

智能配用电网通信技术应用研究

梁芝贤¹,王剑¹,谷明英²

(1.西安供电局,陕西 西安 710032;2.陕西电力信通中心,陕西 西安 710032)

摘要:分析了 EPON 通信的 3 种组网方案和 3 层结构模型在配电自动化系统种的具体应用,提出智能小区用电信息采集、多网融合的建设策略,介绍了建设包括通信综合网管系统、基于 GIS 平台的光缆线路资源管理系统及光缆在线监测系统的智能通信网管平台建设内容,讨论了光传送网、光纤复合低压电缆、无线专网、物联网等智能配用电网通信新技术及其特点,对配用电通信网建设与维护具有借鉴意义。

关键词:智能配用电网;EPON;网络管理

中图分类号:TN915.853;TN915.5

文献标志码:B

文章编号:1005-7641(2012)03-0075-05

0 引言

智能电网配网自动化、智能小区等的蓬勃发展对配用电通信网建设提出越来越高的要求,应结合配用电网络结构,因地制宜,积极采用各种成熟、先进技术,满足各类业务灵活接入的需求,并且建成具有冗余、备用、自愈、低成本、覆盖广、可靠性高的城市配用电通信网络。

1 EPON 组网技术

EPON 是新型的光纤接入网技术,采用点到多点结构,在以太网上提供多种业务。在物理层采用 PON 技术,光线路终端(Optical Line Terminal, OLT)与光网络单元(Optical Network Unit, ONU)之间仅有光纤、光分路器等光无源器件,无需机房、电源,具备通信保护能力,是纯介质网络,消除了局端与客户端间的有源设备,避免了电磁和雷电影响,可靠性高,有效节省建设和运营维护成本。其树形光网络结构与电网配、用电系统结构相匹配,ONU 能方便接入各类业务终端。

1.1 无保护链结构

EPON 网络采用无保护链路结构对应于配网一次线路的单辐射接线方式,结合开关站分布链状组网,采用双 PON 口 ONU 为信息采集终端,并预留光功率裕量。初期规划时每个 OLT 的 PON 口所带 ONU 数量不宜多(不超过 5 个),要满足未来

形成“手拉手”保护结构时,每个 OLT 的 PON 口所带 ONU 数量不超过 8 个,否则应采用同一路下增加 PON 口分担,以减少分光级数,满足光功率性能要求。

1.2 EPON“手拉手”结构

“手拉手”结构适用于一次线路网架结构为“手拉手”型的结构,可根据线路环网箱、开关站分布,采用双链型通信网络,形成“手拉手”保护,线路两端分别在 2 个变电站的 OLT 设备上终结,采用双 PON 口的 ONU 作为信息采集终端,主干线采用“手拉手”保护方式,分支线采用链形组网。

典型 EPON“手拉手”结构示意图如图 1 所示。

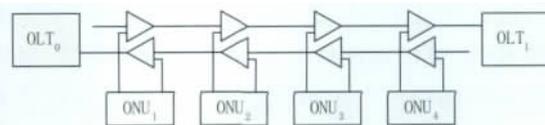


图 1 EPON“手拉手”结构示意图

Fig.1 Structure diagram of EPON “hand in hand”

OLT₀ 和 OLT₁ 分别安装在不同的上级变电站,ONU 设备具备双 PON 口,安装在环网箱、开关站等处,光缆中断或 OLT 设备失效时均能实现保护,由 ONU 设备选择接入不同的 OLT。少数线路为多电源 T 接网架,在不能形成 2 条“手拉手”通信网结构的情况下,在“手拉手”的基础上增加了分支,此时可以采用环带链结构。

1.3 环形保护结构

环形保护结构将主、备 OLT 放在同一地点(或使用 1 台 OLT 的主、备 PON 口)。

2 EPON 在配电自动化系统的应用

西安供电局采用 EPON 技术建成了覆盖西安城区试点区域的通信网络,主要覆盖范围包括 20 条公网线路,涉及柱上开关 44 台、电缆环网柜 6 台、10 kV 开关站 20 座、110 kV 变电站 6 座。系统共敷设光缆线路 79.8 km, 安装 OLT 设备 8 台, ONU 设备 70 台,于 2011 年 11 月初投入试运行。

