

基于IODN的智能光纤配线方案在电力系统10 kV及以下配电网通信中的应用研究

为了实现电力系统10 kV及以下配电网的自动化，进一步满足配电通信网络业务管理智能化需求，提出了一种面向10 kV及以下配电网通信的IODN智能光纤配线方案。

闫磊 李金友 陈劲涛 刘路川 高嵩 王文政/国网北京市电力公司信息通信分公司



闫磊/高级工程师

关键词/Keywords

IODN ·
ODN ·
智能光纤配线技术 ·
lField ·
运行成本 ·

0 引言

本文分析了传统ODN技术在10 kV及以下配电网通信网络应用中的不足，在此基础上设计了IODN技术应用的总体架构；在总体架构的基础上，给出了IODN技术在10 kV及以下配电网通信网络应用系统的分层解决方案，主要包括：网管系统NMS U2000-O、光纤诊断系统N2510、移动式智能管理终端。最后，以北京市某片区（含12个小区，12 048用户）实施其10 kV以下配电网的通信网络进行ODN升级为IODN的改造为案例进行了综合效益对比分析，IODN相比ODN五年总成本可节约15.45%。由此可以证明IODN智能光纤配线技术在电力系统10 kV及以下配电网中应用的正确性与可行性，促进了智能电网的发展。

1 应用现状

电力系统中10 kV及以下配电网具有结构复杂、配电设备数量多，支线多，分布广的特点，配网运行类业务具有接线复杂，分布范围广，通信点多、通信设备工作环境较差，基础数据库的信息量非常庞大的特点。

基于上述特点，系统全部采用光纤

通信技术来满足配电网运行类业务的通信需求。考虑到2015年配网大量建设的需求，不论是PON技术还是工业以太网交换机技术，都存在以下缺点：配线复杂，施工难度大，易出错，后期维护成本高。

IODN解决方案以智能管理、简化工程部署和面向未来为理念，有效减少了运营商的管理成本；基于长期的工程施工经验累积，以及快速定制服务，能够帮助运营商实现FTTH网络快速部署，从而赢得时间上的竞争优势；PON与NG-PON和谐共存，可实现网络的平滑演进和扩容。

1.1 传统ODN在10 kV及以下配电网通信应用不足

传统ODN技术在10 kV及以下配电网通信应用中主要存在以下问题：①资源利用率低。光纤海量增长，节点日益增多，大量端口沉没。②业务发放难度大。业务发放流程复杂，纸件工单传递效率低，信息不准确，开通误派单。③故障定位困难。路由信息不准确，维护误派单，故障定位耗时长、效率低，故障被动解决，投诉多。④投资浪费。依靠纸质标签管理易丢失，末梢设备无状态监控被闲置，光纤资源收集及上报由人员现场完成。由此可见，ODN网络的无源特性是ODN管理最大的阻碍。

1.2 IODN在10 kV及以下配电网通信应用的优势

IODN在10 kV及以下配电网通信应用中具备如下优势：①可视化施工，智能管理，快速定位。可视化施工可以让业务快速发放，智能管理可以让端口

100%可用,故障精确定位可以让系统高效运维。

②单点端口可知,端口利用率100%。端口资源可识别,端口状态清晰显示,eID代替纸标签,可靠不丢失,自动记录端口状态,端口利用率100%。

③设备资源可管,自动实时监控,杜绝开通误派单。实时监控设备状态,清晰反应内部单元模块信息,自动收集数据上传网管,及时刷新设备状态,自动下载巡检工单,自动巡检,自动生成巡检报告,设备资源信息100%准确,彻底杜绝开通误派单。

④E2E网络可视,精确定位,维护效率提升52.5%。网络拓扑可视化,资源分布一目了然;自动生成光路由,资源自动调配;GIS信息精确定位,降低维护误派单,维护效率提升52.5%。

⑤iODN 端到端自动业务开通流程,业务发放时间缩短50%。与资源管理系统对接,实现自动光路调度分配,工单发放和收集,完成全流程贯通;减少业务开通环节,支持容错式校验,将业务发放时间缩短了一半。

⑥智能工单管理,自动上传下载工单,零返工,零错误。网管系统自动配置光纤路由,自动下发工单到IField,零返工率;自动收集现场数据,自动上传网管,数据实时更新,准确率100%。

