

基于 EPON 的电力自动化信息传送平台

殷志锋, 周雅, 张元敏

(许昌学院电气信息工程学院, 河南 许昌 461000)

摘要: 针对目前现有的电力自动化信息传送网络存在的问题和不足, 简要介绍了 EPON 技术的原理和优势。结合电力系统“三集五大”体系建设对电力自动化信息网络的相关要求, 提出了一种基于 EPON 技术的网络作为自动化信息传送平台。详细介绍了平台的规划和设计方案, 对平台的实际效果进行了分析, 满足电力自动化信息对速度、质量和可靠性的要求, 可以作为供电系统自动化信息传送网络建设的模式推广应用。

关键词: EPON; 自动化; 电力通信; 无源光网络; 调度主站

Electric power automation information transmission platform based on EPON

YIN Zhi-feng, ZHOU Ya, ZHANG Yuan-min

(College of Electricity and Information Engineering, Xuchang University, Xuchang 461000, China)

Abstract: In view of the present problems and shortcomings of electric power automation information transmission network, this paper briefly introduces the principle and advantage of EPON technology. Combining with the requirements of power system “San Ji Wu Da (Intensive management in human resources, financial resources, and material resources; large-scale movements in programming, construction, operation, overhaul, and production)” system construction for the electric power automation information network, the EPON technology based network is taken as an automation information transmission platform. The planning and design of platform is introduced in detail, and the actual effect of the platform is analyzed, to meet the requirements of electric power automation information for the speed, quality and reliability. The platform can be used as the extension and application model of network construction in power system automation information transmission network.

Key words: EPON; automation; electric power communication; passive optical network; master scheduler

中图分类号: TN91 文献标识码: A 文章编号: 1674-3415(2014)02-0111-05

0 引言

随着电力系统“三集五大”体系建设的不断深入应用, 调度自动化主站建设的步伐也日趋加快, 变电站自动化信息的传送方式也在快速的发生转变, 而且对信息传送的速度、质量和可靠性要求也越来越高。随着“大运行”、“大集控”体系建设的逐步完成, 变电站的调度自动化信息都将统一、高效的传送至地调调度监控中心, 这就要求自动化信息传送方式发生转变, 目前现有的传送方式主要依赖于电力通信网提供最简单的传送通道, 模式单一, 中间环节多, 故障率较高, 传输可靠性相对较差, 很难满足未来新模式下的信息传送需求, 因此, 有必要寻找一种可靠的、性价比较高的传送手段来适

应于新形势、新模式下的调度自动化网络建设。

无源光网络(PON)系统出现于90年代初, 随着Internet和计算机技术的快速发展, EPON(Ethernet Passive Optical Network)技术应运而生^[1]。顾名思义, EPON是利用PON的拓扑结构实现以太网的接入。因其有效缓解了网络铜缆被盗严重、价格上涨较快和网络建设成本不断增加的状况, 以及自身具有点对多点、抗多点实效、组网灵活、QoS高等多方面的技术优势而大受青睐, 文中正是结合EPON的技术原理优势, 提出了一种新的自动化信息传送平台以满足电网发展对新业务、新技术的应用需求。

1 电力自动化传送网络现状

电力自动化信息系统是利用计算机和通信技术来实现变电站运行、管理自动化的系统, 以电力通信网作为传输载体, 通过电力通信系统来完成相互

间乃至与自动化主站间的信息交互。电力通信网是实现电网调度自动化、管理现代化的重要基础。目前，自动化信息主要采用载波通信、微波通信和光通信三种传输方式，从电力通信网的发展趋势来看，因为载波通信速度低，在电网业务的传送应用中已逐渐取消；微波通信也因其易受干扰且误码率较高而应用越来越少；光纤通信由于其传输性能好、容量大、速度快、质量好而迅速得到普及，现有的业务应用大多建立在光纤通信基础之上，然而因光通信投资较大，应用场合也局部受限^[2-3]。

1.1 电力自动化传送网络对比分析

1) 串行通信方式

目前的变电站自动化系统中，大都采用简单的串行通信技术构建的通信传送网络，也就是利用RS232/RS485串行总线将保护设备互联在一起，用主从方式进行通信，属于简单的点对点通信，随着电网的不断发展壮大^[4-6]，该方式逐渐暴露出以下不足和问题。

