



智能光纤监测技术在电力光通信中的应用

王勇峰, 娄春娇, 刘润宾

(中兴通讯股份有限公司, 江苏 南京 210012)

摘要:智能光纤监测技术(eODN)是光纤通信先进的网络运维技术。首先进行了智能电网光纤网络运维分析,然后从eODN基本原理、应用可行性、故障处理建议、市场应用方面分析了eODN技术在智能电网光通信中的应用可行性。eODN可实现电力光纤网络的智能化管理,提升电力光纤通信的可靠性和网络维护的便捷性。

关键词:OTDR;光链路监测;故障定位;状态预警;网络运维

中图分类号:TN913.7

文献标识码:A

doi: 10.11959/j.issn.1000-0801.2017052

Application of intelligent optical fiber monitoring technology in power optical communication

WANG Yongfeng, LOU Chunjiao, LIU Runbin

ZTE Corporation, Nanjing 210012, China

Abstract: Intelligent optical fiber monitoring technology (eODN) is the advanced network operation and maintenance technology in optical fiber communication. Firstly, the operation and maintenance analysis of the intelligent grid fiber network was carried out. Then, the feasibility of eODN technology in intelligent optical communication was analyzed from the basic principles of eODN, application feasibility, proposal of fault treatment and market application. eODN can realize the intelligent management of power optical fiber network, enhance the reliability of power optical fiber communication and the convenience of network maintenance.

Key words: optical time-domain reflect meter, optical link detection, fault location, state warning, network operation and maintenance

1 引言

2009年5月21日,国家电网公司首次向社会公布了“智能电网”的发展计划,并初步披露了其建设时间表,将于2020年全面建成统一的“坚强智能网”。

智能电网就是以特高压电网为骨干网架,以各级电网协调发展的坚强电网为基础,利用先进的通信、信息和控制技术,构建以信息化、自动化、互动化为特征的统一坚强

智能电网。涵盖所有电压等级,由发电、输电、变电、配电、用电、调度等环节有机组成。“统一”是前提,“坚强”是基础,“智能”是关键。

通信支撑是坚强智能电网的重要组成部分,而基于EPON(Ethernet passive optical network,以太网无源光网络)的光纤通信以其无源可靠、经济高效、高速和远距离覆盖的特性,在智能电网配电自动化、用电信息采集和电力光纤到户的建设过程中得到了成熟和广泛的应用,不断提高

配电、用电的效率和电力网络的可靠性。智能光纤监测技术(eODN)是光纤通信先进的网络运维技术,本文尝试将eODN技术应用于智能电网EPON系统,分析光网络智能管理、光链路监测、状态预警和故障精确定位等应用的可行性。

2 智能电网光纤网络运维分析

2.1 配电自动化光通信网络

自2009年国家电网公司发布“智能电网”计划以来,配电自动化建设在全国范围内全面铺开,江西、河北、贵州、广东、江苏、上海、福建、湖南、宁夏、青海、吉林等众多省市都陆续进行了地市电网改造。基于EPON的配电自动化方案将OLT放置于变电子站,各个变电子站位于SDH/MSTP传输环上,变电子站通信层完成通信终端的汇聚并通过SDH/MSTP与主站系统进行通信。OLT出2个PON口组成2条链互为备份,各个开闭所、环网柜或柱上开关处的ONU通过双PON口分别连接到这2条链上,每条链上的分光器均采用1x2非等分分光器,双PON口可以提供高可靠性。终端信息层采用的电力定制ONU提供FE、RS232、RS485等接口与RTU、FTU、TTU、DTU等设备互联,并且能适应各种恶劣环境。主站系统控制层完成信息提取、分析以及优化等各种管理功能,并完成对通信汇聚设备、通信终端设备的管理。配网自动化整体组网结构如图1所示。

随着EPON配电网络在全国范围内大规模建设及应用,

电力配电稳定性和可靠性得到了大幅提升,进一步夯实了国网公司的品牌形象,提高了客户满意度。然而,我国国土广袤、地域辽阔,西部燥热、北部高寒、南部湿热、东部多雷雨,复杂的自然环境为EPON配网自动化系统的日常管理和维护设置了众多障碍,如何实现海量光纤网络的监管维护、如何快速定位和恢复光纤节点故障就显得尤为重要。