EPON 通信系统分层结构如图 2 所示。

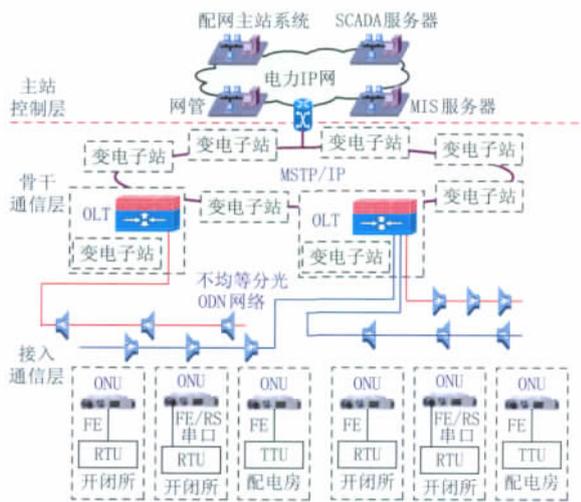


图 2 EPON 通信系统分层结构

Fig.2 Hierarchy diagram of EPON communication system

以 6 座 110 kV 变电站及 2 个开闭所作为汇聚节点,形成试点区域配电通信网的骨干层,采用 OLT 环网结构,汇集下辖配电自动化终端信息并上传至西安配调主站控制中心。接入通信层利用主干光缆线路资源,从主网变电站低压出线侧敷设光缆至各级 10 kV 开关站、环网柜,采用 ONU 双链保护结构,各开闭所、环网单元、柱上开关间光缆均采用电缆沟道敷设,接入每个配电设备的 2 个方向的光缆 24 芯直熔、24 芯成端,直熔 24 芯光缆形成变电站间的备用路由,成端的 24 芯作为配电设备上下业务使用,开闭所和环网单元中的光纤接入配线子框,柱上开关光缆熔接入终端盒。网络骨干层光缆采用 48 芯 ADSS,接入层光缆选

用 24 芯 ADSS,具备冗余纤芯资源,光缆网络建设和改造与一次电缆、线路建设同期进行。

3 EPON 在智能小区的应用

EPON 通信技术与软交换技术相结合,能满足智能小区用电信息采集、互联网、电话、电视、智能家居等业务的接入需求,实现智能电网对自动化、信息化、互动化需求。为确保网络安全及带宽需求,建设电力内、外网 2 条通道,其中内网满足充电桩、用电信息采集等接入需求,外网满足多网融合、智能家居、门禁、可视对讲等需求。智能小区内、外网 OLT 设备可部署在小区 10 kV 配电室,OLT 上行接口通过光纤通道与网络核心直连;光分路器部署在小区楼宇或楼层配电间,ONU 则根据不同组网模式部署在楼层配电间或住户家中。

“EPON+采集器+485 电能表”方式将满足用电信息采集业务接入需求,在小区的 10 kV 配电间安装多 PON 口 OLT 设备,多个 ONU 下接采集器采集用户电表数据,在小区楼宇配电间安装 1:16 光分路器实现用电信息采集在试点小区全覆盖。ONU 终端设备自动或定时采集各类电力客户计量点电能示值、瞬时负荷和电量、用电事件、电能质量等供电数据,并将采集信息通过 OLT 上传至电力公司信息采集主站,实现用电数据采集的准确性、完整性、及时性和可靠性,为电费结算提供准确依据,数据还同时接入营销系统,完成电费计算、单据打印等营销业务,实现低压电力客户的“全覆盖、全采集、全费控”。

多网融合 OLT 设备可部署在智能小区配电间,与上层交换设备光纤直连,实现 IPTV 和 Internet 访问,并与软交换系统连接,通过楼层 ONU 及交换机等,实现电话、电视等信号统一接入,为智能家居、智能用电互动服务提供数据传输通道。

4 智能通信网管平台

4.1 通信综合网管系统

为保证配用电网大量光缆线路安全可靠运行,应建立跨厂商、支持不同种类设备、与各类业务关联,满足数据采集、业务配置、性能管理与告警采集的通信网络综合管理平台,系统应集资源管理、流程管理、网络监视、光缆监测等为一体,具有信息化、可视化、智能化特征,满足配电通信网