①传输速率较低。一般不超过9.6 kb/s，难以满足大容量实时数据的高可靠性传输的要求。

②数据响应式为命令响应，系统灵活性和实时性都较差。

③网络中仅可以有1个主节点，系统可靠性相对较低，不满足冗余系统构建的需求。

④子站间无法直接通信，必须经主站中继方能完成相互间的通信。

2) 现场总线方式

现场总线方式在通信速率、实时性、可靠性以及组网的灵活性方面，均远远高于串行通信方式，但一旦当作为主干传送网时，应用在通信节点较多、数据传流量大的变电站时，也会面临以下几个突出问题。

①当通信节点超过规定数量时，系统响应速率会迅速下降，这样以来便很难适应目前大型变电站对通信传送的要求^[7]。

②由于没有统一的标准，多数网络设备及软件不得不需要专门设计，因此自动化的传送标准很难开放，导致目前不同厂家都有各自定义的通信协议^[5]。

③传送网络的因电磁兼容性能较差导致其抗干扰能力也相对较差。

④传送带宽小，数据传输延迟大。

1.2 电力自动化传送网络需求分析

电力自动化信息传送与其他数据传送方式相比，有其特殊性需求，大致有以下几点。

①网络可靠性高：电力自动化信息要求必须准

确、可靠地传输。

②传送实时性高：变电站自动化信息必须保证及时地传送站内的运行、操作和控制信息，因此，传送网络必须保证数据传送的实时性^[8-9]。

③抗干扰能力强：因变电站内环境的特殊性，相比其他场所，站内的机械和电磁干扰相对较为严重，这就要求传送网络必须具备很强的抗干扰能力。

2 EPON 的技术原理

光纤接入网从技术方面一般分为有源和无源光网络两种。EPON 作为一种新型光纤接入技术，主要利用 PON 的拓扑结构来实现以太网的点到多点的单纤双向接入^[10]。EPON 网络典型的组网方式有星型、树形、总线型和环形拓扑。EPON 网络主要由光线路终端(Optical Line Terminal,OLT)、光分配网络(Optical Distributed Network,ODN)和用户侧光网络单元(Optical Network Unit, ONU)三部分组成。(EPON 网络结构如图 1 所示)。

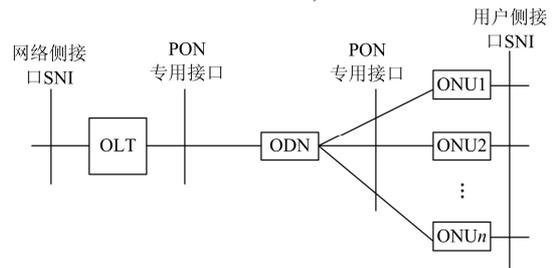


图 1 EPON 网络结构

Fig. 1 Network structure of EPON

EPON下行采用广播式，使用1490 nm波长，由OLT发送信号通过ODN传送到每个ONU，下行帧传输速率一般为1.25 Gb/s，主要由一个个被分割为固定长度的连续比特流组成，帧的开头为同步标识符的时钟信息，用于OLT和ONU间的同步。同步标识符占8比特，组成可变长度的数据包，每个ONU各分配一个数据包，每个数据包则由信头、可变长度净负荷及误码检测域组成^[11]。

EPON上行采用时分多址方式(TDMA)，使用1310 nm波长，OLT为每个ONU分配一个专用时隙，每个ONU只能在各自的时隙上按顺序发送数据，从而实现各路时隙汇聚到公共光纤时，每个ONU送来的数据包不会相互干扰^[12]。ONU发送的数据信息只能通过ODN到达OLT，而不会传至其他ONU。

OLT作为EPON网络的核心设备，一般放置在局端，通常完成交换机和路由器的功能，是一个多业务提供平台，可以向网络侧提供诸如GE以太网、2 M、视频以及SDH等多种业务接口；另外，还可向

用户侧提供点到多点的PON接口。OLT主要功能包括以广播方式向所有ONU发送数据、测距过程的发起和控制、ONU功率的发起和控制、ONU的带宽分配以及其他以太网功能^[13]。

