

双模通信在智能用电信息采集系统的应用研究

为改善贵州省智能用电信息采集系统的建设现状,提高低压电力集抄系统的采集成功率,降低集抄耗时,满足未来智能电网的可持续发展需求,将基于正交频分复用技术的高速窄带电力线载波和基于微功率无线的双模技术应用于贵阳市三个低压电力集抄试点台区,经过对试点台区的改造和维护,并进行了为期一个月的运行监测。系统运行指标结果表明:双模通信技术可有效提高智能用电信息采集系统的采集成功率、实时性和稳定性,能够广泛应用于电力系统负荷监测、线损管理、故障诊断和营销业务交互等领域。

殷健 董天强/贵州电网有限责任公司贵阳供电局

周克/贵州大学电气工程学院

0 引言

从智能电网概念的出现,到美国能源新政的提出,再到我国提出建设坚强智能电网^[1]的计划,全面提升电网运行的可靠性,尤其是提高供配电的服务质量已被世界范围内的多数国家列入政府重大发展规划。智能用电与亿万电力用户的关系最为紧密,且智能用电是我国坚强智能电网的重要组成部分,智能用电信息采集系统^[2-3]建设的优劣程度直接关系到未来电网能源使用效率、有序用电、电力市场和经济运行等环节。

智能用电信息采集系统在我国全面建成以后,海量电能信息数据的爆炸式增长、SCADA管理数据库的高速发展以及供电企业为终端用户提供承载智能家居相关功能应用平台的实时性需求的提升,都对现今使用的电能信息采集传输方式提出了巨大挑战。现今使用的低

压窄带电力线载波技术^[4]因其传输速率慢、抗干扰、抗屏蔽和抗噪声能力差等缺点,已不能满足未来智能电网的建设要求。近年来,结合基于正交频分复用(OFDM)的高速窄带电力线载波^[5]和基于微功率无线的双模技术得到了工业界和学术界的重新审视和高度认可。法国配电网络公司和美信半导体公司联合发布了高速窄带G3-PLC规范^[6],它建立了强健的PHY层和基于IEEE 802.15.4标准的MAC层、网络层、传输层以及COSEM体系兼容的应用层^[7],是一种抗噪、抗扰和抗衰减能力强,点对点通信距离远,组网拓扑稳健的低压电力线集抄方案。将高速窄带载波方案和已有的微功率无线方案进行有机整合,可充分利用双模信道的互补特性,实现集低压电力用户信息传输、交互和汇聚的通信网络。

贵州电网有限责任公司贵阳供电局为响应南方电网公司号召,致力于研究大规模自动化集抄技术,推广智能用电信息采集系统的建设,依托青岛东软的双模集抄产品,在贵州省贵阳市某楼盘选取了三个试点台区进行了集中改造,通过试点台区的示范作用,以期对贵州电网推行互动营业厅智能缴费、阶梯峰谷电价以及工业和企业用能互调奠定先行基础。

1 智能用电信息采集系统

智能用电的指导思想就是采用信息化手段,利用价格杠杆,通过互动策略,调动电力用户参与需方响应,实现



殷健/高级工程师

关键词/Keywords

智能用电·
电力集抄·
双模通信·
采集成功率·

贵州省科技厅基金项目(黔科合LH[2014]7614),

贵州电网科技项目K-GZ2014-011资助。

电力负荷需求的理想化^[3]。

智能用电信息采集系统是对电力用户的用电信息进行采集、传输、处理和实时监控的系统,实现用电信息的自动采集、计量异常监测、电能质量监测、用电分析管理、相关信息发布、分布式能源监控和用电设备在线实时管理等功能,为自动抄表、短信平台、自助查询、智能互动和个性服务等提供了强大的技术支撑,是实现智能用电的基础。

