

中图分类号: TN915.853 文献标志码: B 文章编号: 2095-641X(2015)01-0032-05

大容量骨干光传输网络规划与建设

林航

(国网安徽省电力公司 信息通信分公司, 安徽 合肥 230061)

摘要: 通信骨干网是承载电力信息通信业务的高速公路。为解决逐年增加的数据业务需求带来的压力,国网安徽省电力公司应用新技术规划建设新一代的大容量骨干光传输通信网,优化网络结构,提升网络性能,提供更强的业务支撑能力和更可靠的业务保障。从业务需求、网络架构、技术路线 3 方面阐述了大容量骨干光传输网的规划设计,重点分析了对承载业务的接入和保护以及运行环境的建设,说明了项目建设带来的网络性能提升以及其他成果和效益,最后针对需求和技术发展趋势提出了下一步工作思路。

关键词: 大容量骨干光传输网络; OTN; 规划建设

技术研究与应用

0 引言

安徽省主干光通信传输网络经过多年的建设和发展,目前已经建成了南北 2 个带宽为 10 Gb/s、1 个带宽为 2.5 Gb/s 的主干传输网络,采用同步数字体系(Synchronous Digital Hierarchy, SDH)技术,综合承载各类信息通信业务。随着电网的快速发展以及电网生产、调度、营销、资源等信息化管理的深入,庞大的业务数据流对数据网络带宽造成了极大的压力。依据国家电网公司“十二五”通信网规划^[1],安徽电力“十二五”通信规划中提出应将省市数据业务通道带宽至少拓展至 2.5 G,但现有的网络带宽余量已不充足。根据国家电网公司制订的带宽流量计算方法统计,省骨干三个 SDH 环网的使用带宽均超过了 70%,空余 155 Mb/s 的时隙带宽数量极少。由此建设另一个覆盖省市公司通信节点的大容量骨干通信网络必要性凸显。综合考虑系统的效能、安全性、稳定性,决定采用先进成熟的光传送网(Optical Transport Network, OTN)技术,建设以 500 kV 变电站间互连 OPGW 光缆为框架的省内大容量骨干光

传输网,在合理的业务分配设计基础上和原 10 G 骨干环网共同承载信息和通信业务,并在原网络维护或故障应急时分享通道资源。

1 总体规划

1.1 业务需求

从电力信息业务粒度来看,大颗粒业务主要为逐渐壮大的基于 IP 的包括数据网络、高清视频会议系统、图像监控系统、软交换系统等信息通信业务,动态分配业务带宽。小颗粒业务主要是中心站到电厂、变电站或厂站节点间的电话、继保或安控通道等生产调度业务,业务带宽分配固定,对通道质量要求更高。相对于业务量变化较平稳的小颗粒业务,大颗粒业务的近年来爆发式的增长速度对主干网络带宽的压力巨大,其业务流向主要为省、市公司中心站间。因此在设计时,以大容量骨干光传输网络实现大颗粒电力信息通信等业务(10 GE、GE)的综合承载,作为“三集五大”的有力支撑。原有的 SDH 环网继续支持较小颗粒的调度生产业务,并可在需要时应用 OTN 上预留的 10 G 和 2.5 G SDH