ONU作为用户终端设备则放置在用户侧,主要作用是选择接收OLT发来的数据、OLT测距和功率控制命令的响应、调整或缓存用户以太网数据,为用户提供视频、数据等多种业务接口并在OLT分配的发送窗口以时分复用的方式上传数据。

ODN可以由光纤、POS、光衰减器、光连接器、ODF等组成,在OLT和ONU之间提供光传输通道,ODN的连接方式可分为星型、树型、总线型和环型。

EPON与其他无源光网络相比较,主要有如下几个方面的技术性能优势:

1) 节省建设和运营维护成本:由于OLT和ONU间仅有光纤、光分路器等无源器件,无需租用机房及电源设备,无有源设备,减少了维护人员。

2) 丰富的带宽资源:EPON上下行均采用千兆速率,可根据用户需求灵活分配动态带宽^[14]。

3) 采用点对多点结构,方便系统扩容和升级。

4) 具有同时传输时分复用、IP数据及视频等多种业务的能力。

5) 全线采用光纤通信,抗干扰能力极强。

3 EPON 组网应用方案

目前,常用的EPON组网应用主要有两种,一种是典型的OLT与ONU组网;另一种则是OLT与SDH/MSTP组网。

1) OLT与ONU组网方式:网络结构较为简单,主要由OLT和若干ONU及ODN组成,其保护方式主要有全光纤保护、手拉手保护和环形保护三种方式。全光纤保护方式需占用OLT的2个PON口,且ONU必须支持双PON口,可实现全光路保护;手拉手保护可实现不同变电站设备的检修不会影响网络其他业务的传输,可靠性能比较高;而环形保护方式则要求光缆必须环形敷设迂回至变电站(OLT与ONU组网示意图如2所示)。

2) OLT与SDH/MSTP组网:此种组网方式可使EPON技术结合SDH/MSTP技术两者的优势,组建更加灵活的传送网。一种是利用电力系统现有的SDH环网为变电站的OLT设备提供GE接口,使各站间的OLT组成GE光纤环网,该方式可提高SDH/MSTP网络的通道利用率,也降低了EPON组建环网的成本。另一种是OLT直接上联至变电站SDH/MSTP设备,各站点OLT和调度主站核心交换机组成星型网络,该方式可节约主干光缆资源(OLT

