

DPON 技术在配电网中的应用

刘美容^{1,2}, 李向新³, 何怡刚⁴

(1 湖南师范大学 物理与信息科学学院, 湖南 长沙 410081; 2 合肥工业大学 电气工程博士后流动站, 安徽 合肥 230009;
3 长沙理工大学 电气信息与工程学院, 湖南 长沙 410114; 4 合肥工业大学 电气信息与工程学院, 安徽 合肥 230009)

摘 要: 针对中国电网通信系统的现状结构、通信系统对电网的需求进行分析和研究, 提出了 DPON 技术在电网通信系统中的应用. 通过分析 DPON 的技术原理和传输特点, 得出 DPON 具有网成本低、易于维护、安全性高的特点, 结合电力通信网的现状和结构, 提出了电力通信网络保护应用、组网方案及其可行性, 以更好地实现电网的高信息化、共享和互动化.

关键词: 智能电网; 电力通信网; 无源光网络; 接入网; 网络协议

中图分类号: TM727.2

文献标识码: A

文章编号: 1000-7180(2013)10-0085-05

The Application of DPON Technology in Distribution Network

LIU Mei-rong^{1,2}, LI Xiang-xin³, HE Yi-gang⁴

(1 College of Physics and Information Science, Hunan Normal University, Changsha 410081, China;

2 Electric Engineering Postdoctoral Center, Hefei University of Technology, Hefei 230009, China;

3 College of Electrical and Information Engineering,

Changsha University of Science & Technology, Changsha 410114, China;

4 College of Electrical and Information Engineering, Hefei University of Technology, Hefei 230009, China)

Abstract: By studying and analyzing the structure of China power grid communication system and communication system's demand for grid business, this article proposes the application of the DPON technology in the grid communication system. Through the analysis of the technical principles and the transmission characteristics of DPON, DPON technology contributes a lot in the realization of the high information, sharing and interaction of smart power grid due to its low cost, ease of maintenance, high security of network construction.

Key words: smart grid; power communication network; passive optical network; access network; network protocol

1 引言

针对我国电力系统能源不能满足电力市场客服的需要, 我国将加大对智能电网和特高压输电电网的建设和规划, 在我国电力系统体制的不断深化改革的前提下, 智能电网和超高压电网的发展将成为我国电网发展新的战略目标和方向^[1]. 在国家对能源战略的规划层面上, 提倡清洁能源、环境友好型、能源与工业协同发展的目标; 在市场化大力改革程度下, 电能互换交易方式与定价发生改变, 电能市场的

能量供需的互动将越来越频繁, 电网通信系统必须能够灵活、快速和地支持不同方式的电能交易. 本文研究智能电力系统的通信系统和国内外电网通信的现状结构, 结合我国分布式电源和电网的特点, 分析我国智能电网发展需要解决的关键技术和支持的软件系统问题.

2 配电网的通信系统

随着高速双向电网通信系统的建成和发展, 电网通过通信设备实时监测电力系统动态运行情况和

收稿日期: 2012-11-12; **修回日期:** 2013-01-15

基金项目: 国家杰出青年科学基金(50925727); 国家自然科学基金(60876022); 湖南省教育厅基金(11C0800); 湖南省科技计划项目(2012FJ4347)

分析故障,先进的通信信息传递技术和设备大量应用到电力系统中,智能电网通信具有重要的自愈特征、互动特征、高效率特征、安全可靠特征.根据电网电能传输的动态形态,实时监测电网的扰动和突变,进而进行治理和补偿,动态的分配潮流的流向,防止电网发生事故.智能电网的通信系统,将电网继电保护装置、智能测量装置、中心控制系统、智能电子控制系统、电子测量仪表和客服进行可靠双向通信,提高对电网的自愈能力和可靠性^[2].

通过构建快速、可靠的电力系统通信系统,能够更好地实现电网的信息传输功能,提高可靠性.现代坚强电网中的通信系统主要包括信息采集与传输、处理与分析、信息汇集、显示与报警、信息安全 5 个功能.