应急备用通道。大容量骨干传输网业务设计如图 1 所示。

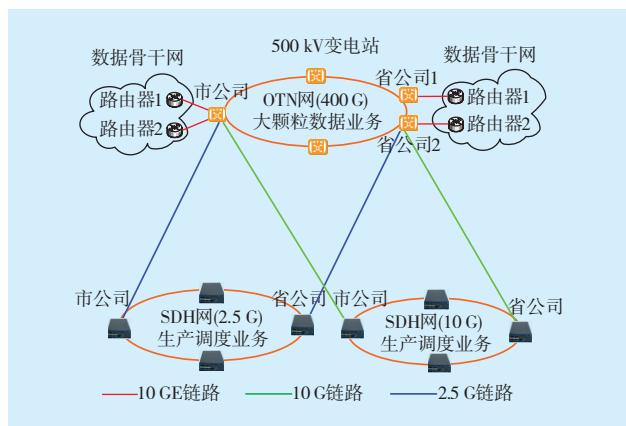


图 1 大容量骨干传输网业务设计

Fig.1 Business design of high capacity backbone transmission network

1.2 网络架构

从光纤可靠性角度看,500 kV 变电站间的光缆均随高压输电线路架设,可靠性较高,而省、市公司中心节点位于城市中心,入城光缆大多是地理管道光缆或 ADSS 光缆,光缆跳点多,衰耗大,可靠性低。因此,大容量骨干通信网络架构适宜采用“核心+汇聚+接入”的层次模式,以省公司等中心节点为核心层,承载大量业务;汇聚层主要依托骨干500 kV 变电站,依托电网主网架构建格型 Mesh 拓扑结构,提高网络可靠性。以市公司节点作为接入层采用 1+1 方式接入汇聚层,业务经过最短路上联汇聚节点。这样有利于形成清晰的网络结构和业务流设计。

1.3 技术路线

光传送网 OTN 是已形成 ITU 标准^[2]的大容量光网络通信技术,近几年发展迅速。在继承了早期密集波分复用大容量传输技术优点的基础上增加了类似 SDH 技术组网和电路调度的灵活性,目前在公用或专用网络均广泛应用。相对于早期的波分复用 (Wavelength Division Multiplexing, WDM) 技术,OTN 具有大颗粒调度和保护恢复、完善的性能和故障监测能力、更远的传输距离等优势,可实现多种业务信号封装和透明传输,大颗粒的带宽复用、交叉和配置^[3]。对于电力系统来说它和目前广泛应用的同步数字体系技术 SDH 各有应用价值。OTN 应用于骨干网层面,侧重于长距大容量传输,进行业务的汇聚,节省光纤资源。SDH 大部分在汇聚接入层,侧重于对于小颗粒业务接入,适合于网络容量较小、传输距离较近的光网络。经过合理设计,OTN 和 SDH 搭配应用于电力系统通信网络中可以互补并发挥各自的优势。

基于以上分析我们认为应当采用 OTN 技术,建立以省公司、省第二汇聚点为核心节点,500 kV 骨干变电站为汇聚层,市公司为接入节点的安徽省大容量骨干光传输网络。大容量骨干传输网拓扑如图 2 所示。