⑦可视化施工指导,现场施工验收,一次性开通成功率100%。施工过程流程化,界面信息详细提示用户操作步骤;施工操作可视化,自动控制端口亮灯状态,根据指示灯找端口;施工错误最小化,自动校验,跳纤错误有提示,降低施工错误率。

⑧30 s准确分责,3 m精确定位,减少误派单率20%~50%。专业的故障诊断系统,准确分责,减少误派单;一键故障分责,30 s划分故障范围;内置专家诊断系统,普通人员即可胜任;OTDR支持1、64分光比、3 m精确定位光纤故障位置,缩短故障修复时间。

⑨主动运维,降低用户投诉率40%;主动运维,用户感知之前,消除线路隐患,降低网络故障发生率;针对性维护,提高安全性。

1.3 IODN在10 kV及以下配电网通信应用中的技术关键点

本研究技术的关键点。具备自动融合现有光网络设备的能力,可以采用图形化的形式显示所有光纤和设备的信息,给用户直观的界面,便于维护,操作简单。

1.4 IODN在10 kV及以下配电网通信应用中的技术创新点

这套系统针对10 kV及以下配电网通信系统设计,用户可以通过手机等移动终端实现电力无源网络的管理和维护,可以准确查看光缆的使用情况和通道情况,彻底为用户解决光缆可视化问题。

2 基于IODN的北京电力系统10 kV及以下配电网通信应用解决方案

2.1 整体解决方案

(1) 电力控制与网管中心

安装一套IODN网管系统NMS U2000-O用于管理光纤连接节点设备和光纤管道管线资源;安装一套光纤诊断系统N2510对光缆路由故障监测和定位;NMS U2000-O网管和N2510通过北向接口将光分配网的告警信息上传给集中告警系统OSS。

(2) 110 kV/35 kV变电站及以下光分配网络

变电站放置OLT,用于基于PON技术机制的电力配网光通信,通过ONU接入xTU的各种光接入通信业务。放置智能光纤配线架IODF,用于OLT与ONU之间光纤的连接,在IODF实时供电情况下,实现对光纤资源的智能管理;配套一套移动式智能管理终端IField,用于在IODF不能实时供电的条件下,由IField替代网管系统实现对IODF的临时管理。

2.2 IODN方案网络架构

IODN是一个功能分层的系统解决方案,主要包括:智能光纤配线架IODF设备、网管系统NMS U2000-O、光纤诊断系统N2510和移动式智能管理终端IField。iODN方案的网络架构如图1所示

设备层。IODF设备,起到传输设备之间、OLT与ONU之间的光纤物理连接,并实现对光纤资源的智能管理。

管理层。网管系统NMS U2000-O,功能包括设备管理和端口管理、数据收集管理、设备巡检、IField管理和报警模块等。光纤诊断系统N2510:光纤故障诊断,故障类型判定,故障分责,丰富的告警。移动式管理终端IField:功能同网管系统,远端站点网管系统不能直接管理IODF设备时,代替网管系统临时对IODF设备管理。