3 DPON 原理

3.1 DPON 原理^[3]

无源光网络 DPON (Data Over Cable Service Interface Specifications Passive Optical Network, DOCSIS PON) 是一种无源光纤接入网,由 DOCSIS 和 PON 技术结合在一起的接入网络,DPON 包括电缆调制解调器终端系统 CMTS (Cable Modem Terminal Systems),位于前端;双向有线 HFC 电缆网络;电缆调制解调器 CM (Cable Modem),装设在用户端的装置,主要用于通信数据信号的传送和接受,DPON 系统组成图如图 1 所示.在电力系统通信 DPON 框架结构中,DOCSIS 主要在头端与用户侧设备之间传递 IP 协议报文.

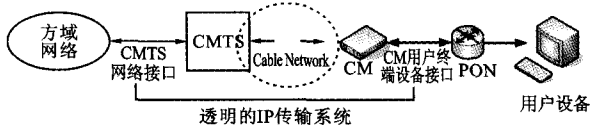


图 1 DPON 系统组成图

CMTS 是管理控制 CM 的设备,其配置可通过 Consol 接口或以太网接口完成.

CM 服务系统支持监控中心网与接入网之间的通信服务,具有优化分配网络资源,实时监控网络状态,管理维护光网络的功能.

无源光网络(PON)是在电网通信网中,光信号线路网络不含有电子器件及电源,PON 网络范围覆盖整个控制中心的传输线路终端.

3.2 DPON 技术特点

(1)在光纤的基础上,采用一根光纤多向发射信

号技术,即只需 1 芯主干通信光纤线路,可以扩展出最大 32 路光信号通道.

(2)用户终端 CNR 可达 48 dB,是全程无源光网络.

(3)DPON 可采用已有的 OSS,BSS,CMTS 业务开通、管理服务与 HFC 系统一样,支持现有 CPE 设备、DOCSIS CM、STB 等.

(4)DPON 能于 XPON 的信号波长兼容.

(5)采用 DOCSIS3.0 的频道绑定技术,下行带宽为 8 MHz RF,4 个 256QAM 频道绑定,达 200 Mb/s,上行带宽为 8 MHz RF,4 个 64QAM 频道绑定,达 160 Mb/s,根据各个 ONU 设备业务容量情况,动态的控制、调整和分配带宽资源,优化光纤信号资源.

(6)DPON 可以与已有的 XPON 共存.

3.3 DPON 标准

DPON 的通信协议标准是 DOCSIS 标准,DPON 与 HFC 网络结构构架相同,协议有如下六种:

① SP-CMCI: Cable Modem 与 CPE 之间的接口协议;

② SP-CMTS-NSI: CMTS 与通信数据网之间的接口服务协议规程;

③ SP-RFI: 射频接口协议(CMTS、CM 与客服端之间的协议);

④ SP-CMTRI: CM 系统与客服端的接口协议(基于单向传递的有线电视网使用);

⑤ SP-OSSI: 操作支持系统协议;

⑥ SP-DBS: 数据安全协议.

在电网通信网络构建下,通信网 DOCSIS 标准主要服务在中心监控网与 CMTS 系统之间,及 CM 系统与用户设备之间进行 IP 数据的实时传输.

4 DPON 技术在电网通信的可行性分析

4.1 DPON 组网优势

(1)网络维护工作简单.电网通信网的 DPON 网络框架下,光纤传输线路中不需额外的电源,易维护,接入口 ONU 随需要可自动加入通信网,CM 系统具有自动检索 ONU 设备,

(2)可提供高带宽.无源光网络 DPON 结构光资源可提供上行对称的 2 Gbit/s 带宽,可随电网通信网扩容升级到 10 Gbit/s.

(3)网络覆盖范围广.无源光网络 DPON 结构,具有从一个节点辐射到多点的双向传输特点,大大

地拓宽电网通信网的范围,网络范围可覆盖半径可达 20 km.

(4)网络可靠性高.在电网通信系统中,DPON 框架下的无源光网络传输技术,给通信系统的建设和维护带来方便,减少敷设光网络线路施工中不需要寻找电源,可根据合适的地理位置来布置光网络线路.

(5)简化网络规划.通信网中的 DPON 结构,为提高网络安全,对以太网通信数据采取加密技术,简化网络结构等,使通信系统网的安全得到保障.