智能用电信息采集系统主要由计量主站、通信信道、采集终端和智能电能表等组成,如图1所示。

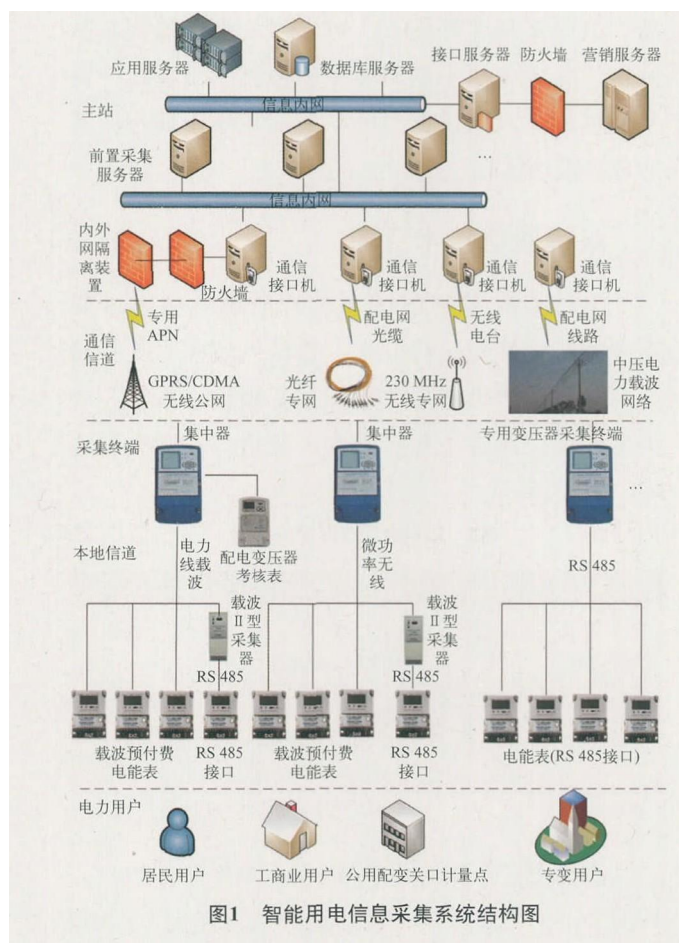


图1 智能用电信息采集系统结构图

从图1的结构可以看出,智能用电信息采集系统的主站由业务应用服务器、数据库服务器、接口服务器、营销应用系统、前置采集服务器和通信接口机组成。通信信道为主站与采集终端提供了物理衔接链路,是信息交互的载体,主要包括GPRS/CDMA无线公网、光纤专网、230 MHz无线

专网和中压电力线载波网络。根据采用的通信方式,可实现主站与采集终端的半双工或全双工模式的通信。上行链路用于传送采集终端收集的用户电能信息;下行链路则用于下发采集任务、采集对象、任务执行起止时间、任务执行周期和补采次数等信息。

采集终端包括集中器、配电考核表和专用变压器采集终端,是对各信息采集点的电能信息进行采集、数据管理、数据传输以及执行或转发主站下发的控制命令的设备。一般按应用场合的不同主要分为低压集中抄表终端、专用变压器采集终端、公用变压器采集终端、分布式能源监控终端和厂站采集终端。

智能电能表是智能电网高级计量体系中的重要设备,它的出现将使电力公司与电力用户之间实现即时性的交互式通信。电力消费者可基于环境和电价之间的权衡,因地制宜地优化电能用量。智能电能表由测量单元、数据处理单元和通信单元等组成,围绕智能电网的建设需求,增加了能效计量、费率控制、时段管理、预付费、实时监测、用户加密和双向通信等功能。

