

电力光纤入户(PFTTH)及四网融合技术研究

彭娟¹, 王军²

(1. 中国电建集团贵州电力设计研究院有限公司, 贵州 贵阳 550002;

2. 毕节供电局, 贵州 毕节 551700)

摘要: 光纤入户已成为发展智能电网的迫切需求, 为达到小区用户安全可靠用电和全程光纤数据业务传送的目的, 本文对电力光纤入户工程中光纤复合低压电缆和无源光网络 2 个关键技术概念、特点和作用建立进行了详细的分析, 得出电力光纤入户工程组网的方法, 并据此规划建设智能用电小区电力光纤入户的网络架构和组网设计原则, 制定了基于以太网方式无源光网络的光纤复合低压电缆入户组网配置方案, 并付诸于应用实施。实施过程中首先明确了智能用电小区电力光纤入户工程的组网结构设计内容, 节点配置以及三网融合与用电信息采集设备的配置内容, 同时对入户纤缆的配置及光纤接续方式进行了阐述。结果表明智能小区电力光纤入户工程网络结构设计合理, 运行安全稳定, 为大力推广智能电网建设奠定了基础。

关键词: 智能电网; 电力光纤入户; 无源光网络; 四网融合

文章编号: 2096-4633(2018)09-0087-06 **中图分类号:** TM75 **文献标志码:** B

智能电网是未来电网的发展方向, 各国的专家学者都开始对智能电网的各个方面展开研究^[1], 通信技术是智能电网研究中的关键技术之一^[2], 国务院出台加快推进“电信网”、“广播电视网”、“互联网”和“智能电网”四网融合的政策之后, 国家电网公司也明确提出充分利用电力通信网络的优势, 支撑四网融合建设。三网融合是指电信网、广播电视网、互联网网络互联互通、资源共享, 能为用户提供语音、数据和广播电视等多种服务。目前, 我国电网已经实现了户户通, 电力光纤入户更容易为广大人民群众所接受, 因为一个家庭可能不装宽带, 但不会不用电。电力光纤入户不仅能够降低近 40% 的运营商光纤入户成本, 而且可以复合多路光纤为各运营商提供独立通道。通过电力光纤传输, 只需通过共用一根电力光纤, 居民在家中不仅可以高速上网, 享受语音、数据和广播电视等多种服务, 还能使用智能电网的智能小区用电信息采集系统等种种便民生活服务。

电力光纤到户(PFTTH)是实现智能电网的先进的通信技术^[3], 是通过在低压通信接入网中采用光纤复合低压电缆(OPLC), 将光纤随低压电力线敷设, 实现到表到户, 配合无源光网络技术, 承载用电信息采集、智能用电双向交互及“三网融合”等业务^[4-6]。电力光纤入户(PFTTH)技术使

电网具备了通信功能, 为电网智能化发展奠定了坚实的基础, 电力光纤到户可满足智能电网用电环节信息化、自动化、互动化的需求, 在提供电能的同时, 可实现电信网、广播网、互联网的同网信号传输。智能电网和电信、广电、互联网、物联网等一起在用户端走向融合, 形成多网融合。智能电网可以远程采集电表、水表等信息, 对用电进行调控, 还可并网运行清洁能源, 实现能源、信息的综合配置和资源共享。使用电力光纤的用户可通过电力光纤拨打 IP 电话、宽带上网、接收高清互动电视信号, 实现“三网融合”功能。各种物联网应用也将实现, 电力公司可以对空调、热水器等智能家电实施用电分析与控制, 用户通过网络或电话可实现对家中电器的远程控制。

光纤复合电缆技术实现了电力光纤入户, 支持多种智能电网应用及三网融合。该技术将原来多条通信通道合并为 1 条, 避免了光纤重复敷设, 节省了通信通道, 免去了重复开挖施工, 减少了后期的运行维护成本, 解决了通信网络中的“最后一公里”难题, 为配电自动化系统、用电信息采集系统、智能用电等电力通信系统提供通信通道, 同时实现水、电、煤三表集中采集, 大大提高智能电网综合运行效率。并能够给小区用户提供包括语音、数据、图像等综合多媒体通信业务。