(6)灵活组网. DPON 网络结构在通信网中可构建星型、树型、环型、混合型等全光纤拓扑结构网,组网灵活,容易维护升级,扩容改造方便,增强抗干扰能力.

(7)具有综合管理体系.带宽资源丰富,辐射出来的 32 条分支路的 ONU 共用 1 Gbit/s 带宽,实现光线路资源的优化配置和以太网动态实时监控.

4.2 DPON 组网方式

根据电力系统通信系统的组网方式和拓扑结构,针对电网通信结构的稳定性、可靠性和安全性,DPON 的组网方式的拓扑结构一般有如下 3 种:树型、总线型和环型.

4.2.1 树型结构

在电网通信网络的无源光线路拓扑结构中,DPON 网络结构的树型结构是光网中的一种简明拓扑结构,分光器 PON 实现点与多点的数据传输,其拓扑结构如图 2 所示.

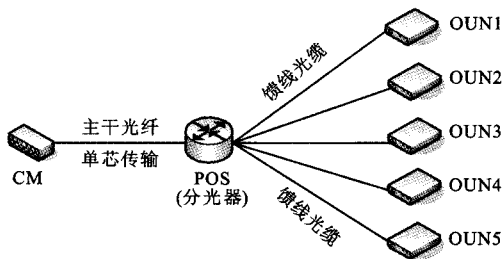


图 2 DPON 树型结构

4.2.2 总线型结构

在电网通信系统的 DPON 框架下,光网络的总线型结构,其优点是光纤少,结构灵活,方便部署新的 ONU 节点,其结构如图 3 所示.



图 3 DPON 总线型结构

4.2.3 环型结构

通信系统网中的 DPON 环型结构,信息流采取

双向传输,其优点是其中广光纤数据信号中断,每个 ONU 设备可以重新连接新的信号,组网结构如图 4 所示.

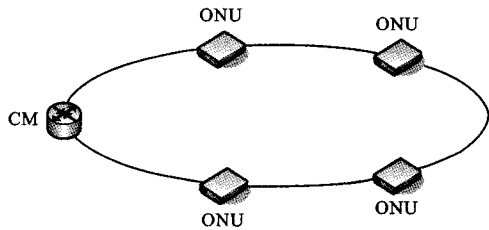


图 4 DPON 环型结构

5 DPON 原理在电网中的技术应用

DPON 技术在电力系统通信网络系统中的应用方案如图 5 所示.现代电网通信系统的传递介质是光纤,针对电网的实际网架结构、变配站地理位置的分布和光纤网的通道及敷设的特点.根据通信系统网络的分片、分层、分级和就近接入的原则,合理规划配电网通信系统的 DPON 系统与接入网络 ONU 设备的结构.子站通信系统网利用现有的透明的 IP 传输网络,提供上行必要的带宽保证和环网保护功能.

重要的是针对现有的数据信号传输网,节省了主干网和传输线路的投资,优化了网络结构,提高了电网通信网的可靠性,采取接入端的就近接入原则,根据电网的实际分布特点,合理规划不同的拓扑结构组网.对分光器的位置和通信系统的结构采取合理的布局,结合现有电网的通信的特点和传输方式,实现全光传输打下坚实的基础^[3-4].

在通信系统组网结构的方案中,主站的监控信息通过 SDH/MSTP 信息链与子变电站的开闭所、环网柜及柱上开关处的 ONU 分光端口进行通信.电力系统子变电站通过两条拉手式链连接到环网柜、柱上开关及开闭所处上的 ONU 端口通信连接方式如图 5 所示方式,采用双 PON 口可以提供高数据信号传输的可靠性.

进一步增强电网通信的安全可靠性,及其重要变电站点的通信系统网,可以采用 2 个 CM 系统共同连接 1 个 PON 分光器,既双链接拉手式的组网结构,提高信息网络等级保护,实现对通信网的主干光线、光缆信号、PON 的动态监控与实时保护,网中任何一台端口、分光器等出现故障时,不影响数据传递.