本地通信为采集终端和用户电能计量装置之间的数据通信,主干网络为低压电力线载波和微功率无线信道。其中,低压电力线载波又分为窄带载波和宽带载波。目前国家电网远程集抄台区大多采用的是270 kHz、421 kHz等窄带载波方案,其信号处理常采用直接扩频、线性调频、调频扩频和过零检测技术,且载波频率较低,可实现600 m以内的点对点通信。但由于电网谐波、城市家电的噪声^[8]也常存在于3~500 kHz内,对窄带载波信号的影响是剧烈的,所以窄带载波方案适用于电能表位置分散、布线困难和用电负荷特性变化较小的台区。宽带载波^[9]是指信号载频在1~30 MHz的电力线通信技术,其频段有效规避了千赫兹频段的常规低频干扰,采用正交或扩频调制方式实现了兆级数据传输。但是,高频信号在低压台区电力线上的衰减很快,尤其在埋地线缆场景,严重限制了单跳通信距离。若没有坚强稳健的中继、路由组网算法,载波信号将很难覆盖到整个

供电台区，造成“集抄孤岛”现象。因此，由于宽带载波技术的短距离和少分支特性，该方案仅适用于电能表集中分布的台区。微功率无线技术以470~510 MHz为射频信号载频，在低成本、低功耗的前提下，利用高速微处理技术、无线自组网和自动中继等方式实现远距离、多障碍的数据传输，其信道不受电力拓扑网络影响，具有实时性好、速率较高和网络稳定性佳等特点，适用于测量点相对分散的场合，但易受地形、障碍物等影响，且不具有台区和相位识别功能。在载波信道不稳定时，可作为电力线载波的补充。融合窄带载波、宽带载波和微功率无线技术的优点，双模技术应运而生。

2 双模通信技术

结合国家电网和南方电网的低压电力线通信导则，为规避35 kHz以下的大功率电力电子设备和家用电器产生的随机噪声，本次试验选定的双模产品以303.13~357.81 kHz为载波信号频率，使用96个子载波，子载波间隔为4.687 5 kHz，采样频率1.2 MHz，各子载波主要的调制方式为ROBO、DBPSK、DQPSK和D8PSK，在物理层可达到150 Kbit/s的通信速率。组网方式上，双模产品支持IPv6、Ad-hoc网络及Mesh中继路由算法^[10]，在网电能表经低压电力线信道或无线信道可分别形成独立的分布式网络拓扑结构。当有集抄任务发生需要双向通信时，载波对等网络与无线对等网络通过透明传输组合成多跳网络，最大可达15级中继深度，经多跳网络的路由信息找出最优通信路径，具有自形成、自恢复和自组织等特点。在错综复杂的电网台区环境中，可快速建立坚固稳定的网架结构。

将双模技术应用于智能用电信息采集系统的低压电力集抄台区，可凭借产品自身的技术优势，解决传统窄带载波方案组网进程慢、中继级数低、集抄实时性差、宽带载波方案通信距离短、信号衰减快以及单模微功率无线方案的无台区、相位识别功能等缺点。选取应用于国内低压远程集抄台区典型的集抄方案与双模方案进行性

能对比，如表1所示。

表1 集抄方案性能对比

集抄类型	窄带载波	宽带载波	双模
信号速率/(bit/s)	50~1 500	4~10 M	5.6~150 K
中心频率/Hz	270.47/421 k	2~30 M	载波330.47 k/ 无线470~510 M; 779~787 M
调制方式	BFSK/BPSK	OFDM	载波OFDM/ 无线GFSK
最大组网级数	7	15	15
单跳通信距离/m	200~600	50~200	300~800

从表1可以看出，双模方案兼顾了窄带载波方案的单跳通信距离远和宽带载波方案通信速率高、组网级数多等优点，可实现大规模远程集抄应用，既能应用于农网集中的乡村、城乡结合部及偏远山区内的供电台区，又能应用于城市密集的公寓式小区。

3 双模通信技术应用

为检验双模通信技术在智能用电信息采集系统的可行性及运行效果，建设低压电力集抄示范台区，贵阳供电局在贵阳市某楼盘选取了三个供电台区，制定了相应的台区改造与安装实施方案，如表2所示。

