

doi:10.3969/j.issn.1673-9833.2015.03.011

# 株洲市天元区配电自动化通信方案研究

石 凡, 于惠钧

(湖南工业大学 电气与信息工程学院, 湖南 株洲 412007)

**摘 要:** 通过对各种主流通信方式的比较, 结合株洲地区用电网的特点, 选定了适合株洲地区配电自动化系统发展的通信方式, 分析了建设区通信主干网、通信接入网的设计思路, 提出了对通信骨干网络的改造方案以及基于无源光网络技术的实施方案。

**关键词:** 配电自动化; 通信系统; 无源光网络技术

中图分类号: TM76

文献标志码: A

文章编号: 1673-9833(2015)03-0057-06

## Study on the Distribution Automation Communication Scheme in Tianyuan District of Zhuzhou City

Shi Fan, Yu Huijun

(School of Electrical and Information Engineering, Hunan University of Technology, Zhuzhou Hunan 412007, China)

**Abstract:** By comparing various communication modes and combining with the characteristics of the grid in Zhuzhou, the communication mode is selected suitable for the development of distribution automation system of Zhuzhou. The design ideas of communication backbone network and communication access network are analyzed, and the reconstruction program for the backbone network and the implementation program based on passive optical network (EPON) technology are put forward.

**Keywords:** distribution automation; communication system; passive optical network technology

## 0 引言

无源光网络 (passive optical network, PON) 技术是目前最前沿的点到多点的光纤接入技术。它由光线路终端 (optical line terminal, OLT)、光网络单元 (optical network unit, ONU) 和光分配网络 (optical distribution network, ODN) 组成<sup>[1-2]</sup>。一般其下行采用 (time division multiplexing, TDM) 广播方式, 上行采用时分多址接入 (time division multiple access, TDMA) 方式, 而且可以灵活地组成树型、星型、总线型等拓扑结构 (典型结构为树形结构)。PON 的本质特征就是 ODN 全部由无源光器件组成, 不包含任何有源电子器件。这样就有效地避免了外部设备的雷电及电

磁干扰的影响, 减少了线路和外部设备的故障率, 大大简化了供电配置和网管复杂度, 提高了系统可靠性, 同时节省了维护成本, 是电信维护部门长期期待的技术, 越来越受到业界的关注和重视, 发展非常迅猛。与点到点的有源光网络相比, PON 技术的主要特点在于维护简单, 成本较低 (节省光纤和光接口) 和较高的传输带宽, 其高性能价格比的特点会使其在很长时间内保持竞争优势, PON 一直被视作接入网未来的发展方向。

配电自动化系统分为主站、通信网络、配电终端和业务信息集成等 4 部分。通信网络是维系配网自动化主站、配电终端和业务信息的纽带, 是配电

收稿日期: 2015-04-05

作者简介: 石 凡 (1990-), 男, 湖南株洲人, 湖南工业大学硕士生, 主要研究方向为电力系统自动化及其应用,

E-mail: 597865447@qq.com

自动化系统不可缺少的重要组成部分和技术手段。

在配电自动化建设中,通信是基础。为此,国家电网公司在2011年确立了以无源光网络为主选的系列技术、测试、施工标准,为配网通信大规模建设铺平了道路,各地相继展开配电自动化建设。之所以选择PON技术,是因为PON的组网结构与配电一次网架的匹配度较高,一次网架往往有单射线形、树形、环形等形式,而PON组网天然地适配了这几种组网形式<sup>[3-4]</sup>。下面本文将从通信主干网、通信接入网、无源光网络技术等方面对株洲天元区配电自动化通信方案进行研究。

## 1 建设区总体概况

本次配电自动化建设区(以下简称建设区)位于株洲市天元区,范围东至湘江,南至黄山路,西至神龙大道,北至湘江,占地面积约为10.5 km<sup>2</sup>,总供电人口约14万人(详见图1中区域1)。



图1 株洲核心城区2014年配电自动化建设区域(区域1)

Fig. 1 The distribution automation construction area in urban core of Zhuzhou city in 2014 (block 1)