终端信息层的 ONU 光节点,可与子变电站的 TTU、RTU、FTU 等不同类型的设备进行通信,采

取其他协议,如 RS485、RS23 等通信协议,从表 1 中可以得知,DPON 在配电通信网中能在恶劣天气下

能安全运行、可靠性高等优点,提高信息网的牢固性和安全性.

表 1 配电通信系统方式比较

项目	DPON	EPON	工业以太网	电力载波网	无线专网	微功率无线
传输速率	2 Gbit/s	1.25 Gbit/s	100 Mbit/s	几~几十 kbit/s	几 kbit/s~几 Mbit/s	几十~几百 kbit/s
传输距离	20 km≤	20 km≤	>20 km	几十千米	几十千米	几百米
可靠性	很高	很高	很高	一般	中等	一般
通信实时性	高	高	高	低	低	较高
信息安全	高	高	高	较高	较高	一般
建设成本	偏高	偏高	偏高	较高	较高	一般
安装及维护	不方便	不方便	不方便	较方便	较方便	较方便
影响因素	不受影响	不受影响	不受影响	负载和结构	天气、地形	天气、地形
适应网络	配电通信网	配电通信网	配电通信网	配电通信网	配电通信网	配电通信网

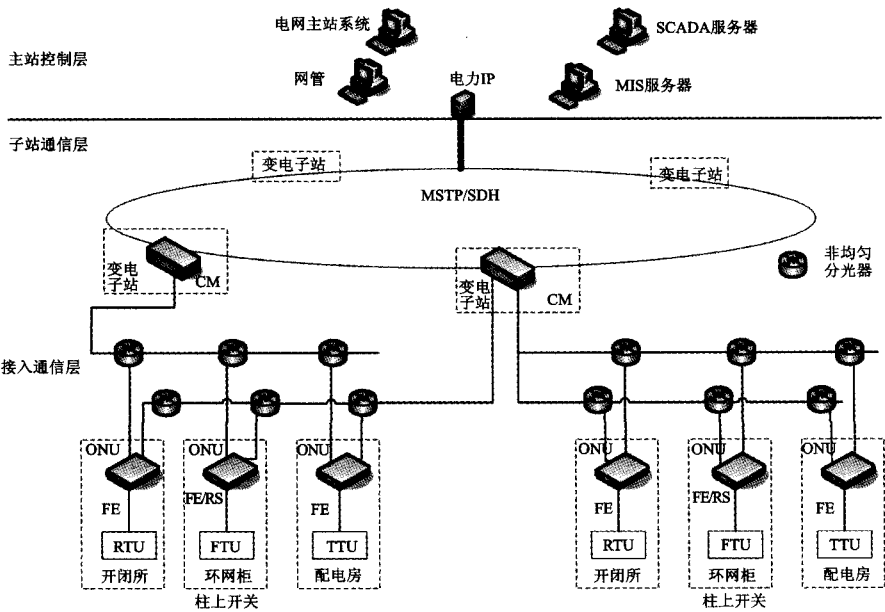


图 5 DPON 技术在电网通信中的应用

智能配电通信结构网采用灵活的组网方式,如手拉式网、环网、T 型网络、星型、树型、混合型等组网方式,及其符合电力配电网线路分布结构及特性,提高电力系统通信网的可靠性、安全性和经济性^[5].

馈线远方终端(feeder terminal unit, FTU),装设在配电网馈线自动化监控和测量控终端层.具有实现遥测、遥控、遥调、遥信和检测故障电流等多功能综合设备,是一种集于监控、测量、保护一起的多功能综合型自动化监控设备.

远程终端装置 RTU (Remote Terminal Unit. RTU),装设在变电站或者电厂的一种远方装置,对电网进行监视、控制中心、变电站自动化、配电自动化及控制自动化系统中的关键设备^[6-7]. RTU 采取

电网运行的动态状态量,执行控制中心向变电站或电厂的调度命令及指令.

配电变压器远方终端(transformer terminal unit. TTU),装设在配电网结构的最终的终端服务系统,对电力系统变压器的潮流动态数据实时参数进行监控和测量的远方服务系统.