1 光纤复合低压电缆(OPLC)

光复合低压电缆(OPLC)是一种集输电铜线、光纤于一体的复合缆。这种复合缆在数据传输时具有高可靠性,连接非常方便。外径小重量轻,同时由于集光缆与电力线于一体,可以避免2次布线,降低工程费用。采用这种复合缆技术在满足供电的同时,又同时能解决电网信息化问题,能够完全满足社会上几乎所有信息服务的接入需求,由于不存在线路重复建设,还可以发展互联网、电信、电视业务,从根本上解决或避免抢占通道、安全距离、交叉跨越的矛盾。从而提高资源整合利用率。

图1为目前典型的电力供电用电线路。图中线路未建立数据上行通道,所以无法实现远程抄表,上网也不可能。

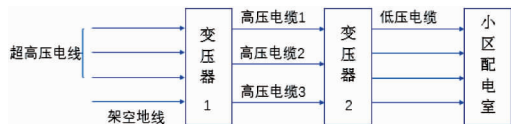


图1 典型电力供电用电线路

Fig.1 Typical electric power supply line

图2为改造后具备上行数据传输通道的电力供电用电线路示意图。对于超高压传输线路,增加OPGW(光纤),对于低压传输线路,用OPLC(光纤复合低压电缆),代替低压电缆。

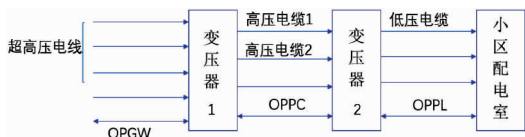


图2 改造后的电力供电用电线路

Fig.2 Electric power supply line after transformation

从图中比较看出,OPLC的出现弥补了电力光纤入户的关键技术难题,是电力光纤接入网发展的一种智能形式,它有效的解决了信息高速公路上的最后1公里问题,通过搭建成连接家家户户的光纤通信网络,可承载用电信息采集,智能用电双向交互服务和综合多媒体通信业务。

目前,光纤复合低压电缆产品主要有两种,额定低压0.6/1 kV及以下配网用光纤复合电缆,主要用于智能小区或办公楼等配网分支,由管道、隧道或直埋等接入光—电分线箱。额定电压300/500 V及以下入户用户光纤复合电缆,主要用于用户接入,可垂直或水平布线,引入智能电表和光器件终端。

其次还可以根据接入方案的不同,业务需求量

进行选择光纤芯数,或布线方式结构不同进行个性化选择或定制。

光纤复合低压电缆最大的特点是融合了光纤通信与电力传输的功能。具有以下几个特点:

(1)集光纤和电力输配电于一,避一根线缆能够实现电力能源和数据信息流的传输,使得传统的综合布线工程更加集约化,讲能源和信息传输通道合并,从而降低了不同行业、不同专业的重复投资,这样节约了大量的管道、金属、塑料等资源,将建筑内部的需求完美整合到了一起,有效降低进入小区和用户的强弱电布线成本,是目前性价比最高的“最后一公里”接入方案。

(2)由于光电信号和传输互不干扰,光纤复合低压电缆适用于多种综合布线业务类型,适应性强,可构建主流的XPON(EPON和GPON)技术,在一根传输线上实现多业务,能可靠传输电力和海量数据,配备相应的数据通信设备,可实现各种通信数据业务。

(3)光纤复合低压电缆外径小,占用空间小,具有良好的物理机械性能,因强电部分的绝缘要求高,通过电缆光缆复合进一步提高了光纤的保护水平,在对抗外界冲击、压力、拉力等方面有明显优势,产品由于传统单一功能的电缆或光缆的物理机械性能。