与SDH/MSTP组网示意图如3所示)。

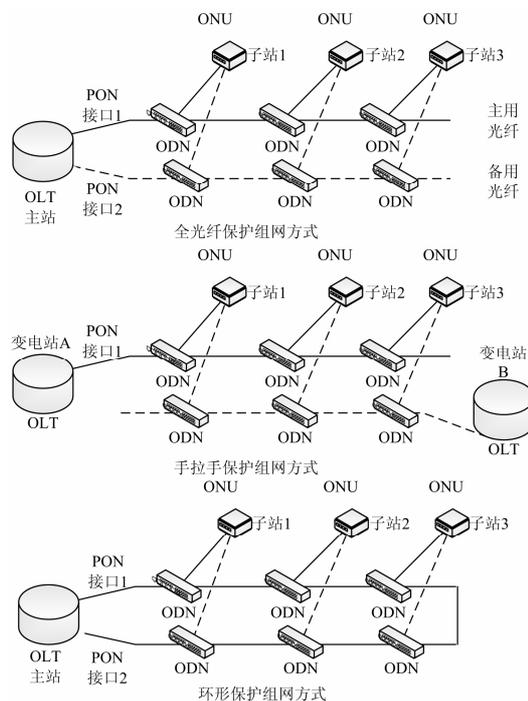


图2 OLT与ONU组网示意图

Fig. 2 Network diagram of OLT and ONU

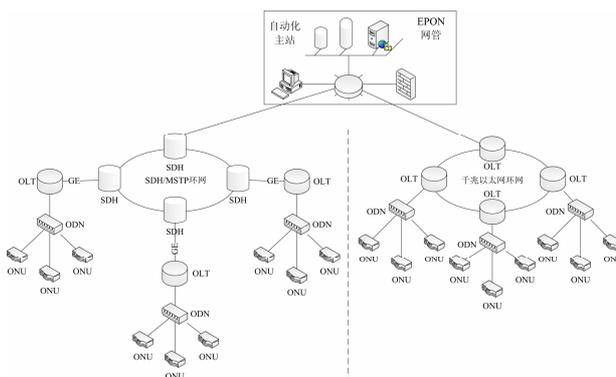


图3 OLT与SDH/MSTP组网示意图

Fig. 3 Network diagram of OLT and SDH/MSTP

4 基于EPON的电力自动化信息传送网方案

截止2012年12月,许昌电力系统已建成220kV变电站9座,110kV变电站36座,调度中心站1座,自动化信息维护工作越来越重。随着国家电网公司“三集五大”体系建设逐步推广,目前已有的自动化信息传送网已无法满足“大运行”和“大集控”对自动化信息传送的要求。本着利用新技术和充分利用现有通信资源的目的,结合许昌电力通信网发展现状和自动化主站对自动化业务传输方式要求,许昌供电公司制定出了一一种基于EPON的电

力自动化信息传送网，作为许昌地调新的自动化主站建设的业务传送平台。

4.1 许昌电力通信网现状

许昌电力通信网目前已实现了光纤通信全覆盖，所辖 35 kV 及以上变电站点光缆覆盖率达 100%，光传输网由 2 个 622 M 骨干环和 1 个 155 M 城域网及多条 155 M/622 M 链路组成，是电力调度自动化信息的主要传送承载网络。

许昌所辖变电站监控模式有两种，一种是集控站集中监控；另一种是地调调度中心集中监控。因此映射出两种电力自动化业务的传送方式，一是由自动化子站经 SDH/MSTP 网络传送至所归属的集控站；而另一种则是由于子站直接传送至地调主站或经集控站转接至地调主站。

鉴于许昌电力通信网和变电站监控模式现状，结合“三集五大”体系建设对新的调度自动化主站的要求，特制订了两种 EPON 的组网方式，集中将所有 110kV 变电站自动化子站的信息数据集中传送到地调主站。

4.2 EPON 组网方案及应用

许昌现有 220 kV 集控站 3 座，分别是 220 kV 薛坡集控站、220 kV 付庄集控站和 220 kV 钧州集控站，110 kV 变电站点按属地化管理就近接入相应区域的 220 kV 集控站进行统一监管。本方案仅涉及以上 3 座 220 kV 集控站及其所辖 110 kV 子站和地调主站。

方案一：OLT 直接上联至 SDH/MSTP 网络

许昌辖区所有变电站均已实现光传输设备全覆盖，因此，在 3 个 220 kV 集控站各安装一套 OLT、ONU 和 ODN，所辖 110 kV 子站均放置一套 ONU。各子站的自动化信息经 ONU 上传至所属集控站的 OLT，各集控站的 OLT 通过所在站点的 SDH/MSTP 设备提供的 GE 口直接上联至站内 SDH/MSTP 设备，经地区 SDH/MSTP 环网与地调主站的自动化核心交换机互联，组成逻辑上的星型 EPON 网络，完成变电站电力自动化信息及时、准确、可靠的上传至地调监控中心(方案一 EPON 网络结构图如图 4 所示)。

方案二：OLT 组建 GE 光纤环网

由于电力系统对自动化信息传送的可靠性要求极高，因此，为提高自动化信息传送网的可靠性，可将 3 个集控站的 OLT 组建成环网，然后再接至地调自动化核心交换机。组建方式有两种，一是直接利用 3 个集控站间的光纤线路直接组网，二是通过 SDH/MSTP 环网组建环网。两种方式比较，前者组网简单，但需要占用较多的光纤纤芯资源，且中间跳接点相对较多；后者无需中间站点跳接，且节约