2 大容量骨干光传输网建设

2.1 网络规模

新建的安徽省大容量骨干光传输网络,基于 500 kV/ OPGW 光缆,采用网状网 (MESH) 结构,保证路由层的安全,网络本期节点均设于现已运行

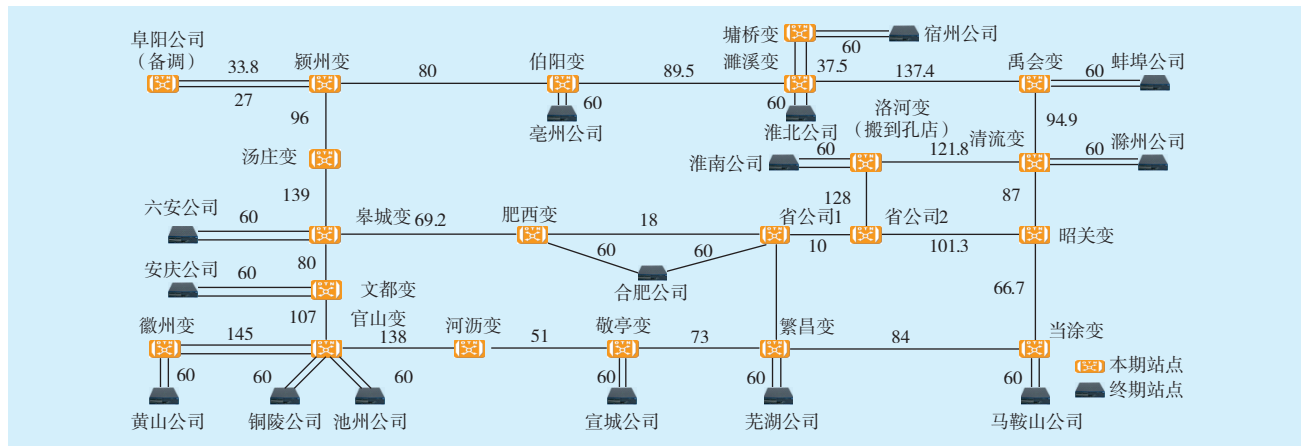


图 2 大容量骨干传输网拓扑

Fig.2 High capacity backbone transmission network topology

的 500 kV 变电站及安徽省主、备调度中心内,共计 21 个站点,最终将 16 个地市公司也纳入本网络内。本期工程中各站点的设备配置均考虑到将来每个地市公司通过 OTN 设备采用 2 个光方向的 1+1 方式与 500 kV 变电站 OTN 相连。工程采用 40 × 10 Gb/s 的波分系统,省公司及备调核心节点采用 3 台中兴 ZXONE8500 设备,500 kV 变电站采用 18 台 ZXONE8300 设备,均根据环境配置必要的板件和光放。设备的主控板、电源板都采用 1+1 冗余备份的工作方式,交叉板采用立方保护。

2.2 业务接入和汇聚

大容量骨干传输网以省公司中心站和省内第二汇聚点阜阳公司为核心节点,所承载的大颗粒业务主要位于核心节点与市公司之间,500 kV 变电站虽然是网络汇聚层的骨干节点,本身的视频、生产管理等业务带宽需求不大,因此采用以下设计。

1) 省公司 2 台核心节点分别开通 1 条 10 GE 业务到第二汇聚点,形成核心节点间的两两互联;

2) 16 个市公司分别开通 1 条 10 GE 业务链路到省公司核心节点,业务路由采用光子网连接保护 (Optical Data Unit Sub Network Connection Protect, ODUk SNCP) 保护方式,业务链路尽量均衡分担到省公司配置的两条 GE 业务到第二汇聚点,业务路由采用 ODUk SNCP 保护方式。GE 业务链路与 10 GE 业务链路之间为在线备用关系,当省公司核心节点失效的情况下,市公司到第二汇聚点的业务链路转为主用业务链路;

3) 每个 500 kV 变电站需开通业务到省公司和第二汇聚点,为减少对通道的占用,采用二次汇聚的方式,既将 4~5 个 500 kV 变电站的 GE 汇聚到一个 500 kV 变电站,然后该 500 kV 变电站再分别开通 1 条到省公司和第二汇聚点的 GE 业务;

4) 在网络中预留 1 个 10 G 的 SDH 通道及 1 个 2.5 G 的 SDH 通道,作为应急备用通道。

2.3 业务保护

由于大容量骨干传输网的业务基本为以省公司和第二汇聚点为中心的星型业务,业务颗粒均为 10 GE/10 G 或小于 10 G,经考虑后保护方式采用了 ODUk SNCP 保护方式^[4]。该种保护方式属于网连接保护,保护方式原理如图 3 所示。其利用电层交叉的双发选收进行保护,是一种专用点到点的保护机制,可应用于链型、环型、MESH 的网络结构中,

可对全部网络节点实行保护,保护切换时间在 50 ms 以内。该方式主要对线路板及其以后的单元进行保护,发送信号时源端客户侧经过光交叉单元双发到 2 个线路波长转换板,经过不同的光纤通向宿端。接收时同样。

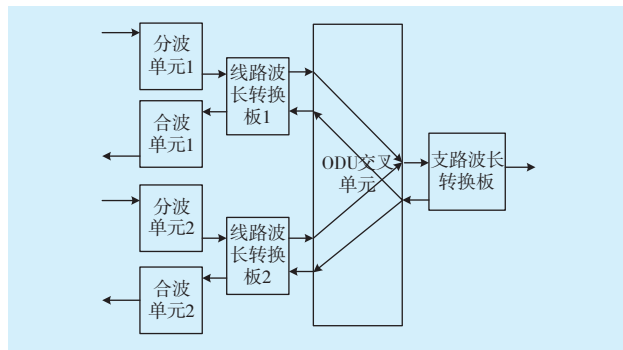


图 3 保护方式原理

Fig.3 Principle of protection mode

通过重路由恢复功能,大容量骨干光传输网所有业务均能设定业务恢复优先级和路由策略,为核心业务提供永久 1+1 保护,在主路径失效情况下,在 MESH 网构中的多条可达路径集合中,自动计算和建立最佳恢复路径。多条业务可共享保护恢复路径资源。

此外针对 SDH 业务建立应用 OTN 通道的保护隧道,可以在原 SDH 网故障应急的情况下将其所有业务使用大容量骨干网络资源透明传输至目的站点,形成了 SDH 环网本身通道以外的带外冗余保护。