表2 供电台区改造实施方案

系统		模式	
主站		集中式	
远程信道		GPRS/CDMA无线公网	
	采集终端	类型	通信方案
集抄方案	集中器	南方电网规范	双模
	智能电能表	国家电网2009规范	
电力用户		低压单相居民用户	

该楼盘三个试点台区A、B和C分别有89户、103户和86户居民，一共改造278块电能表，如图2所示。

台区A和台区C原采用的是中心频率为121.5 kHz的窄带载波方案，台区B原采用的是基于DS2的宽带载波方案。台区A和台区C的供电半径较大，约300 m，台区B住户稍密集，供电半径约200 m。在各试点台区的配电房变压器处分别安置一台南方

电网规范集中器，配置居民电能表档案信息并编制自动采集任务。通过对2015年11月间3个试点台区连续30日总的居民用电信息采集成功率进行了监测、统计，呈现的图形如图3所示。

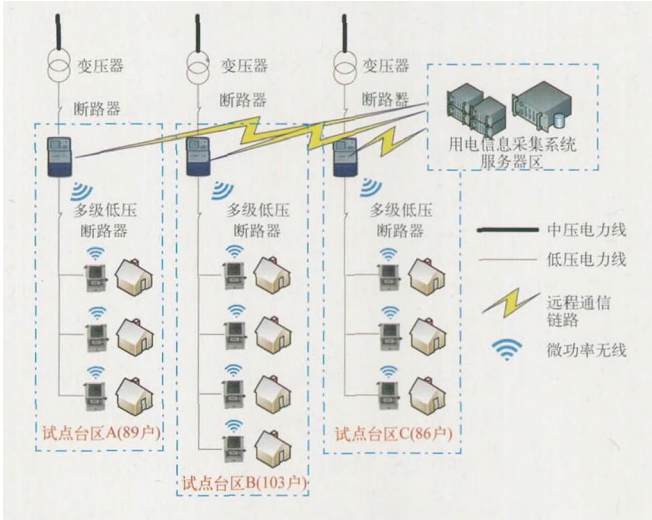


图2 试点台区改造施

由图3可以看出，在2015年11月的运行过程中，试点台区双模方案的低压电力线载波采集成功率和微功率无线采集成功率的每日总和恒为100%。随着试点台区用电环境的时刻变化，电力线信道增益也呈现出随机过程状态，时而利于载

波通信，可达到90%的采集成功率；时而十分恶劣，使得采集成功率仅为10%，而双模方案可根据供电台区电力线信道质量的好坏，自动与微功率无线信道互换，实现异构网络的优势互补。

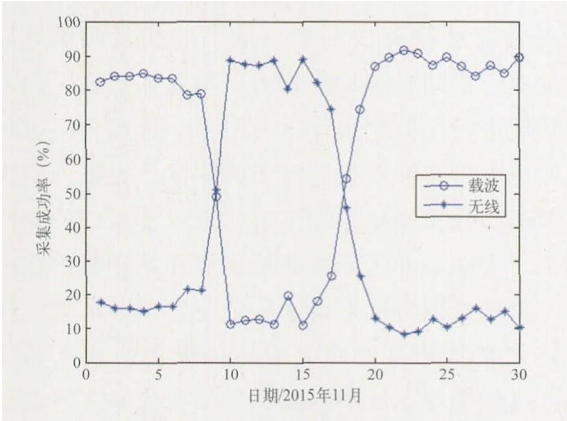


图3 2015年11月试点台区双模方案采集成功率视图

此外，为对比各集抄方案的特点，贵阳市供电局于对三个试点台区进行了低压电力集抄系统运行指标测试，测试内容主要包括主站召测成功率、主站召测单个测量点时间、点抄成功率、点抄单个测量点时间、首次轮抄成功率和首次轮抄时间等。对比2014年同期三个试点台区的验收数据，汇总如表3所示。