DPON 技术在智能配电网中支持不同种类的宽、窄带服务,为电力通信网提供安全可靠的业务.单电源树型供电的网络构架,通常采用 DPON 无源光网络,电网通信网络拓扑对应为树型结构;针对现代电网通信结构,工业以太网交换机的成本价格偏高,组网方式不灵活,采用 DPON 技术在通信中的应用,能实时传递生产、管理及故障数据信息,也能

为电网动态的潮流进行监控,结合现在光纤媒介在通信网的优点,极大的将实际电网资源的优化处理,为最终实现全光传通信网络打下坚实的基础。

6 结束语

DPON 技术在高效配电光纤网通信系统的应用,凭借着其数据传递量大、处理数据快的优点,并具有高强度的环网安全性和可靠性,能在建成安全、可靠地、高信息化的配电通信网平台的建设过程中发挥主导作用。

参考文献:

- [1] 朱瑞杰,于昉,夏增极,等. EPON 技术在配电网自动化中的应用[J]. 电力建设, 2011, 32(6): 49-53.
- [2] 张振良,仇英辉. 电力 GPON 系统的可行性研究[J]. 电力系统通信, 2011, 32(220): 51-55.
- [3] 李天蔚,付嘉渝. EPON 技术在电力配电通信网中的应

用[J]. 技术应用, 2011, 134(2): 134-135.

- [4] 李祥珍,何清素,孙寄生,等. 智能配电网通信组网技术研究及应用[J]. 中国电力, 2011, 44(12): 79-81.
- [5] 毛凯. 基于拓扑结构的计算机网络稳定性分析[J]. 微电子学与计算机, 2012, 29(12): 72-74.
- [6] 潘志宏,林永傍,黄红斌,等. 10G+GPON 技术研究及实现方案[J]. 通信技术, 2011, 34(5): 1-4.
- [7] 王时雨,贺占庄,张盛兵. 基于 FPGA 的以太网 MAC 控制器的实现[J]. 微电子学与计算机, 2012, 29(2): 171-175.

作者简介:

刘美容 女, (1977-), 博士后, 讲师. 研究方向为电网技术、电路故障诊断等。

李向新 男, (1982-), 硕士. 研究方向为电网通信网络及电能质量。

何怡刚 男, (1966-), 博士生导师, 教授. 研究方向为电网络技术、电路故障诊断等。

(上接第 84 页)

长度变化阈值范围以及丢包概率增量的权重系数, 以此平滑队列抖动现象, 并且通过实际数据对比研究了 BLUE、BLUE⁺ 等算法之间的性能差异, 同时深入分析了影响 IBLUE 算法的关键因素, 给出了链路利用率、丢包率、平均队列长度和变异、交叉概率等之间的关系. 结果表明本文提出的 IBLUE 算法具有较好的性能. 在后续研究中, 可以考虑结合被动队列管理等方法来建立一套完整的拥塞控制方法, 以此减少系统开销并能够有效解决网络拥塞。

参考文献:

- [1] 林闯,李寅,万剑雄. 计算机网络服务质量优化方法研究综述[J]. 计算机学报, 2011, 34(1): 1-14.
- [2] 汪浩,李晓明,严伟,等. 具有最小时间加权平方误差积分的主动队列管理算法 ISTE-PI[J]. 计算机学报, 2012, 35(5): 951-963.

- [3] Zhang W, Tan L, Peng G. Dynamic queue level control of TCP/RED systems in AQM routers[J]. Computers & Electrical Engineering, 2009, 35(1): 59-70.
- [4] 吴春明,姜明. SBlue: 一种增强 Blue 稳定性的主动式队列管理算法[J]. 通信学报, 2005, 26(3): 68-74.
- [5] 徐佳,殷新春,杨云. 一种精确度加强的主动队列管理算法 BLUE⁺ [J]. 计算机应用研究, 2006, 23(9): 23-26.
- [6] 许鹏飞,苗启广,李伟生,等. 基于函数复杂度的自适应模拟退火和禁忌搜索新算法[J]. 电子学报, 2012, 40(6): 1218-1222.
- [7] 左斌,胡云安,李静. 基于混沌退火的参数扰动递归神经网络极值搜索算法及其应用研究[J]. 电子学报, 2009, 37(12): 2651-2656.

作者简介:

张义良 男, (1978-), 讲师. 研究方向为计算机网络。