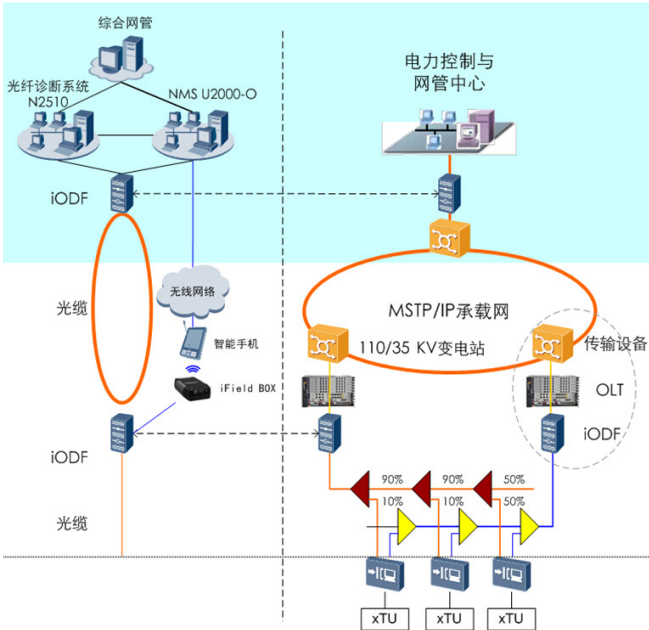


图1 IODN方案网络架构

2.3 IODN方案特点

(1) 端到端的光纤资源可视管理

通过智能光纤配线架IODF，我们可以通过网管系统实现对光纤资源的智能管理，包括端口资源、设备和光纤拓扑等在网管系统管理界面直观查看及操作管理。

(2) 业务快速发放

在基于100%准确的端口信息、光纤管道管线信息及光路由拓扑信息基础上，网管系统可以通过智能路由算法，快速地生成一条最优端到端的光路由，并自动生成电子工单进行派发，从而快速开通业务。

(3) 故障精确定位

N2510能自动识别到光纤故障的产生，精确定位故障点位置，判别故障的类型，从而指导快速修复光纤故障。

2.4 模块分析

2.4.1 网管系统NMS U2000-O

网管系统NMS U2000-O通过SNMP协议直接实现IODF设备实时监控，或者通过移动式智能管理终端iField收集设备信息回传的方式实现对IODF设备的非实时监控。网管系统与光纤诊断系统N2510之间通过内部接口实现资源信息共享，可在GIS地图上显示实时网络拓扑及故障位置信息。NMS U2000-O网管系统支持浏览器/服务器（B /

S模式）和客户机/服务器（C / S的）架构。

(1) 北向接口

作为北京电力的运营支撑系统，网管系统NMS U2000-O提供标准的北向接口（NBI），通过此接口，网管系统NMS U2000-O向运营支撑系统（OSS）提供准确的资源信息，实现工单信息的自动传递。

(2) 设备管理

网管系统NMS U2000-O系统提供了一个友好的图形用户界面，直观的设备面板，充分考虑用户的操作习惯，软件结构如图2所示。

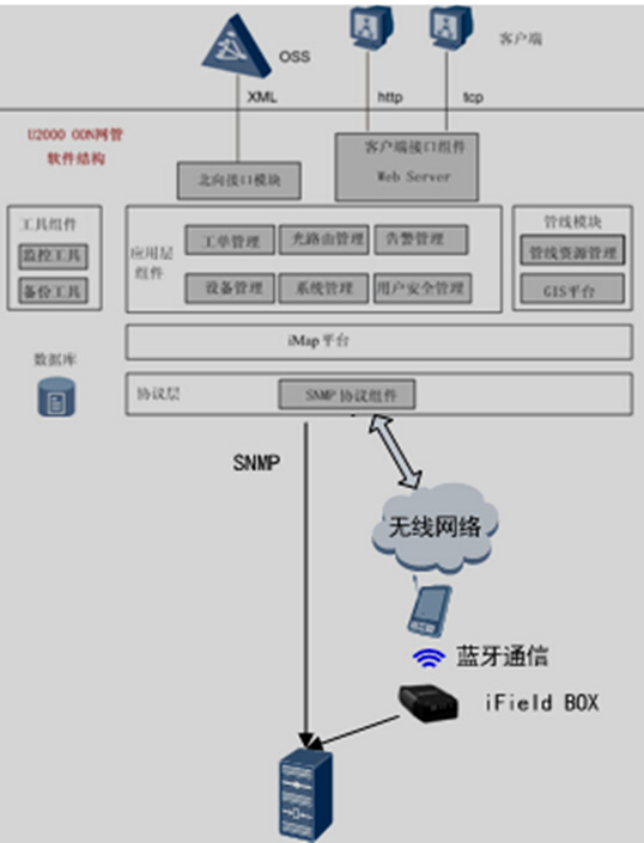


图2 U2000 ODN的软件结构

网管系统NMS U2000-O提供了SNMP协议，直接管理IODF设备，IODF设备的主处理单元MPU（Main Process Unit）收集IODF设备配置信息、端口资源、跳纤跳接关系、光纤链路以及光纤状态，通过互联网协议（IP）经网络同步信息到网管系统。

