

ASON 智能光通信网络在电力系统业务 保护/恢复的研究与应用

邓晓智

(广东电网电力调度控制中心, 广州市 510600)

摘要: 电力通信网络是电力系统的重要基础设施, 目前主要采用传统的同步数字体系(Synchronous Digital Hierarchy, SDH)/基于 SDH 的多业务传送平台(Multi-Service Transfer Platform, MSTP)技术组建。随着电网智能化的要求, 传统的光网络不再能适应电力系统数据业务快速增长的要求。于是, 智能光网络应运而生, 智能光网络(Automatic Switched Optical Network, ASON)代表了光网络技术发展的方向, 它能够解决带宽快速部署、端到端配置和业务保护/恢复等问题, 提供可靠的网络控制能力。探讨了南方电网公司利用 ASON 光网络智能保护/恢复机制的技术实现电力业务的智能抗多点故障自愈的应用。该应用提升了电力通信网络的可靠性, 也为下一步推进智能通信网络打下基础。

关键词: 电力通信; SDH/MSTP; ASON; 智能

中图分类号: TN929.1

文献标志码: A

文章编号: 2095-8676(2017)S1-0089-08

Research and Application of ASON Intelligent Optical Network in the Power System Service Protection and Restoration

DENG Xiaozhi

(Guangdong Power Grid Power Dispatching and Controlling Center, Guangzhou 510600, China)

Abstract: The electric power system communication network is an important infrastructure. At present, it is mainly builded with traditional SDH/MSTP technology. With the intelligent power grid requirements, the traditional optical network is no longer able to adapt to the fast growing electric power system service requirements. Thus, the intelligent optical network is coming, ASON represents the developing direction, and it can solve the bandwidth for rapid deployment, end to end configuration and service protection / restoration and other issues, which provides reliable network control capabilities. This paper discussed the application of China Southern Power Grid Company by using the protection /restoration mechanism service intelligence technology of ASON intelligent optical network to achieve power service self-healing of anti-multi-point malfunction, which has improved the reliability of the network, and laied the foundation for the intelligent communication network for the next step.

Key words: power communication; SDH/MSTP; ASON; intelligent

智能电网是电网的智能化, 是建立在集成的、高速的双向通信网络的基础上, 通过不断研发新的电网控制技术、信息技术和管理技术应用, 实现电网可靠、安全、经济、高效、环保和使用安全的

目标。

智能电网的主要特征包括自愈、激励和包括用户抵御攻击、提供适应未来社会经济发展需要的优质电力与服务。电力通信网络就是为了保证电力系统的安全稳定运行应运而生, 它是电网调度自动化、网络运营市场化和现代管理的基础, 是确保电网安全、稳定、经济运行的重要手段, 是电力系统的重要基础设施。因此, 电力通信网络与电网之间的关系是密不可分的。

收稿日期: 2017-08-24

作者简介: 邓晓智(1985), 男, 广东茂名人, 工程师, 硕士研究生, 主要从事电力通信研究与运行维护工作(e-mail) 448968949@qq.com。

在智能光交换网络尚未建设完成前,南方电网的主干通信网络主要以光传输网络为载体,采用SDH/MSTP技术^[1]组网,但是SDH/MSTP技术存在着以下主要缺点:

- 1)采用环状拓扑结构,只能抵御单点节点失效。
- 2)业务配置采用手工配置方式,效率低下。
- 3)带宽利用率小,需要预留一半带宽资源用于业务保护。
- 4)保护方式比较单一,不能提供差异化服务。
- 5)网络扩容、调整难度大,管理维护复杂,欠缺灵活。

自动交换光网络ASON^[2](Automatic Switched Optical Network)在传统的静态光网络中引入了动态交换和智能控制,使得传送网络实现了从承载网向业务网的演进。由于ASON具备智能化、标准化、简易化、个性化等优点,因此,受到广泛关注。基于ASON技术的日趋成熟,并且在公网的规模应用,ASON技术在电力通信专网也开始得到关注,特别是在部分网省的试点建设和经过前期的研究和测试验证后,南方电网已经开始引进ASON技术并规模性地组建第二张传送骨干网(南网新A网)。组建完成后,将与旧有的SDH/MSTP的传送网并存,分别为南网传送新A平面和南网传送B平面。