各类设备集中监控管理、各类资源集中调配需求。

综合网管系统包括综合监视、资源管理、通信信息管理系统三大体系。综合监视系统实现对光传输系统、接入网设备等的集中监视和管理;资源管理系统实现对通信网各种通信资源的动态管理;通信信息管理系统实现通信专业管理中数据处理计算机化、内容标准化和流程化等,并通过与调度管理系统联网,实现工单流转和信息共享,能与上级综合网管系统的无缝对接及通信信息管理系统功能和流程的流畅交互。

西安供电局综合网管系统拓扑如图3所示。

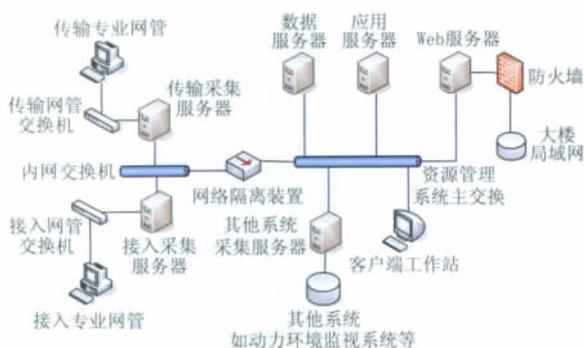


图3 综合网管系统拓扑

Fig.3 Topology of network management system

采用集中式结构,资源管理系统采用C/S+B/S结构,网管中心管理部门客户端可通过内网访问资源管理系统服务器,实现全网各类运行设备的集中监控、全网资源的统一调度管理,实现了通信管理标准化、信息化、流程化。

4.2 基于GIS平台的光缆资源管理系统

西安地区建立了基于地理信息技术的电力通信光缆保障系统,系统通过地图直观展示光缆走向、通信站点分布情况等,使管理者能够快速建立起网络的整体概念,从整体到细节上把握网络规模,同时管理人员可以直接在图上进行规划设计,并通过给定的公式对规划效果进行实时验证,提高了规划设计的针对性、准确性和全面性。

4.3 光缆自动监测系统

光缆自动监测系统可通过对光纤通信网中任一光缆进行光功率监测和自动扫描,实现光缆运行状态监视和信号传输指标测量,在电子地图上显示故障点的线路位置,以手机短信形式通知维护人员,为及时、准确排除光缆线路故障提供技术

手段。同时,系统能有效记录光缆障碍信息,预报光缆故障隐患,统计分析光缆网性能,为管理人员提供管理决策的数据依据。

西安供电局光缆在线监测系统网络结构如图4所示。

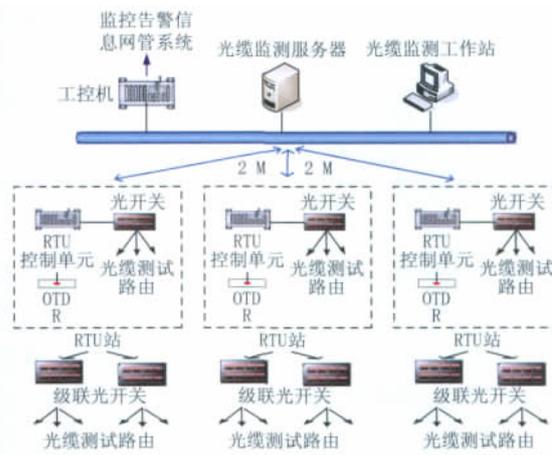


图4 光缆在线监测系统网络结构

Fig.4 Network structure of fiber cable on-line monitoring system

系统采用客户端、服务器体系结构和模块化结构,通过分布在光缆网络系统中大量监测点上的光缆监测单元和数据传输网络,系统采用光时域反射仪(Optical Time Domain Reflectometer, OTDR),将测试光脉冲信号通过波分复用器和光开关耦合到被测光纤中,将各监测站的OTDR测试结果与数据库中相应的参考数据进行比较,以确定光缆信号传送质量是否有变化,将大量反映光纤传输性能的数据(如光功率、光脉冲背向散射等)传递到各级监测中心,进行数据分析和处理,做出故障判断,使光缆系统的运行、维护人员及时发现和修复故障。通过调用系统数据库中的原始数据,可分析对比光纤测试曲线的变化,判断光纤品质的劣化以及预估光缆的寿命,及时发现隐患。