(3) GIS 位置信息管理

若运营支撑系统提供GIS地图或购买网管系统NMS U2000-O增值的GIS地图，光纤诊断系统利

用网络管理的信息资源，完整的光纤线路故障诊断，在GIS地图上进行定位。凭借GIS地图定位资源，如节点设备、光缆段和人手井，这些资源所在的位置将可视化，并能查看资源的详细信息。

(4) 光路由管理

网管系统NMS U2000-O提供光纤路由及故障快速识别的直观显示功能。通过显示所需的光路由和用户侧光路的名称，来帮助维护人员快速定位故障原因和位置信息。

网管系统NMS U2000-O可以通过自动调度光路由或手工配置光路由，实现所有业务光路由的生成。同时，可以通过端口信息、光链路编码及用户信息查询光路由和查询备用端口信息等操作，实现每个用户光链路拓扑的完整信息。

(5) 工单管理

网管系统NMS U2000-O提供工单管理管理，包括工单配置，下载和上传。U2000提供工单自动管理、工单过程管理和工单状态异常监测，确保正确施工。

(6) 安全管理

安全管理是对网络管理系统自身的安全控制。通过用户管理，操作管理和日志管理以及安全政策范围，确保网管系统NMS U2000-O的网络安全管理。

(7) 告警管理

网管系统NMS U2000-O提供统一的告警监控，如网络范围内的告警面板和告警浏览。可以帮助用户确定网络的实时运行状态。还提供告警案例集，对通用告警的查询规则进行汇总，有利于将来的查询和监督。

网管系统NMS U2000-O提供了各种不同的告警通知方式。它可以在任何时候将光分配网的告警远程通知给维修工程师。因此，维修工程师能够迅速并有效地定位故障。

(8) 系统管理

网管系统NMS U2000-O提供监控和系统管理的日志管理功能。可以记录对系统的操作和系统中发生的重要事件，从而达到对系统的监测和维护的目的。

2.4.2 移动式智能管理终端IField

IField (Intelligent Field) 是智能光纤配线架

IODF与网管系统NMS U2000-O之间通信的桥梁。安装有IField软件智能手机(基于Android系统)负责收集和上载端口的连接关系，以确保端口信息数据能够实时上传给网管系统。

IField包含智能光纤管理终端IField Box和IField软件两个组件。IField Box是一个智能光纤管理终端，负责给无源设备提供临时电源，并且与设备通过USB或RJ485通信电缆通信。手机通过蓝牙与IField Box通信，将收集到的信息完成回传。

(1) IField架构

IField软件包安装在Android智能手机终端上，是光纤基础网络与U2000-O网管系统之间的桥梁，架构如图3所示。

在施工现场通过无线的方式，IField从网管系统NMS U2000-O系统上下载工单，收集IODF设备的端口信息，现场比对并生成差异化报告，实时将端口连接关系发送到网管系统系统。



图3 IField架构

(2) IField功能描述

账户管理。定期更改密码，确保帐户安全。

智能工单管理。从网管系统NMS U2000-O自动下载工单信息，并自动通知用户。根据站点位置，将工单进行分类。将端口连接信息自动回传到网管系统NMS U2000-O系统，对施工进度及时反馈，提高施工人员的工作效率，保障网络资源数据的准确性。

现场施工指导。通过可视化界面，结合端口亮灯指示，指导现场施工人员操作，以避免人为错误。

IODF设备管理。配置设备的信息通过工作订单或手动配置，并支持IODF设备自动升级。

自动检测。从网管系统NMS U2000-O下载工单，自动检查IODF设备，收集端口信息，比较

设备信息和网管系统NMS U2000-O系统的资源信息，生成差异化报告，最后回传给网管系统。自动资源收集和回传：在没有巡检工单的情况下，可以采取主动收集并回传设备资源信息给网管系统，提高业务灵活性。

光路由查询。可以通过端口、链路编码和客户信息等多种方式，查询端到端的光路由信息，以帮助快速定位用户光路故障位置。

2.4.3 光纤诊断系统N2510

(1) 系统组网结构

基于Web客户端访问的光纤诊断系统服务器通过DCN网络访问每个站点部署的FTU（FTTx Test Unit）FTTx测试单元和OSU（Optical Switch Unit）光交换单元，通过指令控制其扫描对应的光链路性能。FTU与OSU之间通过光纤连接。系统组网结构如图4所示。