智能电网是南方电网乃至世界电网发展的方向,智能电网通信网络平台在主网部分体现智能化,目前来看就是引入ASON智能控制平面,实现业务的智能多路径保护恢复,提高电力生产业务通信通道的生存能力,为智能电网各类智能监测、生产调度信号实时有效传输提供可靠的保障。

1 电力系统业务通信要求

南方电网电力通信业务^[3]划分是根据电力二次系统安全防护总体方案的应用系统安全区的划分制定,南方电网公司应用系统划分为生产控制大区和管理信息大区。生产控制大区可以分为控制区(又称安全区I)和非控制区(又称安全区II)。南方电网通信业务分类如表1所示。

1.1 基于传统SDH/MSTP传送网的控制信号通信要求

1.1.1 南方电网继电保护业务

目前,采用网络接口的继电保护业务有:线路

纵联差动和纵联距离(方向)保护。

电力系统线路差动保护对通道的基本要求是通道的来回路由延时一致,当通道的来回路由延时不同或者时延变化很大时,会导致线路差动保护计算出差动电流,这个错误的差动电流大小与负荷电流的大小、所使用通道来回路由不一致的程度有关系。因此线路纵联差动不能启用传统的SDH/MSTP的自愈保护功能,并且要求通道误码率 $\leq 10^{-6}$,传输时延 $\leq 12\text{ ms}$ ^[3]。

但是对于220 kV及以上线路方向保护和距离保护优先采用光通信传输,线路主保护装置采用E12通道时,应开通自愈环^[3]。

1.1.2 南方电网其它I区业务

1)调度自动化(SCADA/EMS业务):调动自动化(SCADA/EMS)业务远动通道与主站互联通道应采用E12通道或MSTP数据专线和调度数据网络两条完全独立的通道。

2)相角测量(PMU)业务:PMU业务通信通道带宽要求为2.048 Mbit/s。带控制信息PMU业务必须承载在专线通道,监测信息PMU业务可承载在调度数据网。

3)安全稳定控制(稳控系统)业务:稳控系统通信通道应优先采用2.048 Mbit/s带宽,接口采用ITU-TG.703E12接口。主站、子站和执行站之间采用1条独立专线通道,每条通道应开通SDH网络自愈功能。主站、子站和执行站之间的全程专线通道,传输电路时延要求 $\leq 30\text{ ms}$ 。

1.1.3 南方电网II区业务

1)调度语音交换业务:南方电网各级调度机构(含备调、集控中心)至直接调度的厂站应建立调度电话独立双通道通信方式。

2)电能计量遥测业务:电能量采集装置与主站之间的通信应采用调度数据网通道。

3)继电保护和故障信息管理(保护信息管理)业务:变电站(子站)保护信息管理业务传送采用调度数据网通道。

4)稳控系统信息管理业务:执行子站、控制子站、控制主站与管理主站之间的管理信息传送采用调度数据网通道。

1.2 电力光通信网络智能化要求

1.2.1 网络自愈

智能电网对电力通信网络提出了更高的可靠性

表 1 电力通信业务分类表

Tab. 1 Classification of power communication service

业务系统	安全区 I	安全区 II	管理信息大区	
语音	—	调度电话	—	统一通信
数据 (专线)	能量管理系统(EMS) 厂站自动化监控系统(SCADA) 相量测量系统(PMU) 安全自动控制系统(稳控) 继电保护系统(继保) 直流控制保护系统 配电网自动化系统	电能量计量系统 调度员培训系统 DTS	—	—
	能量管理系统(EMS) 厂站自动化监控系统(SCADA) 相量测量系统(PMU) 继电保护和故障信息管理系统(继电 保护远方修改定值、远方投退等控制功能) 电力市场运营系统(在线安全稳定校核) 一体化电网运行智能系统	电能量计量系统 电力市场运营系统 稳控管理信息系统 继电保护和故障信息管理系统 (故障录波信息管理模块) 电力市场运营系统(交易、 结算、考核、内网报价) 水库调度自动化系统	雷电定位系统 综合网管系统 光缆监测系统	资产管理系统 财务管理系统 人力资源管理系统 营销管理系统 协同办公系统 综合管理系统
视频	—	—	变电站图像监控系统、 机房监控系统等	视频会议等