2.4 性能及运行环境建设

新一代的安徽电力大容量骨干传输网,网络带宽 400 G; 核心节点业务交叉容量和接入容量提升至 3.2 T,可接入 10 GE/GE/FE、SDH、PDH、ATM 等各类业务; 实现 MESH 网状路径智能光网络业务保护,保护切换时间小于 50 ms。建设过程中精确测试计算了各业务通道的光信噪比 (Optical Signal Noise Rate, OSNR) 及残余色散。OSNR 示例见表 1 所列,结果充分满足设计指标要求。

大容量骨干网络长远解决了业务快速增长带来的网络容量不足的问题; 强化和优化了骨干通信网络架构; 显著提升了传输距离、传输信噪比、误码率等网络性能指标。

在运行环境建设方面,大容量传输设备对电源、安全防护、散热等方面运行环境因素要求较高。在充分考虑安全运行条件前提下,参考国家电网公司

表 1 OSNR 示例
Tab.1 Example of OSNR

| 10 GE 业务通道 | | 设计 OSNR/ dB | 平均 OSNR/ dB | 残余色散 /(ps/nm) | | |
|------------|-----|-------------------|-------------------|---------------|----------|----------|
| 源点 | 宿点 | | | 1 528 nm | 1 546 nm | 1 565 nm |
| 阜阳公司 | 省公司 | 21.77 | 35.99 | 41.32 | 39.20 | 37.28 |
| 阜阳公司 | 省公司 | 18.51 | 25.64 | 40.86 | 33.90 | 28.45 |
| 阜阳公司 | 省公司 | 21.77 | 36.54 | 45.23 | 39.2 | 38.54 |
| 阜阳公司 | 省公司 | 18.51 | 23.17 | 37.21 | 33.9 | 30.19 |
| 六安公司 | 省公司 | 26.82 | 30.95 | 20.86 | 17.20 | 15.87 |
| 六安公司 | 省公司 | 18.69 | 23.96 | 28.58 | 24.00 | 24.12 |
| 安庆公司 | 省公司 | 25.29 | 27.46 | 23.17 | 17.2 | 15.42 |
| 安庆公司 | 省公司 | 18.98 | 24.22 | 26.43 | 24 | 23.13 |
| 黄山公司 | 省公司 | 20.66 | 25.79 | 35.12 | 29.20 | 27.37 |
| 黄山公司 | 省公司 | 18.83 | 23.90 | 34.38 | 29.20 | 26.34 |

及业内有关标准和要求结合现场实际针对安装工艺和接地、防尘、散热等方面环境标准制订规范,采用了增设出线光配线架、扩展机柜散热容积等措施,对现有的机房环境按照统一标准进行了整改。对于设备多个子架分别双电源高功率供电的要求,通过精密计算,采用了先集中后分布的层次供电方法,成功地保障了电源容量和稳定性。对于原有较小容量的空开和出线,一律更换以满足安全容量。通过以上举措,有效强化了大容量网络运行的安全可靠性和持续性。

3 成果和效益

3.1 验收投运

安徽省公司于 2013 年 9 月在合肥组织召开了大容量骨干光传输通信网一期工程项目竣工验收会议。会议认为工程质量符合国家规定,满足电力光纤通信工程验收规范。工程通过验收,具备正式投入运行条件。投运后达成以下应用效果。

1) 省市公司、省公司到 500 kV 变电站间构成了稳定可靠的大容量数据业务通道。16 个市公司分别开通 10 GE 业务到省公司新、老大楼,承载管理业务、视频业务、用电信息、通信管理等大颗粒业务。每个 500 kV 变电站各有 1 条 GE 业务分别到省公司和阜阳公司(第二汇聚点),承载数据网络、办公网络、视频业务等大颗粒业务。以上路由均采用智能光网络保护机制,工作路由故障时 50 ms 内切换至保护路由,提高了安全性。目前已有国家电网公

司及省网公司的多条重要业务布署,业务运行稳定高效。

2) 为现有的 SDH 网预留了透明传输的应急备用通道。虽然 SDH 环网本身也具备保护机制,但当主干光缆检修维护开环形成单路通道时,再发生故障易造成业务中断。通过大容量骨干光传输通信网预留的 10 G 和 2.5 G SDH 应急备用通道,可以在 SDH 网故障应急的情况下将其所有业务均通过第三条路径透明传输至目的站点,加强业务通信的安全保障。