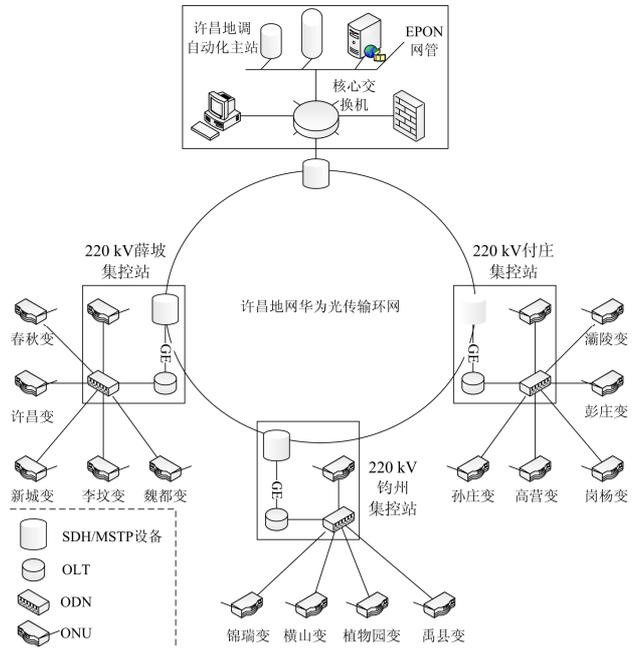


图 4 方案一 EPON 网络结构图

Fig. 4 EPON network structure diagram of Scheme One

主干光纤纤芯资源，但对 SDH/MSTP 环网容量提出了很高的要求，可通过 SDH/MSTP 环网升级扩容实现，因此，综合考虑，决定采用后者(方案二 EPON 网络结构图如图 5 所示)。

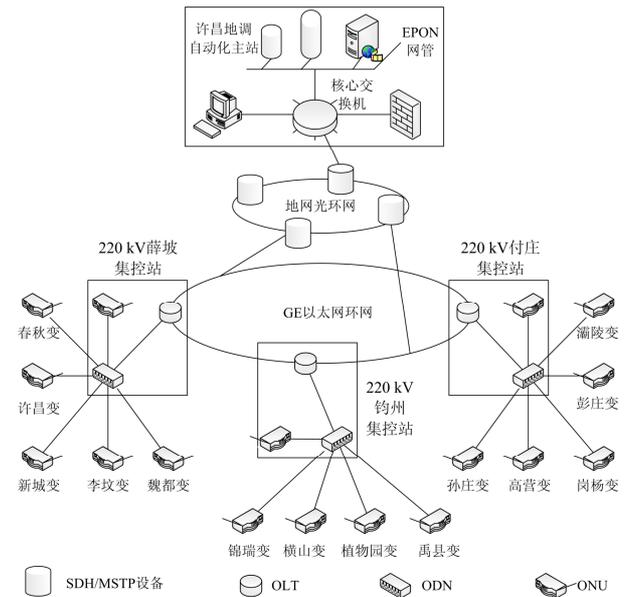


图 5 方案二 EPON 网络结构图

Fig. 5 EPON network structure diagram of Scheme Two

5 结束语

EPON 作为光纤接入技术之一，以其独特的天然优势必将在电力自动化信息传送领域取得突飞猛

进的发展和更深层次的应用。文中研究的两种基于 EPON 的电力自动化信息传送网络以其广泛的实用性得到了系统业界专家们的一致好评, 方案一的具体应用正在逐步开展, 至于方案二中组网方式涉及到许昌电力通信传输网传输容量整体升级, 因此, 有待于今后进一步研究。总之, 基于 EPON 的电力自动化信息传送平台与供电企业以及电网的发展均到达了良好匹配, 组网结构也与电力通信现状结合比较紧密, 具有很强适应性, 信道维护成本低, 随着智能电网和“三集五大”体系的不断完善, EPON 技术在电力自动化和电力通信等领域将有更为广阔的应用前景。