2.2 用电信息采集光通信网络

基于EPON的用电信息采集解决方案中,OLT放置于变电子站,各个变电子站位于SDH/MSTP传输环上。OLT可以出1个PON口组成1条链,各个配电房集中器处的ONU可以通过PON口连接到这条链上,分光器采用1x2非等分分光器。如果集中器的位置比较集中,也可以采用等分光器进行星型连接。终端信息层采用的ONU可以提供FE、RS232、RS485等接口与RTU、FTU、TTU、DTU等设备互联,并且能适应各种恶劣环境。主站系统控制层主要完成用电信息的提取、分析以及优化等各种管理功能,并完成对通信汇聚设备、通信终端等设备的管理。对于光纤无法覆盖的配电房,可以辅以无线的方式进行用电信息采集。用电信息采集整体组网结构如图2所示。

用电信息采集系统和配网自动化系统可以共用EPON光纤网络,同样存在因为环境气候等自然因素导致的光纤网络稳定性问题,而且电力抄表系统网络庞大、终端海量,通常出于建设成本考虑,光纤网络不会采用手拉手等复杂

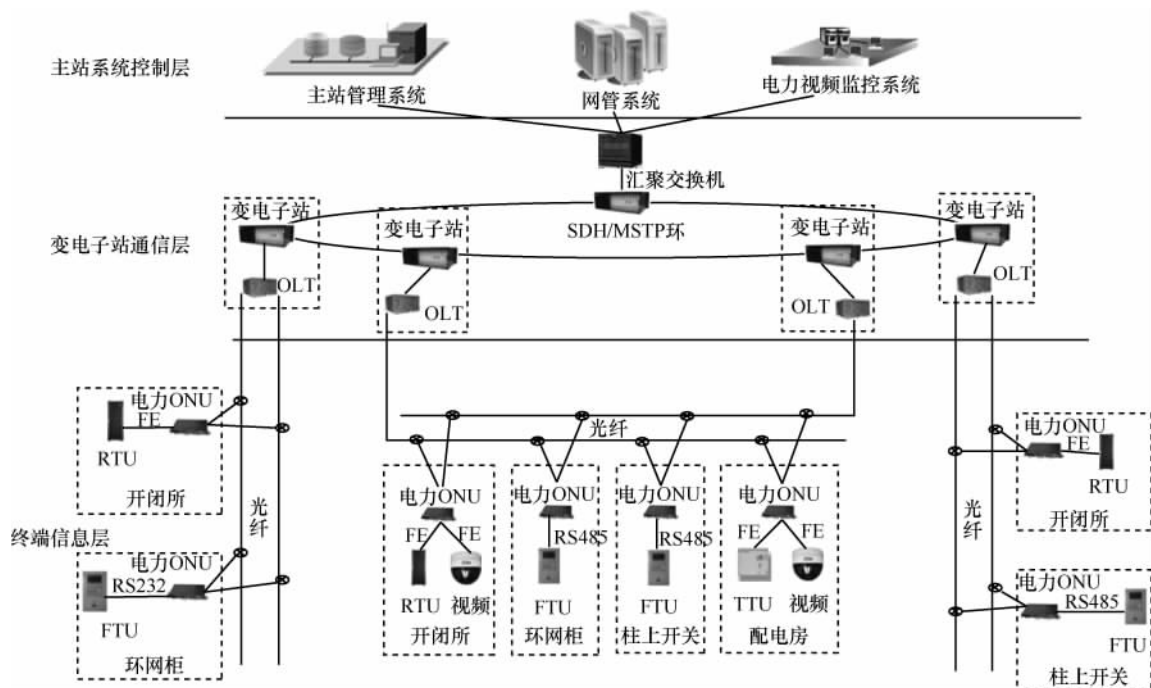


图1 配网自动化整体组网结构

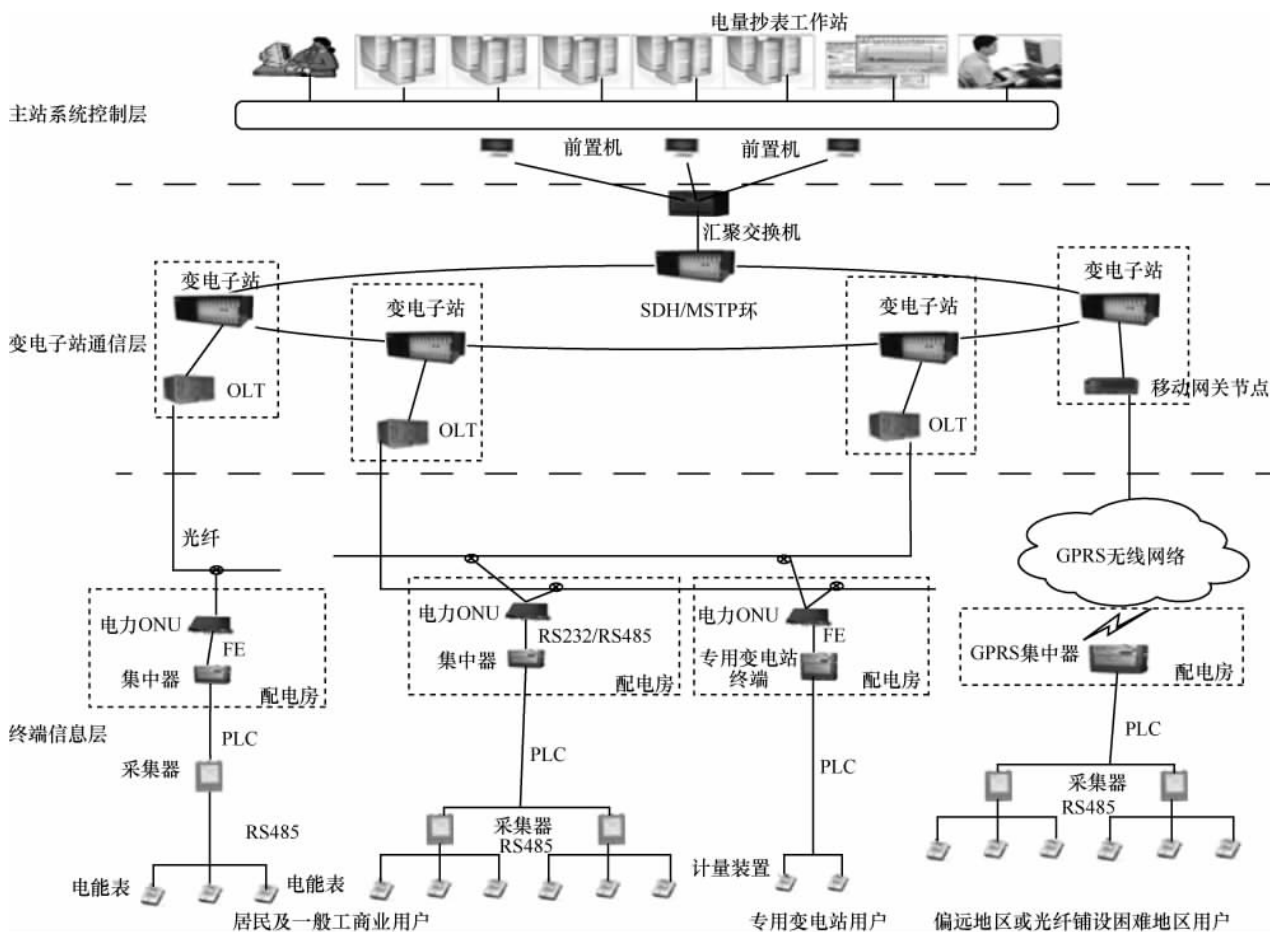


图2 用电信息采集整体组网结构

的全网络保护方式,为了保障用电信息采集的准确性和实时性,光纤网络运维系统的状态实时监测及故障定位功能,成为用电信息采集的一个新课题。

2.3 电力光电到户光通信网络