要求。在严重的自然灾害、通信网络发生大规模故障情况下，能够抗同时多点故障，网络通道自动调整，实现业务智能自愈，实现电力生产控制业务的高生存性。

所谓自愈是指在网络发生故障(例如光纤断裂)时，无需人为干预，网络自动地在短时间内，使业务自动从故障中恢复传输。其基本原理是网络要具备发现替代传输路由并重新建立通信的能力。替代路由可采用备用设备或利用现有设备中的冗余能力，以满足全部或指定优先级业务的恢复。因此，网络具有自愈能力的先决条件是有冗余的路由、网元强大的交叉能力以及网元一定的智能化。

1.2.2 抗多点故障电力传输网络智能自愈

南方电网电力传送网承载了大量的电网控制业务，一旦发生生产业务中断，所造成的损失将十分巨大。为了保障生产业务的传输的安全稳定，提出了检修状态下的 $N-1$ 通信可靠性要求，即电力通信网络在一个节点设备或者光缆进行检修的状态下，发生任意一节点设备或者光缆的故障，保证关键业务不中断。基于传统的 SDH/MSTP 组网的结构技术，目前的电力传输网络不能满足智能电网的要求。在此背景下，南网引入 ASON 技术，满足抗多点故障网络智能自愈要求，为各类生产业务提供可靠的全网生存能力。

1.2.3 符合线路纵联差动保护业务通道的要求

智能光通信网络有必要解决电力系统线路纵联差动保护业务通道的自愈需求。从技术上分析，现运行在公网的 ASON 技术仍然会产生业务通道自愈切换引起光纤差动保护装置误动作的问题。因此必须对现有 ASON 的技术进行专门研究和改进，使其符合光纤差动保护业务通道的特殊要求，真正解决光纵差业务通道自愈问题。当前，在建的南方电网新的传送 A 网已经从技术原理上解决了该问题，技术效果有待在实际网络上线运行后完善和验证。

2 ASON 网络实现继电保护业务的智能自愈

2.1 ASON 网络结构

ASON 是以 SDH 和光传送网(OTN)为基础的自动交换传送网，它用控制平面来完成配置和连接管理的光传送网，以光纤为物理传输媒质，SDH 和 OTN 等光传输系统构成的具有智能的光传送网^[4]。根据其功能可分为传送平面、控制平面和管理平面^[5]，这三个平面相对独立，互相之间又协调工作，如图 1 所示。

与传统传送技术相比，ASON 技术的最大特点是引入了控制平面，控制平面的主要功能是通过信令来支持建立、拆除和维护端到端连接的能力，并通过选路来选择最合适的路径，以及与此紧密相关的需要提供适当的名称和地址机制。

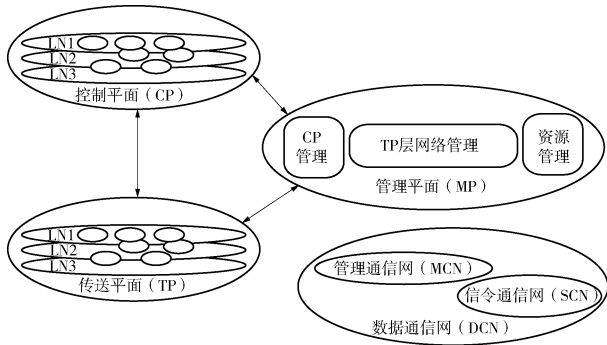


图1 ASON网络的逻辑结构

Fig. 1 Logical structure of ASON network

2.2 ASON网络解决电力差动保护业务自愈

2.2.1 电力差动保护业务自愈的条件

传统SDH/MSTP的双向通道倒换环技术用于线路纵联差动保护时，不能启用通道的自愈功能，主要原因在于：(1)传统传送网SDH/MSTP在通道进行切换前，无法做到先拆除通道，使保护装置判定通道的中断，以清除数据缓冲区的数据，装置闭锁不进行误动，以达到装置重新提取采样脉冲，更新同步算法；(2)不能保证保护装置的数据传输收发路由一致，且传输时延 $\leq 12\text{ ms}$ ，误码率 $\leq 10^{-6}$ 的要求^[3]。