表3 贵阳市试点台区低压电力集抄系统运验收指标

台区	电能表数	原方案	验收指标					
		现方案	主站召测成功率(%)	召测单点时间/s	点抄成功率(%)	点抄单点时间/s	首次轮抄成功率(%)	首次轮抄耗时/min
台区A	89	窄带121.5 kHz	89.89	9	92.13	6	92.13	18
		双模	100	5	100	3	100	3.5
台区B	103	DS2宽带	61.16	4	57.28	2	42.72	3
		双模	100	5	100	3	100	4
台区C	86	窄带121.5 kHz	91.86	9	89.53	6	88.37	17
		双模	100	5	100	3	100	3.5

由表3可知，集中改造后的三个试点台区的主站召测成功率、点抄成功率和首次轮抄成功率均为100%，满足低压电力集抄系统的建设要求。双模方案由于引入OFDM自适应调制解调技术^[1]、前向纠错技术、IPv6网络、Mesh中继路由算法和无线多跳自组网Ad-hoc技术，因此对比于原窄带121.5 kHz方案，其抗干扰、抗电网噪声能力更强，取得了更高的采集成功率。主站召测单个测

量点时间、点抄单个测量点时间和首次轮抄耗时较原窄带121.5 kHz方案均有了大幅度降低。而对比于DS2宽带载波方案，虽然双模方案在传输速率、采集时间等指标上未占优势，但其抗线路衰减能力、信道适应性及组网鲁棒性更优，使得主站召测成功率、点抄成功率和首次轮抄成功率等性能指标要明显高于前者。

4 结束语

本文阐述了智能用电信息采集系统的定义和结构,介绍了集高速窄带电力线载波和微功率无线优势为一体的双模通信技术。通过对三个试点台区进行集抄方案改造,利用贵阳供电局计量中心主站对2015年11月份所建试点台区的运行状况进行了监测统计,并对三个试点台区进行了低压电力集抄系统运行指标测试。数据表明,双模通信技术满足智能用电信息采集系统的建设要求,大幅提升了系统的采集成功率和集抄实时性。借助贵阳市试点台区的典范作用,可推广双模技术在贵州省电网大规模远程集抄及负荷监测、线损管理、故障诊断和营销业务交互等领域中的应用。

参考文献

- [1] 刘文,杨慧霞,祝斌.智能电网技术标准体系研究综述[J].电力系统保护与控制,2012,40(10): 120-126.
- [2] 李东东,崔龙龙,等.家庭智能用电系统研究及智能控制器开发[J].电力系统保护与控制,2013,41(4): 123-129.
- [3] 殷树刚,张宇,拜克明.基于实时电价的智能用电系统[J].电网技术,2009,33(19): 11-16.
- [4] 梁波,周生伟,韩云.电力线载波技术在用电信息采集系统中的应用[J].电力系统通信,2013,34(2): 78-81.
- [5] 尤中璞,黄文江,吴胜连.电力线载波在用电信息采集系统中的应用及可靠性分析[J].企业科技与发展,2011(24): 36-40.
- [6] 纪峰,田正其,等.基于OFDM窄带载波通信技术的研究与应用[J].电测与仪表,2015,52(15): 113-119.
- [7] 张童飞,郭静波.高速窄带OFDM电力线通信实时动态频谱分配[J].中国电机工程学报,2014,34(4): 695-701.
- [8] 谷志茹,刘宏立,陈炳权,等.基于窄带电力噪声干扰的OFDM分组检测算法[J].中南大学学报:自然科学版,2015,46(7): 2510-2516.
- [9] 孙增友,李依潼,吉海强.基于宽带电力线载波的电能质量监测系统的设计与实现[J].电测与仪表,2012,49(7): 76-79.
- [10] 向敏,文超,文成亮.基于IPv6的电力线载波通信分片独立的重传机制[J].电网技术,2015,39(1): 169-175.
- [11] 周克,邓颖,何威,等.一种新的低压电力线通信比特和功率分配算法[J].电测与仪表,2014,51(10): 58-63.

(收稿日期:2015-12-08) EA

欢迎订阅 欢迎投稿 欢迎刊登广告