(2) 系统特点

快速分责。通过快速检测OLT和IODF设备的状态信息，主机报警、性能和历史数据等，可以快速判断故障发生的区域，以实现快速的故障分责。

OTDR测试。FTU内置光时域反射仪OTDR，OTDR是基于瑞利散射和菲涅尔反射原理的精密检测仪器，测试光路衰减和判断ODN故障的位置。

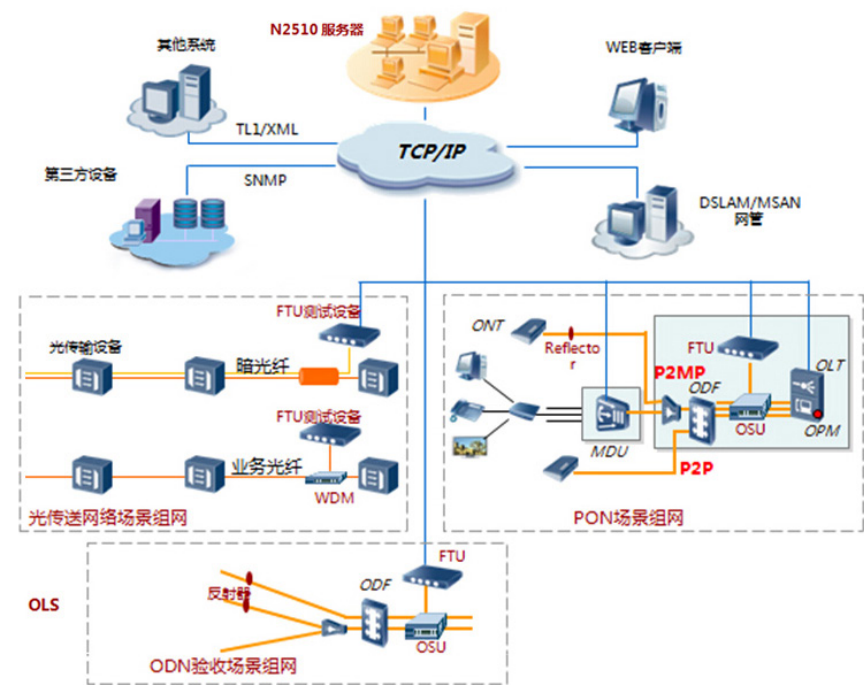


图4 光纤诊断系统组网结构

主动运维。光纤诊断系统的性能监控和预警功能支持系统监控光纤路由的光衰减情况，当产生性能预警后，可以自动或者手工触发光纤诊断系统对线路进行诊断测试。

2.5 IODN电力业务全流程自动开通

系统整体开通流程如图5所示，开通时间比ODN缩短50%。

1) 全业务流程的端到端发放。通过北向接口与上层系统对接，完成全流程贯通；自动进行有

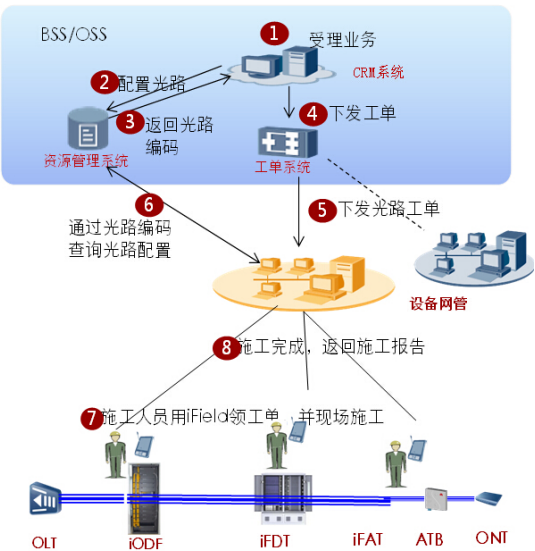


图5 IODN电力业务全流程自动开通流程图

效光路由分配，确保一次开通率。

2) 电子工单支持远程下载。电子工单取代纸件工单，工单调度自动化；通过无线网络远程下载，避免人工传递，提高传递效率。

3) 智能施工指导降低人员要求。现场无需打标签，配合LED灯指示，可实现傻瓜式操作；具有很强的容错性，降低了对人员的技能要求。

4) 自动记录回单数据自动刷新。iField自动记录施工结果，通过无线网

络自动回传；网管及资管数据自动刷新，无需人工输入，保证准确率。

5) 光路由自动调度，像2 M一样快速开通光纤业务。端到端路由自动计算，缩短了调度周期，满足海量业务调度需求；专利算法，自动计算最优路由，避免链路过多冗余，有效节省光缆资源；路由信息准确，光路100%可开通，降低返工率，光纤业务快速开通。