利用ASON动态重路由功能，可以很好地解决上面的问题，其具体实现过程如下：

1)通道发生故障需要切换时，可采用硬重路由方式，由控制平面发起连接拆除请求，将传送平面的交叉连接同时拆除；或采用软重路由方式，通过管理平面发起连接拆除请求，将传送平面的交叉连接同时拆除。

2)设置重路由延时，该延时的时间单位级数应是秒级。在重路由开始建立前，保证保护装置判定通道以中断，装置闭锁，主备重新提取采样脉冲。

3)选择重路由的约束条件(如节点数量约束、链路代价约束)，保证新路由通道的传输时延 $\leq 12\text{ ms}$ ，误码率 $\leq 10^{-6}$ 的要求。

2.2.2 ASON网络“先拆后建”的技术实现

由上可知，对比传统公网ASON一般采用“先建后拆”动态重路由由恢复的模式，电力系统差动保护业务必须采取“先拆后建”的动态重路由模式。

所谓“先建后拆(Make-Before-Break)”即是：发生通道恢复和返回时，元件首先建立一个连接，然后使用此连接并将最初的连接删除，保证业务尽

快恢复。

“先拆后建(Break-Before-Make)”是：发生通道恢复和返回时，元件首先删除原有连接，然后等待一个设定的时间后，再建立一个连接并使用此连接，保证业务收发在任何时刻同路由。

电力系统业务在网络中的“先拆后建”恢复机制就是在光通道故障恢复和回复时先拆除原有工作通道交叉，释放其占用的网络资源，然后再进行恢复和回复，让线路保护装置能有一个正常的从闭锁到解除闭锁的工作状态转换。

国际标准化组织为自动交换光网络技术制定了一系列的协议标准，其中ITU-T为自动交换光网络定义了详细的体系架构；IETF制定的GMPLS协议栈则定义了ASON功能的一系列协议，包括LMP、RSVP-TE、OSPF-TE^[6-7]等。

1) LMP：用于邻居发现和链路管理，维护控制信道。

2) RSVP-TE：用于建立、删除和维护标签交换路径(LSP)。

3) OSPF-TE：用于路由信息的发布和路由计算。

为了实现“先拆后建”，修改了RFC 3209(RSVP-TE: Extensions to RSVP for LSP Tunnels)协议规定的“Make-Before-Break”的重路由机制，将其转化为“Break-Before-Make”。