3.2 经济及社会效益

按安徽电力“十二五”通信规划,省市公司之间的数据网络带宽至少达到 2.5 G。按此计算省公司至 16 个市公司骨干带宽需达到 16×2.5 G,也即 40 G。排除已有的 SDH 网络,至少需要建设 3 个 10G SDH 网络。再考虑纤芯资源不足需要建设环绕全省的新光纤网络,采用建设 SDH 网络解决问题总造价超过 8 000 万元。本项目总投资为其 1/3 不到,大大节约建设资金。

应用该成果既解决了“十二五”信息通信规划中的网络带宽需求;又强化了通信网络结构,提升了传输距离、传输信噪比、误码率等网络性能指标,强化了业务的性能和安全性及网络的可靠性、可管理、可运维性;并为原有 SDH 光传输网提供了 2.5 G、10 G 冗余链路保护,同时在多个层面提高了电力通信安全和可靠性。

安徽省公司下一步将进行大容量骨干光传输网二期项目建设,同步建设数据骨干通信网络,实现省市间的综合业务承载,满足国家电网公司信息通信十二五规划提出的大颗粒数据业务需求。随着大容量骨干光传输通信网的稳定发展以及光电集成器件(Photronics Intergraded Device, PID)^[5]、分组传送网(Packet Transport Network, PTN)等接入技术互联互通的成熟应用,与 SDH 骨干网、市县公司的四级网络、城域网的分界面和接口也应纳入考虑。

4 结语

安徽省大容量骨干光传输网建设完成后,可满足智能电网各个环节的通信需求,与现有的 10 G SDH 传输网互为备用,统筹规划,均衡发展,形成支撑坚强智能电网发展、网络结构合理、覆盖面全、可靠性高、接入灵活、经济高效的电力骨干通信网络,

为发电、输电、变电、调度各环节提供通信技术支持平台。长期还需要更多的系统思考和技术创新,最终实现一体化的以大容量骨干网为核心的多层次电力通信网络,为生产管理和三集五大深化提供强有力的支持。

参考文献:

- [1] 曹惠彬. 国家电网公司“十二五”通信网规划综述[J]. 电力系统通信, 2011, 32(5): 1-6.
CAO Hui-bin. The summary of “12th five-year” telecommunication network plan of SGCC[J]. Telecommunications for Electric Power System, 2011, 32(5): 1-6.
- [2] ITU-TG. 872. Architecture of optical transport networks[S]. 2001.
- [3] 左书佳. 光传送网(OTN)技术研究与应用分析[D]. 上海: 上海交通大学, 2011.
- [4] 赵文玉, 张海懿, 汤瑞, 等. OTN关键技术及应用策略探讨[J]. 电信网技术, 2010(11): 50-54.
ZHAO Wen-yu, ZHANG Hai-yi, TANG Rui, et al. Discussion on the OTN key technology and application strategy[J]. Telecommunications Network Technology, 2010(11): 50-54.
- [5] 王健伟. PID技术在城域光传输网中的应用探讨[J]. 电信工程技术与标准化, 2011(10): 75-78.
WANG Jian-wei. Application and discussion on PID in metropolis optical network[J]. Telecom Engineering Techniques and

Standardization, 2011(10): 75-78.

编辑 刘生

收稿日期: 2014-10-21

作者简介:

林航(1975-),男,安徽黄山人,高级工程师,从事电力通信系统规划建设工作的。

Planning and Construction of High Capacity Backbone Optical Transmission Network

LIN Hang

(Information and Communication Company, State Grid Anhui Electric Power Corporation, Hefei 230061, China)

Abstract: Backbone transmission network is the highway for the power information communication business. To meet the increasing data service demands, Anhui Electric Power Company plans to build a new generation high capacity backbone optical transmission network with the application of new technologies, which can optimize the network structure, enhance the performance of the network, and provide great business support and more reliable guarantee ability. This paper introduces the design of the high capacity backbone optical transmission network from the aspects of requirement analysis, network topology and technology development. The access and protect technologies for bearer services and operation environment construction are mainly analyzed. Performance improvements of new network and other construction achievements by the project are also illustrated. Finally, aiming at the demands and technology developing trends, the next step of work is presented.

Key words: high capacity backbone optical transmission network; OTN; planning and construction