建设区域内包含了株洲市人民政府、广播电视中心、华天酒店、湖南工业大学、市中心医院、神龙城等重要用户或机构,是株洲市的政治、文化、经济与商业中心,同时也是株洲市城市的核心区域。该区域人口集中,供电潜力巨大,对供电可靠性要求较高,且属于新建城区,也易于配网自动化工程的施工建设。

自2009年以来,建设区年最大负荷增长率达20%,目前该区域负荷已达到120 MW,平均负荷密度为11.43 MW/km<sup>2</sup>。

该区域内的电力线路走廊已基本稳定成型,大部分线路经过杆线下地或迁移工程,投运时间不超过10 a,具备改造的前提条件。

目前向建设区供电的变电站共计5座,分别为王家坪220 kV变电站、张家园110 kV变电站、莲花110 kV变电站、窑塘冲110 kV变电站、松树110 kV变电站,所供10 kV线路35条,其中张家园变13条、莲花变13条、窑塘冲变6条、王家坪变2条、松树变1条。2014年城网将在建设区内新建2条10 kV线路,分别为莲滨IV回、张滨IV回;延伸2回10 kV线路,分别为莲德线、莲保线,预计在2015年10月份可竣工送电。至2015年7月,还将新增七区110 kV变电站。

## 2 配电通信技术选择

用于配电网的通信技术按传输介质分为2大类:有线通信和无线通信。有线通信主要有光纤通信(以太无源光网络/工业以太网)和电力线载波通信(中压载波);无线通信主要通过组建无线专网(Mobitex/230 M)和无线公网(GPRS/CDMA/3G)实现。各类主流通信方式比较<sup>[5-7]</sup>,如表1所示。

表1 各类主流通信方式比较

Table 1 Comparison of various communication modes

通信方式	带宽/bit·s <sup>-1</sup>	传输距离/km	通道建设成本	可靠性	安全性	影响因素	灵活性
EPON	1.25 G	20	较高	高	高	无	较好
工业以太网	100 M/1 G	>20	高	高	高	无	差
中压载波	10 k	<10	低	一般	较高	电网负载及结构	好
Mobitex	8 k	10	一般	较低	较高	天气地形	好
230 MHz	<10 k	<100	一般	较高	较高	天气地形	好
无线公网	100 k	不限	无	一般	低	天气地形	很好

由表1可知,针对配电网负荷变化快、通信可靠性要求高,结合本期试点区域管孔资源丰富,光缆可覆盖大部分配电设备的特点,选择光纤通信为配电通信网的主要通信方式,根据配电网的结构特点,选用基于以太网的无源光网络(ethernet passive optical network, EPON)通信方式。对于少部分光纤无法覆盖的配电设备,可利用运营商已建成的无线资

源,在投资省、见效快的同时方便运行维护。

## 3 通信方案设计

### 3.1 总体通信方案

电力通信网就其层次上可以分成电力通信主干网和电力通信接入网<sup>[8-9]</sup>。电力通信接入网采用无源

光网络技术,传输网采用SDH网络,光纤接入网通过调度数据网接入SDH骨干网。实现该区域36条10 kV主干配电线路光纤通(无源光网络EPON)全覆盖。此外,改扩建市中心主站及220 kV王家坪变、110 kV莲花变、110 kV张家园变、110 kV窑塘冲变、110 kV松树变,在城区骨干光环网上建成配电通信专用网络。配电通信网络架构如图2所示。

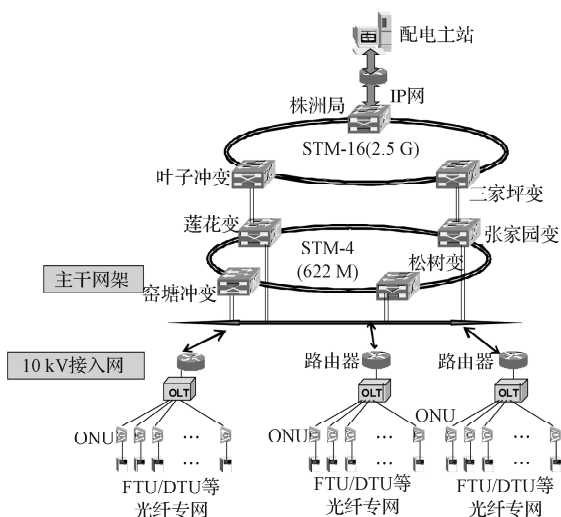


图2 配电通信网络架构

Fig. 2 The network structure of distribution communication

光纤专网通信方式主要接口如下。

OLT与骨干(synchronous digital hierarchy, SDH)光传输设备之间的接口:GE接口。

ONU与配电终端之间的接口:FE接口。

无线公网通信方式主要接口如下:

无线公网与自动化主站安全隔离装置之间的接口:FE或2M。

无线终端与配电终端之间的接口:FE接口。

### 3.2 通信主干网设计思路

第一层为电力通信主干网——覆盖所有110 kV及以上变电站、调度中心、电力企业各级组织,负责变电站的所有业务。本层在整个通信网中处于核心地位,可靠性、实时性要求极高,具备双路由,自愈时间小于50 ms。本工程的王家坪变现有的(multi-service transfer platform, MSTP)传输设备容量为2.5 G,莲花变、张家园、窑塘冲变现有MSTP设备传输容量为622 M,基本满足本次工程业务的带宽需求。本工程相关的站点光纤传输设备现状如表2所示,由表可见,各站设备均满足以太网板扩容要求。为便于业务管理,建议将承载配网自动化及信息内网业务的以太网板分开配置,因此各通信站只需要增加以太网板即可满足配网自动化的接入需求。新建配网通信主站一个,在现有光纤通信平台的基础上建立

虚拟专用IP网络,专门用于传送配电自动化信息。本层业务接入方式为纯IP接入。

表2 SDH光纤传输设备现状

Table 2 SDH optical fiber transmission equipment situation

序号	通信站	SDH设备型号	可增配以太网板槽位数	在用以以太网板槽位	在用以以太网板剩余端口数	在用以以太网业务
1	株洲中心站	1660 SM5	3	37	4	信息内网
2	王家坪	1662 SMC	3	3	7	信息内网
3	张家园	1662 SMC	3	12	8	
4	莲花	1662 SMC	5			
5	窑塘冲	1662 SMC	3			
6	松树	1662 SMC	4	10	8	

株洲天元区配电自动化建设区现有通信骨干网通过环网升级后主干网容量已基本满足各类业务需求,但该区域内622 M汇聚层的4个业务节点中有3个(张家园变、松树变、窑塘冲变)未在环上,根据对业务传输可靠性要求,需对该区域部分站点及光路进行调整、升级、优化。建设方案如下:

1) 升级张家园变—莲花变155 M光路为622 M,构建叶子冲变—铜塘湾变—莲花变—张家园变—庆云山变—东湖变—株洲中心站1—鹅颈洲变—叶子冲变的622 M光环网;

2) 退出张家园变—松树变155 M光路,新增松树变—王家坪变622 M光路,构建松树变—窑塘冲变—城西园区变—王家坪变—松树变的622 M光环网。

改造后的通信骨干网拓扑见图3。

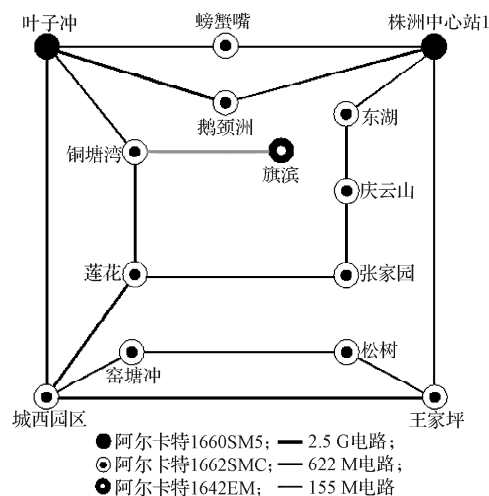


图3 改造后的通信骨干网拓扑图

Fig. 3 The topology of communication backbone network after reconstruction

通过上述网络改造后,该片区将形成结构清晰、满足通信业务传输需求的2个汇聚层622 M光环网,配电自动化业务的可靠性将得到大幅度提升。

### 3.3 接入网通信设计思路

第二层为电力通信接入网:包括10 kV配电通信网,即主网变电站低压出线侧各条10 kV主干线路及其分段互联开关、环网柜等。该层是实现配网自动化的主要通信支撑。业务对可靠性、实时性有较高要求,而且站点数量多,运行环境复杂,因此对成本、设备适应性也有较高要求,是本次工程的重点。根据株洲供电公司电力通信网络建设的总体原则和具体情况,本次配电通信接入网的建设以实现100%光纤通信为建设原则。具体技术策略是:10 kV主干线路及分支线上采用光纤通信,采用无源光网络EPON解决方案,组建光纤专用网络,各采集点(环网柜、柱上开关等)数据通过EPON系统汇聚到变电站。各信息点通信终端提供的业务接入方式为RJ45, RS232和RS485(可根据配电终端需求确定)。