随着国家电网公司智能电网建设的逐步开展,配电、用电环节通信对EPON的需求日益明确。在智能电网用电环节,采用光纤复合低压电缆(optical fiber composite low-voltage cable, CPLC)配合EPON技术实现光纤入户,既能够实现居民用户的用电信息采集,也能够满足智能电网信息化、自动化、互动化的需求和集电信网、电视网、互联网为一体的“三网融合”要求。

相比运营商推出的光纤入户技术,其本质是一样的,只是在最后入户线缆铺设时更具便利性,可大幅降低铺设成本。由于OPLC的出现,电网在对新建小区进行电缆铺设的同时,即可将光缆铺设入户。电力光纤到户(power fiber to the home, PFTTH)整体组网结构如图3所示,完美地实现了语音、数据、IPTV、CATV、智能家居等业务的融合。

PFTTH建设的直接结果即电力光纤网络一步到位、彻底走进百姓家庭,用户接入带宽最高。该种模式下,光纤末端节点最靠近用户,同时光纤链路出现故障的可能性也大大增加,排除自然环境因素干扰以外,还需考虑各种人为因素造成的网络稳定性及可靠性问题,比如用户侧挖地、施工等造成的光纤断裂、弯曲等,如何快速、准确地定位故障地点和故障类型成为一个难题。

3 eODN在智能电网光通信中的应用可行性

3.1 eODN基本原理

基于光时域反射仪(optical time-domain reflect meter, OTDR)的eODN智能光纤网络监测技术主要通过发送测试光脉冲到光纤内,然后对反射回的光进行检测。光纤末端、光纤断裂以及连接器等事件可以通过脉冲的反射反映到OTDR上,OTDR根据光反射回来所花费的时间来确定每个事件的距离。eODN智能光纤监测基本原理如图4所示。