(4)绿色安全性能优越。考虑光纤复合低压电缆使用于用户的接入,在产品选择上使用绿色环保的材料,基于安全考虑,在产品选择上可选择使用阻燃、耐火材料。

(5)考虑光纤复合低压电缆敷设之后,使用年限较长,所以光纤复合低压电缆单元与电力电缆长期工作温度是具备相兼容性的。

智能电网建设对传统的光缆和电力传输提出了新的技术要求,而光纤复合低压电缆可有效的实现这一难题,可作为智能电网建设中用户接入端的重要产品。集光纤通信和电力传输于一体,满足智能电网信息化、自动化、互动化的需要,具有较强优势和广泛的应用前景,将为智能电网建设提供安全、可靠的保障。

2 电力光纤入户(PFTTH)技术

随着电信用户和互联网用户高速增长,更多新业务正悄悄走进人们的生活和工作,用户对各种宽

带业务充满了期待,而带宽就成为了制约互联网性能的最大瓶颈,也是实现三网融合的最大障碍。而光纤到户的出现将最终突破接入的带宽瓶颈,是实现三网融合的最佳保证。从带宽对比看。以传统的ADSL 为代表的其他类型的宽带服务的最大速度约为 5 M 到 6 M,无法满足交互式业务需求。相比之下,光纤到户具有 25 M 到 50 M 或更高的速度,可以充分满足各种需求。因此,人们都认为 FTTH (Fiber To The Home, 光纤到户,将光纤直接接至用户家)是最理想的业务透明网络,是最理想的接入网技术,是接入网发展的最终方式,光纤是最佳的接入媒体,完全具备传输宽带数据的能力。电力光纤到户(PFTTH)是在低压通信接入网中采用光纤复合低压电缆(OPLC),将光纤随低压电力线敷设,从通信局端一直延伸至用户家庭的宽带光接入方式,实现到表到户,在这种接入方式下,每个用户家庭独享一根光纤分支,多个用户的信号通过有源或无源汇聚点至局端。它能担当起四网融合的重任,它能彻底解决接入的带宽问题,支持数据,视频以及语音等多种接口,对于不同组网的需求可通过不同的波

长进行传输,从技术上来讲是一种合理的选择。配合无源光网络(PON)技术^[7],承载用电信息采集、智能用电双向交互、综合多媒体通信业务。国家电网公司认可电力光纤到户可满足智能电网用电环节信息化、自动化、互动化的需求,在提供电能的同时,可实现电信网、广播网、互联网的同网信号传输,实现网络基础设施的共建共享,为用户提供更加便利和现代化的生活方式。

在智能小区电力光纤到户工程实施中通过电力光纤到户实现小区及用户的安全可靠用电和全程光纤数据业务,所有配电线路全部具备光纤通信,10 kV配电室从低压出线电缆至用户室采用电力光纤入户(PFTTH)的应用方案,通过一根整合后的电缆实现四网融合,基于以太无源光网络(EPON)技术的光纤^[8],在用户室弱电箱内配置了ONU 终端,ONU 终端配备了可以与电话、机顶盒、电脑等设备连接的端口,从而实现语音、有线电视、数据的信息接入,实现了超高带宽的光纤直接敷设到用户家中,可提供 100 M~1 000 M 的带宽。图 3 为典型 PFTTH 组网方案示意图。