系统可以与光缆资源GIS协同工作,在计算机的屏幕上以图形化的方式显示光缆路由和故障点的位置,从而使维护人员可以在最短的时间内赶到故障现场处理问题,减少故障引起的损失。

5 智能配用电网通信新技术

5.1 光传送网

光传送网(Optical Transport Network, OTN)

是 G.872, G.709, G.798 等一系列 ITU-T 的建议所规范的新一代光传送体系,其综合了 SDH 的优点和密集波分复用 (Dense Wavelength Division Multiplexing, DWDM) 的带宽可扩展性,集传送和交换能力于一体,是承载宽带 IP 业务的理想平台,代表下一代传送网的发展方向。OTN 的优势主要体现在以下方面。

1) 从静态的点到点 WDM 演进成动态的光调度设备。OTN 能提供基于电层的子波长交叉调度和基于光层的波长交叉调度,以及强大的业务疏导调度能力。

2) 提供快速、可靠的大颗粒业务保护能力。基于 OTN 交换的 WDM 设备可以实现波长或子波长的快速保护,如 1+1, 1:1, 1:N, Mesh 保护,满足 50 ms 的保护倒换时间。

3) 多业务透明传送、高效业务复用。OTN 能接入 IP、视频、SDH 等业务,并可实现业务的透明传送。

4) 良好的运维管理能力。OTN 定义了丰富的开销字节,使 WDM 具备和 SDH 相同的运维管理能力。其中多层嵌套的串联连接监视功能,可以实现嵌套、级联等复杂网络的监控。

5) 支持控制平面的加载。OTN 支持通用多协议标志交换 (Generalized Multiprotocol Label Switching, GMPLS) 控制平面的加载,从而构成基于 OTN 的自动交换光网络 (Automatically Switched Optical Network, ASON)。基于 SDH 的 ASON 网络与基于 OTN 的 ASON 网络采用同一控制平面,可实现端到端、多层次的智能光网络。

5.2 光纤复合低压电缆

光纤复合低压电缆 (Optical Fiber Composite Low-voltage Cable, OPLC) 是继 OPGW, OPPC 后又一个光纤复合电缆,集光纤、输电铜线、铜信号线于一体,可以解决宽带接入、设备用电、应急信号传输等问题,与 PON 技术结合,可实现数据、语音、视频业务的传送和电表数据的透明传输,实现基于物联网技术的电力远程抄表、通知及缴费。

OPLC 具有高可靠性数据传输、价格低、连接方便等特点,优点是外径小、重量轻、占用空间小,集光缆和电力线于一体,避免二次布线,降低工程费用,且具有良好的弯曲和耐侧压性能,能解决电力网终端通信问题。

5.3 无线网络技术

由于 10 kV 配电线路转接分支线很多,规划时往往沿 10 kV 配电线路架设光纤。但城市光纤架设涉及挖沟、开路等工作,需要大量的架设成本,有些地区实现光纤覆盖存在困难,而采用无线专网组网具有技术优势,可解决光纤主干网“最后 1 千米”接入问题,同时可与光纤接入通信互为备用,双通道终端在增加较少设备投入下,实现较高的信道可靠性。

目前,3G 移动通信在国内快速发展,其特点是速度快、流量大,可以传输视频,在终端通信技术中,由于部分地区光纤架设涉及挖沟、开路等工作,需要投入大量成本,部分地区光纤覆盖存在困难,而采用 230 MHz 无线电力专网自组网具有技术优势,可以解决光纤主干网“最后 1 千米”接入问题,也可与光纤接入通信互为备用,实现双通道终端接入,提高可靠性。

230 MHz 无线电力专网自组网技术能有效消除无线通信盲区,通信速率高,技术纠错能力强,数据处理效率高,在城市内覆盖范围可达 2~3 km,其采用自组网技术、全向小天线,设备体积小,方便安装在小型专变终端、集中器和三相电表内。

230 MHz 无线电力专网自组网技术优点如下。

1) 独占资源。230 MHz 频段共 15 对双工频点和 10 个单位频点,受到全国无线电管理委员会批准并保护,专供电力系统使用。由于使用权全部归属电力企业,是极好的独占式通信资源,保证了系统信道使用的唯一性。