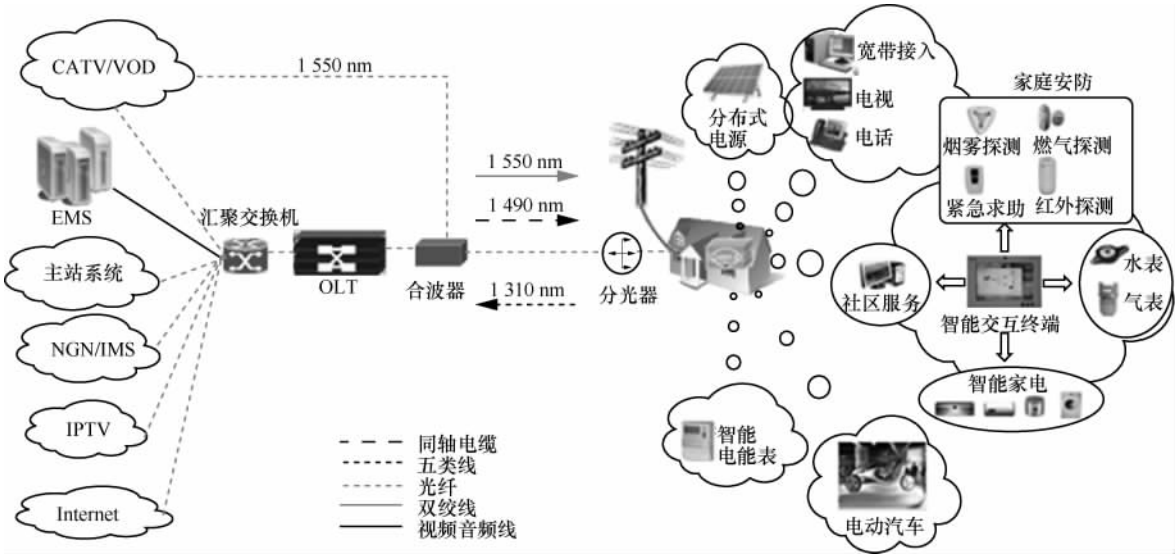


图 3 电力光纤到户整体组网结构

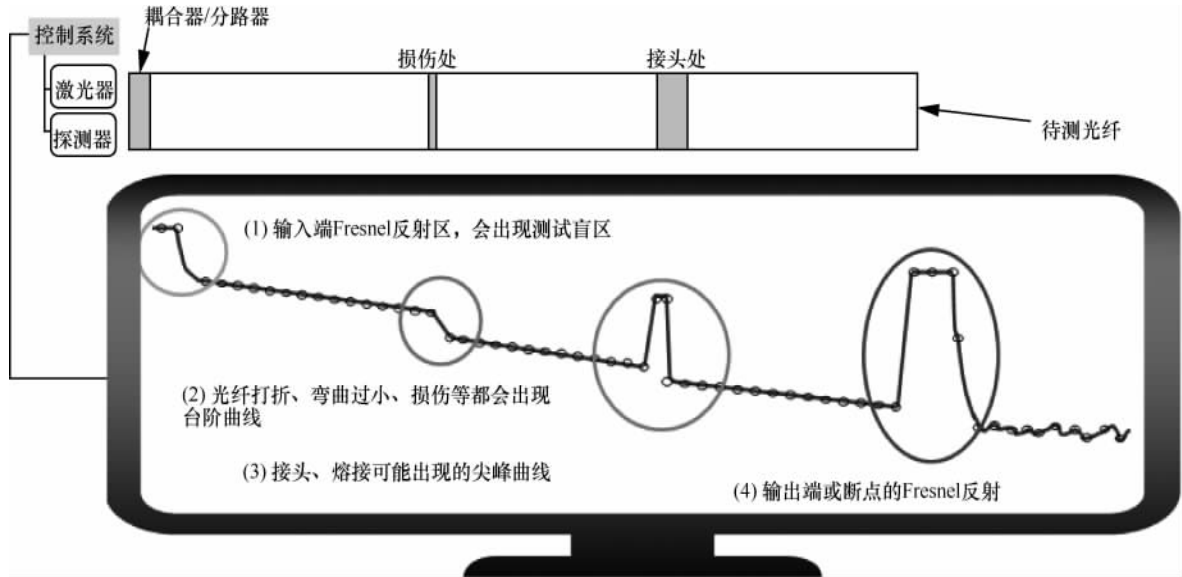


图 4 eODN 智能光纤监测基本原理

采用 eODN 智能光纤网络监测技术进行光链路状态监测和故障定位,采用双色曲线对比光路新旧事件。在光路状态正常情况下,启动 OTDR 测试,将健康数据曲线存储下来;在网络运行过程中,OTDR 测试数据实时刷新并同健康数据实时对比,从而实现光路的实时、在线、性能监测;在光路出现故障以后,OTDR 测试的测试结果与健康参数数据将会出现明显差异,系统发生预警,通过两条曲线数据差异的对比分析即可获得故障点精确位置。eODN 智能光纤监测曲线对比如图 5 所示。

3.2 应用可行性分析

根据电力常见 EPON 链式组网设定如下模型:手拉手

12 级组网,每个节点采用 1×2 的非等分分光器,非等分的分光器的规格采用 10:90(插入损耗 10.6 dB),每个分光器有 2 个熔接点与 1 个活动连接头,两侧使用的 ODF 各有 2 个熔接点与 1 个活动连接头,光纤采用 G.652D (上行损耗 0.35 dB/km,下行损耗 0.21 dB/km)。电力配电自动化组网模型如图 6 所示。

功率预算=活动连接头衰减+熔接点衰减+光缆线路衰减+分光器衰减+工程余量(工程余量取 1.5 dB),该组网模型下分光器衰减、线路衰减及总衰减情况见表 1~表 3。