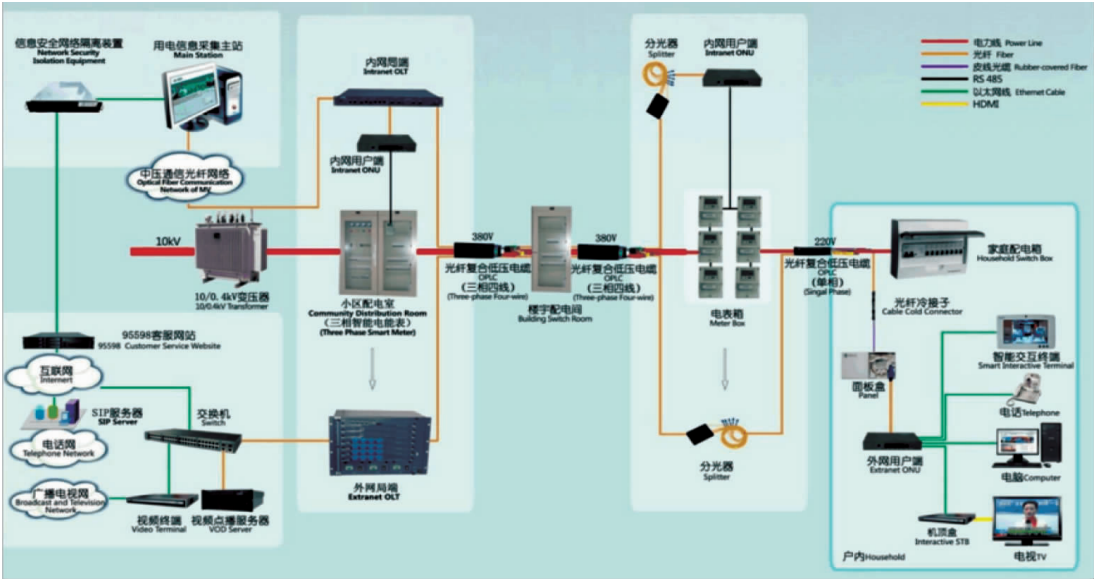


图 3 PFTTH 组网方案示意图

Fig. 3 Schematic diagram of PFTTH networking

3 PON 技术

PON(无源光网络)技术是最新发展的点到多点的光纤接入技术,主要包含 ATM 无源光网络(APON)^[9]、以太无源光网络(EPON)、千兆无源光网络(GPON)^[10]3 类,目前用于宽带接入的 PON 技

术主要有:EPON 和 GPON。EPON 上下行带宽均为 1.25 Gbit/s,GPON 下行带宽为 2.5 Gbit/s,上行带宽为 1.25 Gbit/s。

PON 结构主要由局端的光线路终端(OLT)、用户侧的光网络单元(ONU)和光分布网络(ODN)组成,如图 4 所示。其中,OLT 是提供语音、数据、视频

业务网络的互联接口,可实现网络管理的主要功能,并提供面向无缘光纤网络的光纤接口(PON 接口);ODN 是光纤和无源光分器(POS)组成的光分配网络,负责连通 OLT 与所属的 ONU,完成光信号功率的分配;ONU 负责向终端用户提供所需的业务接口。所谓无源,是指 OLT 和 ONU 之间的 ODN(光分配网络)没有任何有源电子设备^[11]。

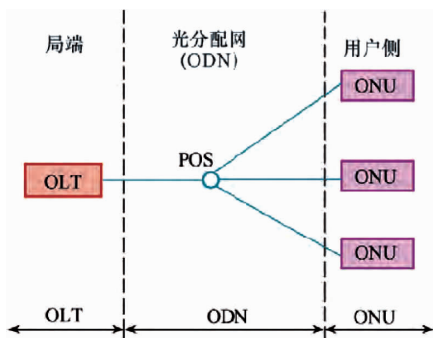


图 4 PON 技术方案示意图

Fig. 4 Schematic diagram of PON technical scheme

PON 的复杂性在于信号处理技术。OLT 到 ONU 的下行数据采用点对多点广播式发给所有的用户,通过 ODN 中的 1:N 无源分光器分配到用户的各个 ONU。上行数据采用多址接入协议如时分多路访问(time division multiple access, TDMA)协议通过 ODN 中的 1:N 无源分光器耦合到同一根光纤,最终送到 OLT 接收端^[12]。