### 3.4 骨干通信网络改造方案

结合太原南城区配网通信方案<sup>[10-14]</sup>,通过对建设区通信网络的改造,可构建该区域2个汇聚层622 M光环网,为配电自动化网络的可靠传输提供保障。通过对网络结构现状的分析,采用升级光模块的方式对该区域的部分光链路进行改造。退出张家园变—莲花变、张家园变—松树变的2条155 M光链路,在张家园变新增622 M光板(P8S1-4E)1块,在张家园变、莲花变、松树变、王家坪变分别增加622 M光模块1个,构建张家园变—莲花变、松树变—王家坪变的2条622 M光路。

为满足各站配电自动化通信以太网业务的接入需求,在王家坪变、张家园变、莲花变、松树变、窑塘冲变、株洲中心站1地网阿尔卡特传输设备上分别增加以太网板1块(带GE接口)。

## 4 EPON通信网实施方案

结合本次配电自动化项目建设,EPON配电通信系统共涉及株洲供电公司主站、王家坪、张家园、松树、窑塘冲、莲花等5个变电站子站共计37条线路。针对各条线路根据10 kV配网网络结构,综合考虑线路长度、信息点数量、衰耗等因素,通信组网尽量采用手拉手链路拓扑,并对典型线路进行分析计算,给出以下建设实施方案。

### 4.1 EPON各网络层设备选择及配置

光线路终端(OLT):分别在王家坪变、张家园

变、松树变、窑塘冲变、莲花变等5个站点各设置1台OLT设备;上行可以接入目前株洲电力已有的MSTP传输网中,同时OLT也可以独立具备支持环网组网的能力(支持RSTP/MSTP);OLT上行需要提供GE接口,考虑后续业务带宽的发展,OLT还需要能提供上行10 GE接口;本期规划OLT设备的每个PON口所带ONU数量为4~16个。

分光器(ODN):根据各条10 kV配网终端地理位置情况,考虑在变电站集中设置一级分光器,分光比按1:4均匀分光考虑。当一级分光所接入的环网柜有分支线时,考虑在该环网柜内设置1:4均匀分光器作为二级分光。

光网络终端(ONU):ONU按配电终端的DTU/FTU设置进行布放,各ONU上行需要提供2个PON端口,某端口故障后,应能快速切换到备用端口上;下行需要提供4个FE接口、2~4个485/232接口。

### 4.2 EPON网络典型线路分析

综合各线路情况,选择线路结构较复杂、终端接入较多具有代表性的滨江路上的8条10 kV线路进行分析。8条线路中有4条为互联线路,分别是莲滨I回—张滨I回、莲滨II回—张滨II回、莲滨III回—张滨III回、莲滨IV回—张滨IV回,8条线路的主干部分从110 kV莲花变和张家园变10 kV出线开始共管敷设并沿滨江路直达对侧变电站,是典型的手拉手互联结构,8条线路上的主干环网柜和二级环网柜共计30个(主干20个、二级10个)。结合上述章节中的光缆布放、设备配置等原则,对滨江路的EPON系统进行如下配置方案:

1)在110 kV张家园和莲花变电站通信机房各设OLT设备1套,为满足该路段的组网需求,各站OLT设备PON口初步配置8个(按每个PON口带4个环网柜计算);

2)在110 kV张家园和莲花变电站通信机房各设1:4均分分光器8个,分别对应接入OLT的8个PON口;