结合实际工程数据,检测数据门限设置一般情况定义:非反射事件门限设置为 0.01 dB;反射事件门限设置

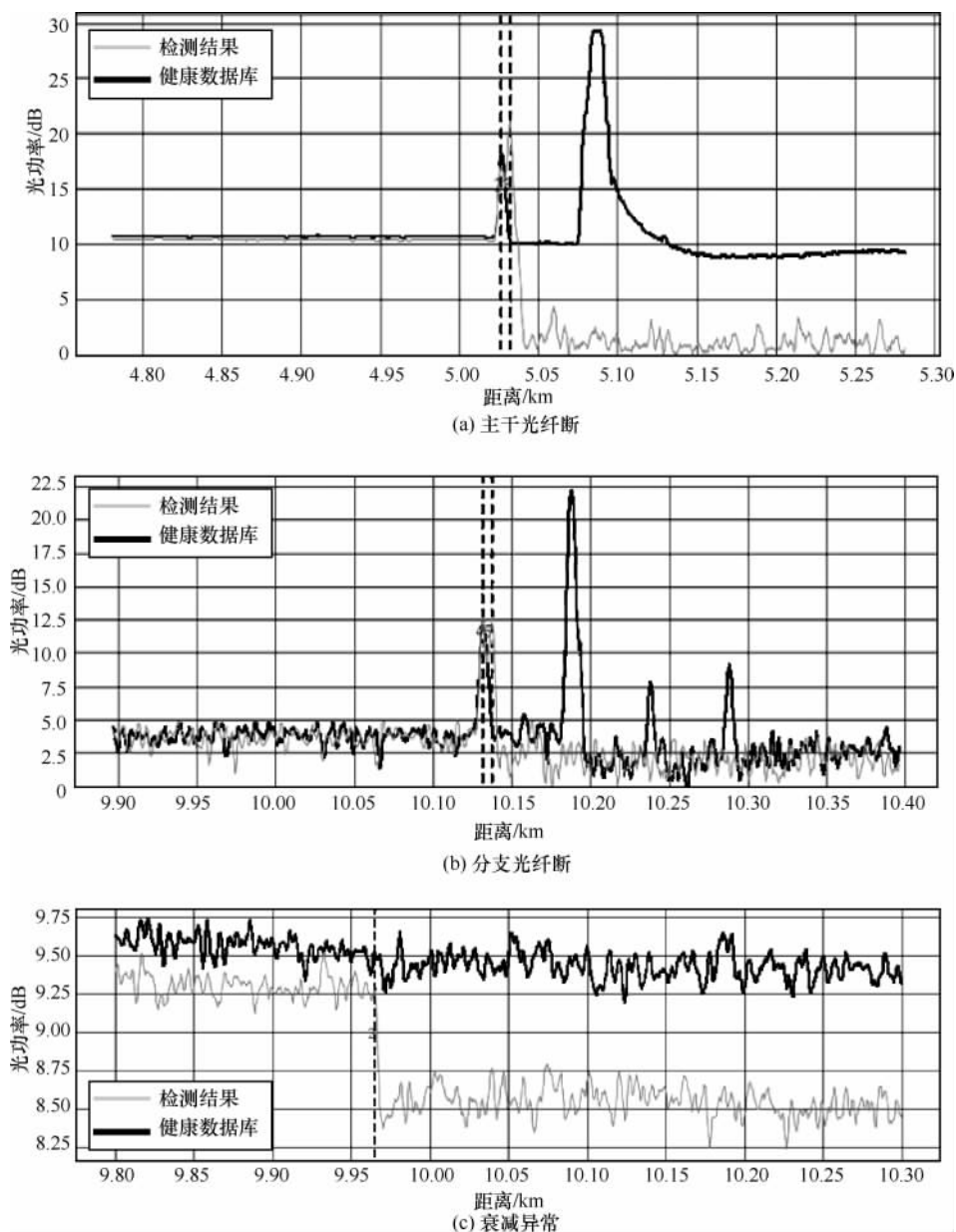


图 5 eODN 智能光纤监测曲线

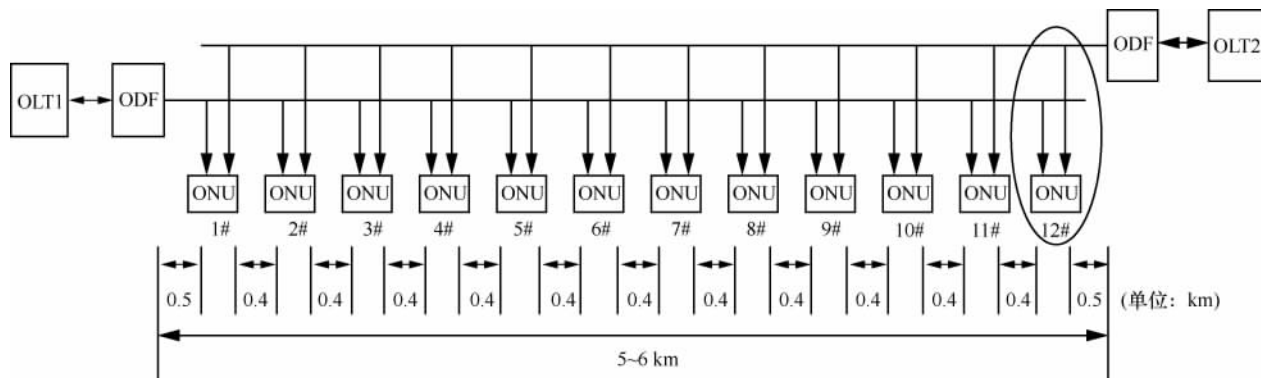


图 6 电力配电自动化组网模型

表 1 分光器衰减计算结果

ONU ID	分光器 ID	分光比率	分光器 1 口衰减/dB	分光器 2 口衰减/dB	衰减/dB
1	1-1	10:90	10.6	0.6	10.6
	1-2	10:90	10.6	0.6	17.2
2	2-1	10:90	10.6	0.6	11.2
	2-2	10:90	10.6	0.6	16.6
3	3-1	10:90	10.6	0.6	11.8
	3-2	10:90	10.6	0.6	16
4	4-1	10:90	10.6	0.6	12.4
	4-2	10:90	10.6	0.6	15.4
5	5-1	10:90	10.6	0.6	13
	5-2	10:90	10.6	0.6	14.8
6	6-1	10:90	10.6	0.6	13.6
	6-2	10:90	10.6	0.6	14.2
7	7-1	10:90	10.6	0.6	14.2
	7-2	10:90	10.6	0.6	13.6
8	8-1	10:90	10.6	0.6	14.8
	8-2	10:90	10.6	0.6	13
9	9-1	10:90	10.6	0.6	15.4
	9-2	10:90	10.6	0.6	12.4
10	10-1	10:90	10.6	0.6	16
	10-2	10:90	10.6	0.6	11.8
11	11-1	10:90	10.6	0.6	16.6
	11-2	10:90	10.6	0.6	11.2
12	12-1	10:90	10.6	0.6	17.2
	12-2	10:90	10.6	0.6	10.6