本文中电力光纤入户技术基于以太网方式的 EPON 网络,采用点到多点结构、无源光纤传输,在以太网之上提供多种业务,在物理层采用了 PON 技术,在链路层使用以太网协议,利用 PON 的拓扑结构实现了以太网的接入。

4 四网融合方案

电力光纤试点小区采用 OPLC + EPON 的用户网络接入方式,构建覆盖小区的光通信网络。为小区用电信息采集、三网融合、用电双向互动服务和小区配电自动化等提供通信支撑^[13]。小区建立 1 套光纤网络,用电信息采集系统和三网融合系统各自采用 1 套 EPON 系统。用电信息采集系统依托通信信息网络和 OPLC,利用 EPON 组建专网,其中 OLT 设备与服务中心互联,实现对小区范围内用户信息的采集。三网融合系统依托 OPLC 光缆到户,利用 EPON 技术构建电力高速数据网平台,实现电力通道将电信网、有限电视网和互联网统一整合,提供数

据、语音、视频业务相互融合。

4.1 光缆组网设计

光缆网络作为基础的物理承载网络,是组网的重中之重。根据小区所承载的三网融合和用电信息采集业务的需求,做到合理的选择光缆种类、确定光缆芯数及合理布局光缆交接位置等。在网络结构上,以主干光缆、配线光缆和入户光缆三层结构为主。

主干光缆是 OLT 局端至楼宇光缆分配点之间的光缆,主干光缆宜选用 OPLC,光缆芯数按实际光缆需求量增加 20% 的冗余进行配置。

配线光缆是光缆分配点至用户接入点处的光缆,光缆宜选用 OPLC 或管道光缆,芯数按用户接入点的最大用户量进行配置并留有冗余。

入户光缆是用户接入点至用户终端 ONT 之间的光缆。光缆宜采用皮线光缆。光纤芯数可选择单芯。

网络的局端宜设置在小区的开闭所中心机房,采用大容量的配线柜进行光电分离,楼宇单元低压配电室采用小容量光配柜进行主干光缆和其他光缆交接。配线光缆可将多条小芯数光缆汇聚为一条大芯数配线光缆,光缆沿楼宇管道竖井敷设,采用光配箱进行交接。用户光节点是光缆接入的末梢节点,以埋管线槽方式入户,在弱电箱内采用光配盒接入。

4.2 用电信息采集 EPON 系统设计

OLT 宜设置在小区的开闭所中心机房,通过 FE/GE/10GE 接口上行,OLT 的 PON 接口下行,分光后达到用户侧 ONU,用户侧 ONU 用来连接智能电表、配电自动化终端及分布式电源控制器等终端,接口应配置 RS485 和 FE 接口,其中 RS485 接口串接的电表不应超过 32 块。

4.3 三网融合 EPON 系统设计

OLT 宜设置在小区的开闭所中心机房,通过多个 GE 接口上行,分别对接运营商网络、NGN 平台,实现用户数据和语音汇接。OLT 的 PON 接口下行,分光后到达用户家中 ONU。ONU 用户侧接口应根据实际需求配置 FE 接口,POTS、CATC 等接口对接家电设备。

5 结束语

光纤入户是发展智能电网的内在要求,目前电网在用户端的光纤化率几乎为零。光纤复合低压电

缆(OPLC)将光纤和电缆复合制造,在铺设电缆的同时完成了光纤入户,是目前性价比最高的光纤入户“最后一公里”方案^[14]。

智能电网和电信、广电、互联网、物联网等一起在用户端走向融合,形成多网融合^[15]。智能电网可以远程采集电表、水表等信息,对用电进行调控,还可并网运行清洁能源,实现能源、信息的综合配置和资源共享。使用电力光纤的用户可通过电力光纤拨打IP电话、宽带上网、接收高清互动电视信号,实现“三网融合”功能。电力公司可以对空调、热水器、电冰箱等家用电器等智能家电实施用电分析与控制,用户通过网络或电话可实现对家中电器的远程控制,实现智能家居。住家用户可逐步实现在线疾病诊断和医疗,实现紧急求助系统,燃气泄漏系统,烟感红外探测消防系统、小区门禁管理和视频对讲系统等控制系统互联,实现一体化的家庭安防系统,为今后实现物联网创造基础条件^[16-18]。