2) 稳定性高。该频段的电波在大气中传播,气象条件的变化以及水汽的吸收对其影响很小,通信稳定。

3) 实时性好。目前 230 MHz 通信采用 1 200~2 400 bit/s,信道传输误码率 $\leq 1 \times 10^{-5}$,主站与终端通信最小的响应时间小于 0.5 s,为高可靠、高实时通信系统。

4) 安全性高。230 MHz 为无线专网,其他系统设备未经许可不允许利用该通信信道资源进行通信。通信设备、编码规则、报文通信加密也是属于行业专用,系统通信有较高的安全性。

无线专网主要缺点是安装、运行、维护需要有一定专业技能,系统可用性取决于维护情况,同时覆盖范围相对无线公网较小。

5.4 物联网

物联网是通过射频识别(Radio Frequency Identification, RFID)技术、无线传感器技术以及定位技术等自动识别、采集和感知获取物品的标识信息、物品自身的属性信息和周边环境信息,借助各种电子信息传输技术将物品相关信息聚合到统一的信息网络中,并利用云计算、模糊识别、数据挖掘以及语义分析等各种智能计算技术对物品相关信息进行分析融合处理,最终实现对物理世界的高度认知和智能化的决策控制。

面向智能电网应用的物联网主要包括感知层、网络层和应用服务层。感知层主要通过无线传感网络、RFID等技术手段实现对智能电网各应用环节相关信息的采集;网络层以电力光纤网为主,辅以电力线载波通信网、无线宽带网,实现感知层各类电力系统信息的广域或局部范围内的信息传输;应用服务层主要采用智能计算、模式识别等技术实现电网信息的综合分析和处理,实现智能化的决策、控制和服务,从而提升电网各个应用环节的智能化水平。

6 结语

EPON能满足智能电网配电自动化、智能小区、用电信息采集以及多网融合等具体需求,非常适合在配电网广泛应用,同时,为确保大量光缆线路可靠运行,应同期建立完善监测管理系统,特别是基于GIS平台的光缆线路资源管理及光缆在线监测系统。另外,光传送网、光纤复合低压电缆、

无线专网、物联网等智能配用电网通信新技术也各具特点,可以结合实际需求,在配用电通信网建设中具体应用。

参考文献

- [1] 韦乐平. 光网络热点技术的发展与展望[J]. 电信工程技术与标准化, 2008(3): 8-13.
WEI Le-ping. Hot optical network technology development and prospects[J]. Telecommunications Engineering Technology and Standardization, 2008(3): 8-13.
- [2] 王明俊. 发展中的配电系统自动化[J]. 电力自动化设备, 1999, 19(3): 1-7.
WANG Ming-jun. Distribution system automation under developing[J]. Electric Power Automation Equipment, 1999, 19(3): 1-7.
- [3] 梁芝贤, 魏明海, 王剑. 西安地区智能电网通信传输网架建设规划[J]. 电力系统通信, 2010, 31(2): 12-18.
LIANG Zhi-xian, WEI Ming-hai, WANG Jian. Plan of Xi'an communication transmission network suited for smart grid[J]. Telecommunications for Electric Power System, 2010, 31(2): 12-18.

梁芝贤(1970—),女,陕西西安人,高级工程师,从事通信系统管理工作。

王剑(1982—),男,陕西西安人,工程师,从事通信系统管理工作。

谷明英(1963—),女,陕西西安人,工程师,从事通信系统管理工作。

(收稿日期:2011-12-07;修回日期:2011-12-27)

(编辑:张京娜)

Research and Application on Power Distribution Communications Technology for Smart Grid

LIANG Zhi-xian¹, WANG Jian¹, GU Ming-ying¹

(1. Shanxi Xi'an Power Supply Bureau, Xi'an 710032, China;

2. Shaanxi Electric Power Information and Communication Center, Xi'an 710032, China)

Abstract: This paper analyzes the applications of three EPON communication networking solutions and three-tier architecture model in distribution automation system. It proposes the power consumption information collection in smart community and construction strategy of multi-network integration. It also proposes the integrated smart communication network management platform including an integrated communication network management system, GIS-based fiber cable resource management platform and cable lines on-line monitoring system. This paper discusses the optical transport network, low-fiber composite cable, private wireless network, internet of things and other smart grid distribution communication technologies and their characteristics. It has great reference value for the power distribution communication network construction and maintenance.

Key words: smart power distribution network; EPON; network management