表 2 光纤链路损耗计算结果

ONU ID	分光器 ID	PON 口 ID	熔接点数量/个	活动连接头数量/个	连接衰减损耗/dB	到 OLT1 距离/km	上行衰减损耗/dB	下行衰减损耗/dB	工程余量/dB	线路总衰减/dB
1#	1	1	3	2	0.9	0.5	0.175	0.105	1.5	2.575
	12	2	25	13	6.4	4.9	1.715	1.029	1.5	9.615
2#	2	1	5	3	1.4	0.9	0.315	0.189	1.5	3.215
	11	2	23	12	5.9	4.5	1.575	0.945	1.5	8.975
3#	3	1	7	4	1.9	1.3	0.455	0.273	1.5	3.855
	10	2	21	11	5.4	4.1	1.435	0.861	1.5	8.335
4#	4	1	9	5	2.4	1.7	0.595	0.357	1.5	4.495
	9	2	19	10	4.9	3.7	1.295	0.777	1.5	7.695
5#	5	1	11	6	2.9	2.1	0.735	0.441	1.5	5.135
	8	2	17	9	4.4	3.3	1.155	0.693	1.5	7.055
6#	6	1	13	7	3.4	2.5	0.875	0.525	1.5	5.775
	7	2	15	8	3.9	2.9	1.015	0.609	1.5	6.415
7#	7	1	15	8	3.9	2.9	1.015	0.609	1.5	6.415
	6	2	13	7	3.4	2.5	0.875	0.525	1.5	5.775
8#	8	1	17	9	4.4	3.3	1.155	0.693	1.5	7.055
	5	2	11	6	2.9	2.1	0.735	0.441	1.5	5.135
9#	9	1	19	10	4.9	3.7	1.295	0.777	1.5	7.695
	4	2	9	5	2.4	1.7	0.595	0.357	1.5	4.495
10#	10	1	21	11	5.4	4.1	1.435	0.861	1.5	8.335
	3	2	7	4	1.9	1.3	0.455	0.273	1.5	3.855
11#	11	1	23	12	5.9	4.5	1.575	0.945	1.5	8.975
	2	2	5	3	1.4	0.9	0.315	0.189	1.5	3.215
12#	12	1	25	13	6.4	4.9	1.715	1.029	1.5	9.615
	1	2	3	2	0.9	0.5	0.175	0.105	1.5	2.575



表 3 总衰减计算结果

ONU ID	分光器衰减/dB	线路衰减/dB	总衰减/dB
1	10.6	2.575	13.175
	17.2	9.615	26.815
2	11.2	3.215	14.415
	16.6	8.975	25.575
3	11.8	3.855	15.655
	16	8.335	24.335
4	12.4	4.495	16.895
	15.4	7.695	23.095
5	13	5.135	18.135
	14.8	7.055	21.855
6	13.6	5.775	19.375
	14.2	6.415	20.615
7	14.2	6.415	20.615
	13.6	5.775	19.375
8	14.8	7.055	21.855
	13	5.135	18.135
9	15.4	7.695	23.095
	12.4	4.495	16.895
10	16	8.335	24.335
	11.8	3.855	15.655
11	16.6	8.975	25.575
	11.2	3.215	14.415
12	17.2	9.615	26.815
	10.6	2.575	13.175

为-40 dB;光纤末端/结束门限设置为 3.0 dB;前端板连接器警告级别设置为-30 dB。对于上述电力 12 级手拉手光网络模型,eODN 智能光纤监测技术可完全满足其检测需求。

3.3 eODN 在电力光通信节点故障处理应用建议

基于 OTDR 技术的 eODN 智能光纤监测系统是针

对光纤网络的实时、在线、性能监测的专用平台,可实现光纤障碍的快速、精确定位,该系统由 eServer 网管平台和 eOMU 硬件组成。eServer 网管平台实现光纤测试数据的收集和分析,测试控制、健康库数据存储和对比,地理、光纤端口信息查询等功能;eOMU 硬件由 OTDR 模块、光纤交换矩阵、合波器、光源、控制模块、电源模块等功能模块组成,执行对光纤网络的监测。针对电力配电自动化、用电信息采集和电力光纤到户等 P2MP 组网场景,eODN 智能光纤监测系统可以提供更加丰富的光链路检测功能,详见表 4。

在上述电力配电自动化建设模型下,该监测技术节点故障处理如下。

如果 OLT 上的某个 PON 口下节点 5 到节点 12 的 ONU 下线,而节点 1 和节点 4 均在线,那么可以判断出节点 4 和节点 5 之间的主干光纤断;将 1×N 光开关 OSW 切换到该 PON 口,通过 OTDR 设备可以判定出节点 4 和节点 5 之间的光纤断点的具体位置,精度为 5 m。

如果 OLT 上的某个 PON 口下节点 5 的 ONU 下线,而其他节点的 ONU 均正常,那么可以判定节点 5 的分支光纤断或者节点 5 下的 ONU 损坏,如果是 ONU 损坏,则更换 ONU,如果是节点 5 的分支光纤断,在修复光纤的时候通过手持式 OTDR 即可判断分支光纤断点的具体位置,精度为 5 m。