智能电网将服务于三网融合,不会产生本质冲突。电网光纤定位于提供公共信息通路,不触动电信、广电运营商的核心利益,各运营商可通过购买、共建或租赁电力光纤通道,与电网实现合作共赢。

参考文献:

- [1] 张文亮,刘壮志,王明俊,等. 智能电网的研究进展及发展趋势[J]. 电网技术,2009,33(13):1-10.
ZHANG Wenliang, LIU Zhuangzhi, WANG Mingjun, et al. Research status and development trend of smart grid[J]. Power System Technology,2009,33(13):1-10.
- [2] USMAN A,SHAMI S H. Evolution of Communication technologies for smart grid applications[J]. Renewable & Sustainable Energy Reviews,2013,19(01):191-199.
- [3] 冒国龙,李君卫. 面向供电可靠性的配电自动化建设研究[J]. 电力大数据,2018,21(02):54-60.
MAO Guolong, LI Junwei. Research on distribution automation construction for power supply reliability[J]. Power Systems and Big Data,2018,21(02):54-60.
- [4] 梁甜甜,高赐威,王蓓蓓. 智能电网下电力需求侧管理应用[J]. 电力自动化设备,2012,32(05):81-85.
LIANG Tianian, GAO Ciwei, WANG Beibei. Applications of demand side management in smart grid[J]. Electric Power Automation Equipment,2012,32(05):81-85.
- [5] 孙强,葛旭波,刘林,等. 国内外智能电网评价体系对比分析[J]. 电力系统及其自动化学报,2011,23(06):105-110.
SUN Qiang, GE Xubo, LIU Lin, et al. Review of smart grid comprehensive assessment systems[J]. Proceedings of the CSU-EPSSA,2011,23(06):105-110.

- [6] 鲍兴川. 配电通信网接入层 EPON 保护组网可靠性与性价比分析[J]. 电力系统自动化,2013,37(08):96-101.
BAO Xingchuan. Reliability and cost performance ratio analysis on EPON protection networking of power distribution communication network access layer[J]. Automation of Electric Power Systems,2013,37(08):96-101.
- [7] 姚琳元,宋飞,张宏科. 无源光网络标准发展及关键技术研究[J]. 电子学报,2015,43(03):557-567.
YAO Linyuan, SONG Fei, ZHANG Hongke. Development of standards and research on key technology in passive optical network[J]. Acta Electronica Sinica,2015,43(03):557-567.
- [8] 张振军,李敏. 多路 EPON 光纤在线并行监测系统[J]. 计算机应用,2016,25(02):81-86.
ZHANG Zhenjun, LI Min. System for parallel monitoring multi-channel EPON fiber optic cable[J]. Computer Systems & Applications,2016,25(02):81-86.
- [9] MORI K,AKASHI T,TAKEUCHI S,et al. An Optical Module for Optical Line Terminal on 155Mb/s and 622Mb/s Downstream ATM-PON Systems[J]. Journal of Pediatric Ophthalmology & Strabismus,2014,100(04):37-42.
- [10] 解基源,王建中,李彬. GPON 在智能配电网络中的应用及其带宽分配[J]. 高技术通讯,2013,23(10):1083-1088.
XIE Jiyuan, WANG Jianzhong, LI Bin. Application of GPON in distribution network and corresponding bandwidth allocation[J]. Chinese High Technology Letters,2013,23(10):1083-1088.
- [11] ZHANG S,GU R,JI Y,et al. Efficient traffic grooming with dynamic ONU grouping for multiple-OLT-based access network[J]. Optical Fiber Technology,2015,26(B):220-228.
- [12] 丁嘉文,唐俊,胡保民. 无源光网络技术用于输电线路监测的研究[J]. 中国电力,2012,45(12):91-95.
DING Jiawen, TANG Jun, HU Baomin. Application of PON technology to overhead transmission line monitoring[J]. Electric Power,2012,45(12):91-95.
- [13] 刘静. 基于 EPON 的三网融合通信服务系统的设计[J]. 计算机测量与控制,2011,19(11):2868-2870.
LIU Jing. Design of communication triple play service system based on EPON[J]. Computer Measurement & Control,2011,19(11):2868-2870.
- [14] 聂晶,潘志宏,徐洪,等. EPON 网络性能管理系统的设计与实现[J]. 电讯技术,2010,50(12):90-94.
NIE Jing, PAN Zhihong, XU Hong, et al. Design and implementation of performance management system for EPON[J]. Telecommunication Engineering,2010,50(12):90-94.
- [15] 刘云璐,杨光,杨宁,等. 面向 5G 的多网融合研究[J]. 电信科学,2015,31(05):57-61.
LIU Yunlu, YANG Guang, YANG Ning, et al. Study on Multi-RAT coordination in 5G[J]. Telecommunications Science,2015,31(05):57-61.
- [16] 熊菲,高鹏,朱晓庚. 同波长单纤双向传输技术在电力专用光纤通信网络中的应用探讨[J]. 内蒙古电力技术,2017,35