6) 有序施工，快速部署，提高业务发放效率。自动进行光路由分配，现场施工指引，确保光路高效开通；施工流程自动闭环，施工数据实时校验，资管数据自动刷新，确保100%准确。

7) 智能现场施工指导，一次开通零返工。施工过程流程化，界面信息详细提示用户操作步骤；施工操作可视化，自动控制端口亮灯状态，根据指示灯找端口；施工错误最小化，自动校验，跳纤错误提示，降低施工错误率。

8) 光纤批量预跳接，业务快速开通。批量预跳接。建设期批量预跳接，避免多次进站，节省成本；快速开通：改变传统ODN查资源、找路由、连链路的模式，业务免跳接，即插即用，提高开通效率。

9) 集群iMODF，解决核心机房超大容量管理调度难题。多架间跳纤转化为架内跳纤，跳纤多路由分区管理；端口点灯指引，海量端口轻松查找；支持走纤槽阻塞情况分析、计算，提供跳纤路由可视化指导。

3 结束语

为了实现北京市电力系统10 kV及以下配电网的自动化，进一步满足配电通信网络业务管理智能化需求，提出了一种面向10 kV及以下配电网通信的IODN智能光纤配线技术。设计了IODN技术应用的总体架构，给出了IODN技术在10 kV及以下配电网通信网络应用系统的分层解决方案，并以北京市某片区实施其10 kV以下配电网的通信网络进行ODN升级为IODN的改造为案例进行了综合效益对比分析，IODN相比ODN五年总成本可节约15.45%，从而证明IODN智能光纤配线技术在电力系统10 kV及以下配电网通信中应用的正确性与可行性，促进了智能电网的发展。

参考文献

- [1] 刘振亚. 智能电网技术 [M]. 北京: 中国电力出版社, 2010.
- [2] 马韬韬, 李珂, 朱少华, 等. 智能电网信息和通信技术关键问题探讨 [J]. 电力自动化设备, 2007, 30 (5): 87-90.
- [3] 权楠. 智能电网中的配电通信网关键问题探讨 [J]. 电信科学, 2010, 12A: 149-152.
- [4] 潘明明, 郝为民, 于东方. 智能电网用电侧物联网建设的研究 [J]. 电信科学, 2010, 12A: 15-17.
- [5] 张岚. 配电网自动化通信方式综述 [J]. 电力系统通信, 2008, 29 (186): 42-46.
- [8] ZhiXin T, ZhaoQing W. GPRS - based Fault Monitoring For Distribution Grid [C]. 2010 IEEE/ASME International Conference on Mechatronic and Embedded Systems and Applications, New York: IEEE Press, 2010: 99-102.
- [9] 聂伟峰, 余韵, 贺琪. 与无线自组网相结合的配电通信网络延伸方案 [J]. 工矿自动化, 2012 (7).
- [10] 高峰, 董亚波. 低压电力线载波通信中信号传输特性分析 [J]. 电力系统自动化, 2000, 24 (7): 36-40.
- [11] 林功平, 王开斌. 光纤通信技术在配电网自动化系统中的应用 [J]. 电力系统自动化, 1998, 22 (8): 64-66.
- [12] 黄盛. 智能配电网通信业务需求分析及技术方案 [J]. 电力系统通信, 2010 (6): 10-12, 17.
- [13] 席明湘, 等. 面向智能配电的混合通信网络架构与终端设计[J]. 电气应用, 2013 (增刊): 255-258
- [14] 杜兵. 物联网技术及其在智能电网建设中的应用研究[J]. 电气应用, 2012 (4): 41-45

作者简介

闫磊 (1980-), 男, 本科, 高级工程师, 主要从事光通信运行与检修。

(收稿日期: 2015-12-10) EA

(编辑: 张万英)