参考文献

- [1] 林添顺. 基于 GPRS 的新型配电网自动化通信系统设计及实用性分析[J]. 电力系统保护与控制, 2008, 36(19): 44-45.
LIN Tian-shun. A new kind of communication system based on GPRS for power distribution and analysis of Its practicability[J]. Power System Protection and Control, 2008, 36(19): 44-45.
- [2] 王建华, 荣命哲, 耿英三. 数字化电力设备的概念与内涵[J]. 电工技术学报, 2009, 24(6): 138-145.
WANG Jian-hua, RONG Ming-zhe, GENG Ying-san. Concept and connotation of digital electrical equipment[J]. Transactions of China Electrotechnical Society, 2009, 24(6): 138-145.
- [3] 王亚非, 胡四全, 马力. 基于 GPRS 网络的调度备用通道[J]. 电力系统保护与控制, 2009, 37(16): 80-83.
WANG Ya-fei, HU Si-quan, MA Li. Dispatch backup channel based on GPRS network[J]. Power System Protection and Control, 2009, 37(16): 80-83.
- [4] 陈昌松, 段善旭, 殷进军. 基于神经网络的光伏阵列发电预测模型的设计[J]. 电工技术学报, 2009, 24(9): 153-158.
CHEN Chang-song, DUAN Shan-xu, YIN Jin-jun. Design of photovoltaic array power forecasting model based on neutral network[J]. Transactions of China Electrotechnical Society, 2009, 24(9): 153-158.
- [5] 董张卓, 唐明, 李宁. 电力调度主站的网络管理系统[J]. 电力系统保护与控制, 2008, 36(18): 62-64.
DONG Zhang-zhuo, TANG Ming, LI Ning. Network management in master station of electric power systems dispatch[J]. Power System Protection and Control, 2008, 36(18): 62-64.
- [6] 韩国政, 徐丙垠, 索南加乐, 等. 基于 IEC 61850 的配电网自动化通信技术研究[J]. 电力系统保护与控制, 2013, 41(2): 62-65.
HAN Guo-zheng, XU Bing-yin, SUONAN Jia-le, et al. Communication technology for distribution automation based on IEC61850[J]. Power System Protection and Control, 2013, 41(2): 62-65.
- [7] 帅智康, 罗安, 刘定国. 串联谐振注入式混合型有源电力滤波器及滤波特性分析[J]. 电工技术学报, 2009, 24(5): 125-134.
SHUAI Zhi-kang, LUO An, LIU Ding-guo. A novel hybrid active power filter with series resonance circuit[J]. Transactions of China Electrotechnical Society, 2009, 24(5): 125-134.
- [8] 王华伟, 胡宝华, 杨淑雯. 新一代无源光网络—EPON[J]. 深圳大学学报, 2004, 21(1): 81-85.
WANG Hua-wei, HU Bao-hua, YANG Shu-wen. A new generation passive optical network--EPON[J]. Journal of Shenzhen University: Science & Engineering, 2004, 21(1): 81-85.
- [9] 冯倩. 电力自动化的通信网络分析研究[J]. 中国科技博览, 2011(20): 186.
FENG Qian. Research on communication network of electric power automation[J]. China Science and Technology Expo, 2011(20): 186.
- [10] 李亚玲. 浅析电力自动化的通信网络分析研究[J]. 价值工程, 2011, 30(3): 277.
LI Ya-ling. Brief analysis and research on communication network of electric power automation[J]. Value Engineering, 2011, 30(3): 277.
- [11] 张继东, 陶智勇. EPON 的发展现状与关键技术[J]. 光通信研究, 2002(1): 26-30.
ZHANG Ji-dong, TAO Zhi-yong. Present situation and the key technologies of EPON[J]. Study on Optical Communications, 2002(1): 26-30.
- [12] 孙中伟, 马亚宁, 王一蓉, 等. 基于 EPON 的配电网自动化通信系统及其安全机制[J]. 电力系统自动化, 2010, 34(8): 72-73.
SUN Zhong-wei, MA Ya-ning, WANG Yi-rong, et al. A communication system for distribution automation using EPON and its security mechanism[J]. Automation of Electric Power Systems, 2010, 34(8): 72-73.
- [13] 孔锦标, 叶志军, 余杰. EPON 在智能配网中的研究与应用[J]. 电力系统通信, 2012, 33(6): 72-74.
KONG Jin-biao, YE Zhi-jun, YU Jie. Research and application of EPON in smart power distribution grid[J]. Telecommunications for Electric Power System, 2012, 33(6): 72-74.
- [14] 李学易, 韩一石, 韩国军, 等. 基于 EPON 的综合接入组网设计[J]. 光通信技术, 2007, 31(9): 14-17.
LI Xue-yi, HAN Yi-shi, HAN Guo-jun, et al. Integrated access network design based on EPON[J]. Optical Communication Technology, 2007, 31(9): 14-17.

收稿日期: 2013-04-28; 修回日期: 2013-06-03

作者简介:

殷志锋(1975-), 男, 硕士, 副教授, 从事电力系统自动化、信号与信息处理研究; E-mail: yinzf424@163.com

周雅(1982-), 女, 硕士, 讲师, 从事电力系统通信、信号与信息处理研究;

张元敏(1963-), 男, 硕士, 教授, 从事电力电子教学研究