的优势尤为明显，其主要理由如下：

-
- 1) 宽带载波作为以太网技术发展的一个新分支,是基于已经过广泛验证的 TCP/IP 网络协议,因而具有完善的链路层和网络层数据保护与验证,远非各种窄带载波的结点组织和中继算法可比。
 - 2) 宽带通信速率高,每个 IP 包在毫秒级时间内即完成数据传输,可大大降低遭受突发干扰的影响,即使一次通信失败,也可按照带冲突检测的载波侦听多路访问网络协议(CSMA/CD)迅速重发,确保数据可靠。
 - 3) 宽带载波芯片大都基于高性能 32 位核心和 DSP 技术制造,在技术等级和性能上都具有优势。
 - 4) 即使是在窄带载波较有优势的通信距离上,目前的宽带载波设备也可通过自身已具备的自动路由选址和中继组网机制,可以更好的满足端到端的通信解决方案。
 - 5) 基于 TCP/IP 机制的宽带载波,通信性能高、速率快、稳定性安全性高、扩展能力强,应用于低压用户集中抄表的本地通信,可确保抄表数据的通信成功率和准确率,是实现电力营销将来预付费管理模式的可靠平台。

4 基于电力线宽带通信技术的低压用户集中抄表系统

4.1 系统简介

基于电力线宽带载波技术的低压用户集中抄表系统,就是把先进的电力线宽带通信技术(BPLC)和智能化抄表技术相结合,实现电表实时数据采集与宽带传输于一体的新一代低压用户集中抄表解决方案。

本系统适用于电力用户集中的城市台区,如居民小区和普通工商业用户。所采集的电表类型包括带有 RS485 通讯接口的普通单相、三相电子表。系统的特点是:利用台变以下的低压电力线作为通信传输介质,采用电力线宽带通信模块进行数字信号的调制和解调,免布线、低成本地实现用户终端电表的网络化采集环境。

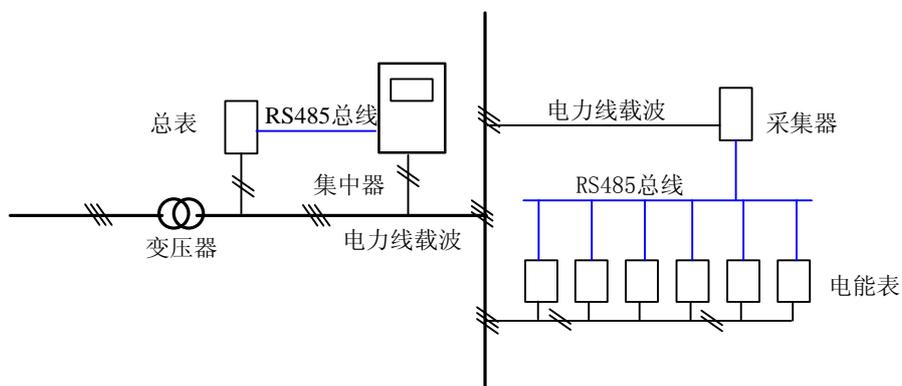
4.2 系统架构

基于电力线宽带载波技术的低压用户集中抄表系统以城镇公用配变台区或居民小区(多配变台区)为采集单位,对该配变台区或居民小区的全部居民电表(还包括配电

台区的单、三相工商业用户电表)以及配变台区的总表进行用电信息采集,并远程上传给局端主站系统。局端主站系统通过系统构建的宽带通信网络,可以实现对用户电表的远程通断电控制和未来的预付费管理等网络服务功能。

4.3 系统架构说明

基于电力线宽带载波技术的低压用户集中抄表系统可根据部署位置分为主站、通信信道和采集设备三部分。系统的架构如图 1 所示。



(1) 系统主站

主站部分的物理结构主要由数据库服务器、应用服务器、通信前置机、防火墙设备以及相关的网络设备组成。建议单独组网,与营销应用系统和其它应用系统以及公网信道采用防火墙进行安全隔离,保证系统的信息安全。

(2) 通信信道

通信信道分为远程通信信道和本地通信信道。

远程通信信道是指系统主站与远端网络集中器之间的通信信道,主要包括光纤信道、GPRS/ADSL 公用网络信道、230MHz 无线电力专用信道等。由于光纤信道的高带宽、高速率和高可靠性,在有条件的情况下建议将电力通信光纤专网向配网延伸至每个台区,覆盖全部 10KV 线路,以确保骨干通信网络的专有性和安全性。

本地通信信道是指网络集中器与采集器、采集器与电能表计之间的通信信道。网络集中器与采集器之间通过电力线宽带通信技术,形成以电力线为传输介质的高速 IP 网络。采集器与电能表计之间的通信信道为 RS-485 总线。

(3) 采集设备

采集设备指安装在现场的终端及计量设备，主要包括网络集中器、电力线宽带载波采集器以及电能表计等，分别介绍如下：

- 1) 网络集中器：用于收集各采集终端的数据，并进行处理储存，同时能和主站或手持设备进行数据交换。集中器具有以太网接口，下行与采集器之间的通信采用电力线宽带载波技术，完成集中器对采集器的数据收集和集中管理。上行通过电力专用的光纤网络，或电信运营商的 GPRS/ADSL 信道，上传抄表数据给系统主站，并接受主站的管理指令，完成对用户电表的集中控制与管理，未来可通过电表实现预购电管理功能。
- 2) 电力线宽带载波采集器：用于采集多个电能表的电能信息，并通过电力线宽带载波信道与集中器交换数据。
- 3) 电能表：系统支持带有 RS-485 通信接口的电能表。

5 结语

采用电力线宽带通信技术的智能电网用电信息采集系统，不仅大大提高了信息采集工作效率，而且可为供电企业提供远程用电管理的双向通信平台，建立用户与电网之间实时、互动的数字网络，实现全采集、全覆盖、全费控功能，创建用电新型电力营销管理模式，提供其它网络增值服务功能，为实现智能电网营销自动化，提高营销和服务管理水平创造了技术条件。

作者简介：

齐淑清（1958—），女，河北石家庄人，高级工程师，从事电网自动化、电力系统通信的技术研究及专业管理工作。

张辉（1978—），男，黑龙江大庆人，工程师，从事电力线通信技术推进、电力系统通信技术研究工作。