3)光缆芯数配置按8个分光器共分出32芯光纤并按1:1备用配置,则共需配置光纤64芯,即布放48芯的光缆2根。

上述配置方案仅从环网柜数量上进行了较粗略的规划,如果需要进一步细化组网结构,则需从配网地理接线图、环网柜地理距离等进一步进行分析。

结合滨江路各线路的地理接线图(图略)可以看出,8条10 kV线路沿由庐山路旁莲花变电站出线—滨江北路—滨江南路—黄山路—张家园变电站出线,将该路径作为主干光缆布放路由,并由图得到该路由上

的环网柜有16个(视为干线环网柜),其余14个环网柜挂接在该路由上(视为分支环网柜),且挂接在同一干线环网柜分支环网柜不超过2个。结合上述章节中的光缆布放、设备配置等原则,对滨江路的EPON系统重新进行如下配置。

1) OLT设备配置:在110 kV张家园和莲花变电站通信机房各设OLT设备1套,为满足该路段的组网需求,各站OLT设备PON口配置4个(按每个PON口带1组环网柜计算)。

2) 分光器配置:在110 kV张家园和莲花变电站通信机房各设置1:4均分分光器4个,分别对应接入OLT的4个PON口;在连有分支环网柜的干线环网柜内设置1:4均分分光器2个(分手拉手线路的2个光方向对主干纤芯进行二级分光)。

3) 干线光缆芯数配置:按4个分光器共分出16芯光纤并按1:1备用配置,共需配置光纤32芯,按40%的纤芯预留考虑,则需配置光缆纤芯45芯,即布放48芯的光缆1根。

4) 分支光缆芯数配置:由于主干环网柜所接分支环网柜不超过3个,按3个考虑则分支光缆需用6芯(主备各1芯),按40%的纤芯预留考虑,则需配置光缆纤芯9芯,即布放12芯的光缆1根(考虑到光缆布放施工难度、成本和未来业务开通需求,可选择布放24芯的分支光缆)。

按照上述配置方案,对其中的1组环网柜(莲滨I回交通局环网柜、莲滨II回莲花台区环网柜、莲滨III回滨江路01#环网柜、莲滨II回风光带环网柜、莲滨I回五桥环网柜、张滨I回滨江路05#环网柜)EPON系统组成进行详细配置。

1) 确定干线环网柜和分支环网柜:从地理接线图可以看出,莲滨I回交通局环网柜、莲滨II回莲花台区环网柜、莲滨III回滨江路01#环网柜、张滨I回滨江路05#环网柜等4个环网柜位于干线光缆路径上,故选择这4个环网柜为改组环网柜的干线环网柜;莲滨II回风光带环网柜、莲滨I回五桥环网柜接于干线光缆以外,定义为分支环网柜,且作为莲滨III回滨江路01#环网柜的分支接入。

2) 确定EPON设备光口和分光器:按照上述配置方案,两个变电站各选择EPON设备的1个PON口分配给该组环网柜使用,为简明起见,两站均选择1号PON口;两站的1号PON口各接1个1:4均分分光器,分出的4芯纤芯考虑备用后分别对应到干线光缆的1~8芯。

3) 干线环网柜内设备连接:在第一个干线环网

柜处,将干线光缆的1,2芯(注:因是手拉手结构,有来自2个方向的干线光缆,均取1,2芯)在融纤盘上成端,利用光跳纤接上ONU后完成该环网柜的设备接入,2个方向的其余46芯光缆在直融盘中直融后入第2个干线环网柜,按上述步骤将接入纤芯改为3,4纤将第2个环网柜接入系统,在此不再赘述。

4) 干线环网柜下挂支线或扩容:第三个干线环网柜(莲滨III回滨江路01#环网柜)下挂了2个分支环网柜,对于该类环网柜需在柜内设置二级分光器,结合近期需求和远期发展该类环网柜均设置分光比为1:4的二级均分分光器,分支环网柜或扩容环网柜通过24芯分支线光缆接入管线路环网柜后接入EPON系统。

5) 光功率衰耗和预留情况:由前述的最坏情况计算结果,该组环网柜均应能满足光功率衰耗要求,并且各干线环网柜按二级分光比考虑均留有光裕量,适合配网线路的变化、扩容、改造等的需求。