(04):5-9.

XIONG Fei, GAO Peng, ZHU Xiaogeng. Application of single-wavelength bidirectional transmission in optical fiber communication network of power system [J]. Inner Mongolia Electric Power, 2017, 35(04):5-9.

[17] 周路遥, 刘黎, 蒋愉宽, 等. 光纤分布式传感技术在海底电缆状态监测中的应用[J]. 浙江电力, 2018, 37(02):6-10.

ZHOU Luyao, LIU Li, JIANG Yukuan, et al. Application of distributed sensing technology of optical fiber in submarine cable status monitoring[J]. Zhejiang Electric Power, 2018, 37(02):6-10.

[18] 潘涛. 无源光网络技术分析及在智能小区项目中的应用

[J]. 内蒙古电力技术, 2017, 35(06):93-96.

PAN Tao. Passive optical network technology analysis and its application in intelligent community project [J]. Inner Mongolia Electric Power, 2017, 35(06):93-96.

收稿日期: 2018-06-19

作者简介:



彭 娟(1980), 女, 硕士, 高级工程师。主要从电力系统通信技术的应用研究工作。

(本文责任编辑: 范 斌)

Research on technology of "power fiber to the home" and four-network fusion

PENG Juan¹, WANG Jun²

(1. China Electric Power Construction Group Guizhou Electric Power Design & Research Institute

Co., Ltd., Guiyang 550002 Guizhou, China;

2. Bijie Power Supply Bureau, Bijie 551700 Guizhou, China)

Abstract: PFTTH(power fiber to the home) has become an urgent demand for the development of smart power grid. In order to achieve the goal of safe and reliable power consumption and whole-process optical fiber data transmission for the community users. In this paper, the concept, characteristics and functions of two key technologies of fiber optic composite low-voltage cable and passive optical network in PFTTH project are analyzed in detail, and the method of PFTTH engineering networking is obtained. The network architecture and networking design principles of the PFTTH in the smart power residential community were established, and the fiber-optic composite low-voltage cable home network configuration scheme based on the Ethernet passive optical network was developed and put into application. In the process of implementation, the content of network structure design of power fiber project in smart power residential area is clarified, Node configuration and the configuration of the three-network fusion and power information acquisition equipment are clarified, at the same time, the configuration of fiber cable and the way of fiber connection are described. The results show that the network structure of the power fiber optic-fiber project in the smart community is reasonable, safe and stable, which lays a foundation for promoting the construction of smart power grid.

Key words: ntelligent power grid; power fiber to the home; passive optical network; four network convergence