以上举例的判断过程均由 eODN 智能光纤监测系统自动完成、无需人工参与,在光纤链路状态发生异常的情况下,可以及时产生预警;在故障已经发生的情况下,可以根据曲线类型迅速判定故障原因,如果是光纤断则告警的同时还可以判断出断点的位置。

3.4 eODN 的市场应用

作为国际领先的智能光纤监测技术,eODN 已成功应

表 4 eODN 智能光纤监测典型功能

通用功能	P2MP 网络增强测试项目		
	位置	检测对象	检测类型
监测光路性能劣化,预警隐患	主干光纤	主干光纤断纤异常	光纤断纤
快速确认事件位置,地图直观呈现			连接器损坏
曲线显示,利用健康库、联合网管,智能分析事件,提供准确的文字结论		主干光纤衰减异常	宏弯衰减
带业务在线测试			光纤断纤(成角)
快速控制,按需、轮询、定时测试	分光器	分光器损坏/衰减	接头盒/连接器/熔接点衰减(污染或进水)
测量光纤的距离、损耗、衰减系数			光纤传输衰减(老化)
测量光纤连接器件的损耗变化			分光器损坏/衰减
	分支光纤	分支光纤断纤异常	光纤断纤
			连接器损坏

用于国内外电信运营商及政企网行业领域,如重庆移动、海南移动、内蒙古移动、辽宁移动、山东移动、江苏移动等,海南联通、广东电信、中国中原油田、葡萄牙 DStelecom&Blu、哥伦比亚 ETB 等的市场应用规模累计近百万端口。

在传统 ODN 建设模式下,客户对 ODN 的管理、运维大部分工作借助于手工方式完成,对故障响应慢、资料录入慢、错误率高,已经无法满足 FTTH 建设下海量光纤管理需求。针对这种情况,中原油田决心引入智能化 ODN 管理,项目一期共建设 48 芯 eODF 5 套,72 芯 eODF 2 套,主要完成对新建绿景花园等小区的 ODN 智能化建设,以此大幅提升了全光接入网建设下 ODN 信息化水平,实现全天候在线式智能光纤管理,大大减轻了维护压力,为后续全网规模建设智能化 ODN 奠定了基础。

本期项目同时建设 7 套中兴 eMonitor 光纤检测系统,分别在中原油田去往 7 个地区局的主干光纤,采用暗光纤检测方式实现局向主干光纤 7×24 h 联网式检测,实现了“早发现、早定位、早处理”,项目实施后维护人员光纤故障处理时间平均下降了 60%,大大提升了工作效率,为中原油田宽带接入系统的顽健性和稳定性提供了可靠保障。

4 结束语

结合电力配电自动化、用电信息采集和电力光纤到户等 EPON 接入网络的组网结构以及 ODN 网络的光功率损耗分析,基于光时域反射的智能光纤监测技术(eODN)完全可以满足电力光通信的网络运维管理的需求,解决故障的精确定位与光链路状态预警处理的难题,实现电力光纤网络的智能化管理,提升电力光纤通信的可靠性和网络维护的便捷性。

参考文献:

[1] 金晓静. OTDR 技术在 FTTx 网络运维中的应用与方案[J]. 中

兴通讯技术, 2014(6).

JIN X J. Application and scheme of OTDR technology in FTTx network operation and maintenance[J]. ZTE Technologies, 2014(6).

[2] 刘应强. 使用 OTDR 进行光缆故障定位的精确性研究[J]. 网络电信, 2002(10): 40-41.

LIU Y Q. Research on accuracy of cable fault location through OTDR[J]. Network Telecom, 2002(10): 40-41.

[3] 许鹏. 如何正确使用 OTDR 迅速准确判断光缆线路的故障[J]. 广播电视技术, 2008(4): 49-51.

XU P. How to quickly and accurately determine the optical cable fault through OTDR[J]. Radio & TV Broadcast Engineering, 2008(4): 49-51.

[作者简介]



王勇峰(1975-),男,中兴通讯股份有限公司固网产品资深专家、政企方案规划总工程师,主要从事能源、交通、智慧城市及互联网行业固定接入网综合方案和语音核心网 NGN 解决方案方向的研究工作。



娄春娇(1986-),女,中兴通讯股份有限公司固网产品经理、政企方案规划高级工程师,主要从事电力、铁路、教育行业固定接入网综合方案和语音核心网 NGN 解决方案方面的研究工作。



刘润宾(1983-),男,中兴通讯股份有限公司固网产品经理、政企方案规划高级工程师,主要从事电力、轨道交通、金融行业固定接入网综合方案和语音核心网解决方案方面的研究工作。