## 5 结论

通过以上对实际典型线路的分析得到以下结论:各终端均能满足光衰要求,且各干线环网柜按二级分光的标准计算后仍均有光功率预留,满足网络的扩容或改造需求。本文对于所有环网柜的EPON系统尽量考虑手拉手互联结构组网,以保障系统的安全可靠性,如在地理接线上无法组成互联的则以单链组网方式考虑,但ONU设备必须考虑为双PON口,方便未来条件成熟时成环的可能性。

### 参考文献:

- [1] 马波.无源光网络技术在配网中的应用分析[J].中国城市经济,2011(14):160-163.  
Ma Bo. Application Analysis of Passive Optical Network Technology in Power Distribution Network[J]. China Urban Economy, 2011(14): 160-163.
- [2] 陈亮.无源光网络(EPON)技术在电力光纤入户与配网自动化中的应用[J].河北电力技术,2014,33(4):38-40.  
Chen Liang. Application of Passive Optical Network (EPON) Technology in Power FTTH and Residential Distribution Automation[J]. Hebei Electric Power, 2014, 33(4): 38-40.
- [3] 汪明达. EPON技术在电力配网自动化中的应用[J].网络与信息,2010(9):39-40.  
Wang Mingda. The Application of EPON Technology in Power Distribution Automation[J]. Network &

- Information, 2010(9): 39-40.
- [4] 国海, 陈松, 权悦. 配电网自动化通信方案的对比及应用设计[J]. 电子技术, 2008, 45(9): 25-27.  
Guo Hai, Chen Song, Quan Yue. The Application Design and Contrast of the Communications Scheme in Distribution Automation[J]. Electronic Technology, 2008, 45(9): 25-27.
- [5] 郭滨钊. 配电网自动化及其通道模式研究[D]. 郑州: 郑州大学, 2007.  
Guo Binzhao. Distribution Automation and Channel Model [D]. Zhengzhou: Zhengzhou University, 2007.
- [6] 黄振洲. 电力系统配网自动化的技术分析[J]. 广东科技, 2008(8): 105-106.  
Huang Zhenzhou. Technical Analysis of Electricity Distribution Network Automation Systems[J]. Guangdong Science and Technology, 2008(8): 105-106.
- [7] 丘刚, 高沁翔. 载波通信在配网自动化工程中的应用[J]. 浙江电力, 2007(6): 58-60.  
Qiu Gang, Gao Qinxiang. Application of Carrier Communication in Distribution Automation[J]. Zhejiang Electric Power, 2007(6): 58-60.
- [8] McGarry M P, Reisslein M, Mailer M, et al. WDM Ethernet Passive Optical Networks[J]. IEEE Commun. Magazine, 2006, 44(2): 18-25.
- [9] Kramer G. Passive Optical Network Update E-PON[J]. IEEE Communications Magazine, 2007, 45(3): 6-8.
- [10] 孙茜. 太原南城区配网自动化技术方案及实施[D]. 北京: 华北电力大学, 2012.  
Sun Qian. Distribution Automation Technology Solutions and Implementation of South City Zone in Taiyuan[D]. Beijing: North China Electric Power University, 2012.
- [11] 兰海. 配电网自动化在博兴电网的应用[D]. 济南: 山东大学, 2012.  
Lan Hai. Application of Distribution Automation in Boxing Power Grid[D]. Ji'nan: Shandong University, 2012.
- [12] 张大伟. 白银城区配电网自动化建设方案研究[D]. 北京: 华北电力大学, 2013.  
Zhang Dawei. Research on Construction Scheme of Distribution Automation BaiYin City[D]. Beijing: North China Electric Power University, 2013.
- [13] 陈雷, 刘伟. 铁东变电站配网自动化监控系统的设计与实现[J]. 煤矿现代化, 2011, 100(1): 119-121.  
Chen Lei, Liu Wei. Design and Implementation on Automatic Monitoring System of Distribution Automation in Tiedong [J]. Coal Mine Modernization, 2011, 100(1): 119-121.
- [14] 牛全保, 邢军, 陈磊. 陕西电网配网自动化有关问题探讨[J]. 陕西电力, 2009, 37(7): 69-72.  
Niu Quanbao, Xing Jun, Chen Lei. Probe into Distribution Automation in Shaanxi Power Grid[J]. Shaanxi Electric Power, 2009, 37(7): 69-72.

(责任编辑: 申剑)