“先拆后建”协议流程方案如图2~图4所示。

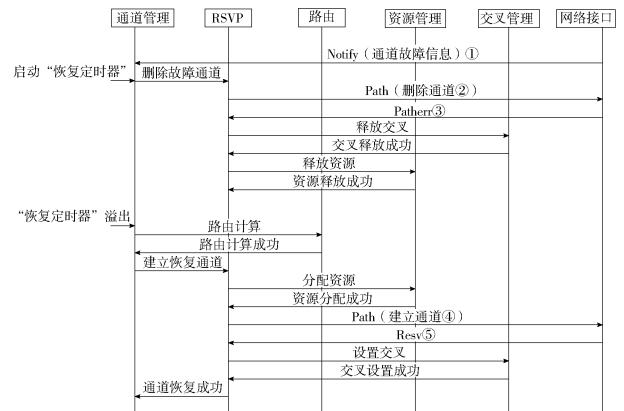


图2 通道源节点的“先拆后建”协议处理流程图

Fig. 2 Process flow of “Break-Before-Make” protocol for path source node

1)如果通道故障发生在通道的下游节点，那么下游节点会通过信令网向源节点发送故障通告(Notify)的信令消息；如果通道故障就发生在源节点，

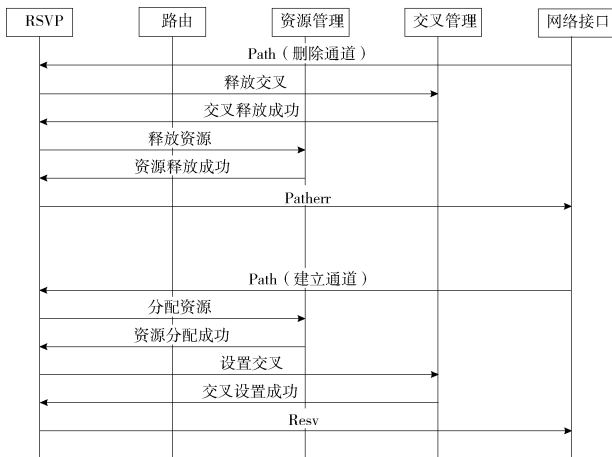


图3 通道宿节点的“先拆后建”协议处理流程图

Fig. 3 Process flow of “Break-Before-Make” protocol for path end node

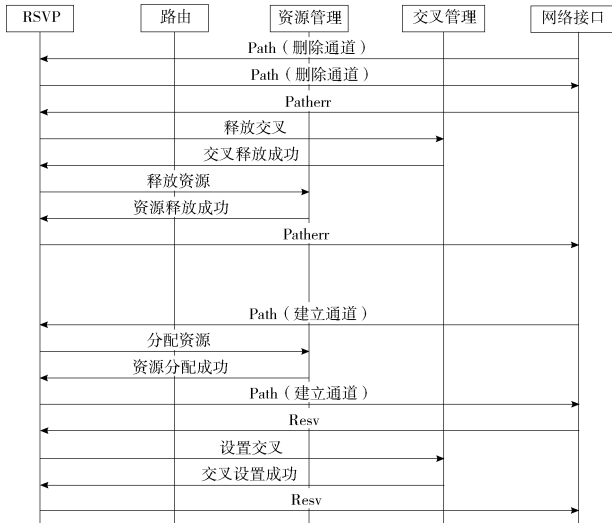


图4 通道中间节点的“先拆后建”协议处理流程

Fig. 4 Process flow of “Break-Before-Make” protocol for intermediate node

则下层与硬件接口的模块直接上报故障通告 (Notify) 的信令消息。

2) 删除通道的 Path 消息中携带了协议指定的删除标识, 用于指示通道的沿路各节点通道已处于待删除状态, 不再处理任何传送平面告警。

3) 通道的宿节点收到带删除标识的 Path 消息后, 首先按图 3 流程释放本地资源, 然后向上游节点发送 Patherr 消息, 上游节点收到该消息后也释放本地资源。

4) 在建立恢复通道时, 如图 2 所示, 源节点预留完本地资源后, 向下游节点发送建立通道的 Path 消息, 用于下游各节点预留网络资源; 如图 4 所

示, 中间节点预留完本地资源后, 继续向下游发送 Path 消息。

5) 宿节点在收到上游节点发来的建立通道的 Path 消息后, 如图 3 所示, 预留资源、设置交叉, 然后向上游发送 Resv 消息; 中间节点如图 4 所示完成交叉设置后, 继续向上游转发 Resv 消息; 同样的, 源节点收到 Resv 消息后, 完成交叉设置, 向通道管理模块上报恢复通道建立完成。

2.2.3 ASON 网络解决差动业务保护的过程

ASON 网络解决线路光纤差动保护业务自愈过程如下:

1) 线路光纤差动保护通道在 ASON 网络中不设置保护通道, 设置基于控制平面的动态恢复(“先拆后建”方式)通道, 如图 5 所示。

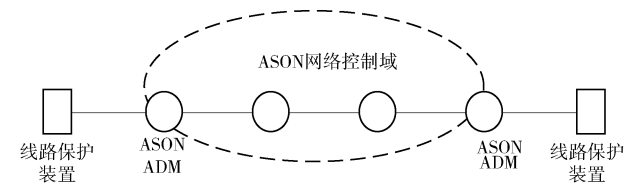


图5 ASON 网络的逻辑结构

Fig. 5 Logical structure of ASON network

2) 当发生光缆中断或通道中间设备故障引起的正常通道中断时, ASON 网络不在 50 ms 内进行通道保护, 如图 6 所示。

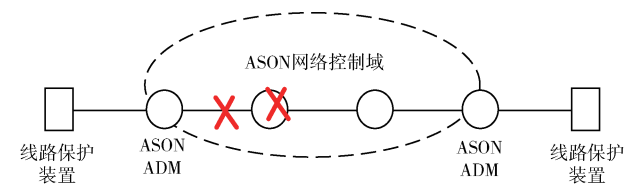


图6 ASON 网络的逻辑结构

Fig. 6 Logical structure of ASON network

3) 线路保护装置监测到通信通道中断了(装置监测时间 <100 ms), 会形成装置闭锁(不进行误动作)。ASON 网络释放正常收发通道资源, 如图 7 所示。

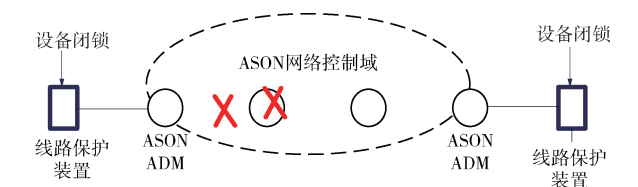


图7 ASON 网络的逻辑结构

Fig. 7 Logical structure of ASON network

4)故意时延(>100 ms,以便让线路保护装置闭锁)后,ASON网络重路由建立收发路由一致的重路由恢复通道,如图8所示。

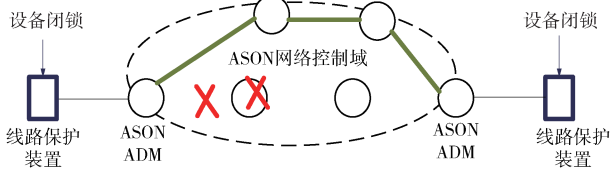


图8 ASON网络的逻辑结构

Fig. 8 Logical structure of ASON network

5)线路保护装置监测通信通道恢复正常,打开闭锁状态,完成自愈过程,恢复正常工作。整个自愈过程时间动作时间2~4 s,如图9所示。

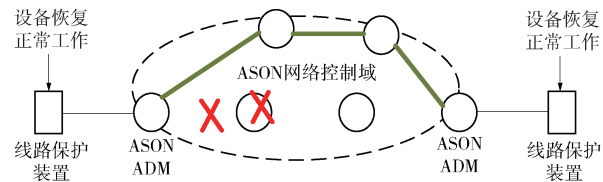


图9 ASON网络的逻辑结构

Fig. 9 Logical structure of ASON network

6)当原通信网故障修复时,ASON通信通道的回复方式也类似,要求“先拆后建”:

(1)ASON网络故障修复,如图10所示。

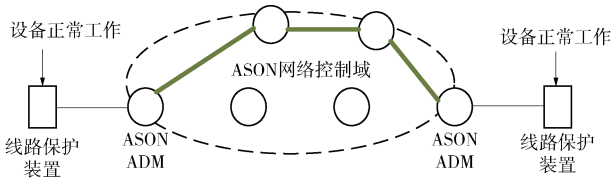


图10 ASON网络的逻辑结构

Fig. 10 Logical structure of ASON network

(2)拆除业务重路由恢复通道,线路保护装置监测通道故障,进入闭锁状态,如图11所示。

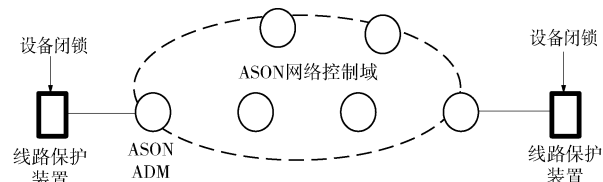


图11 ASON网络的逻辑结构

Fig. 11 Logical structure of ASON network

(3)故意时延(>100 ms,以便让线路保护装置闭锁)后,ASON网络再建立业务原有设计路由通

道,业务返回,如图12所示。

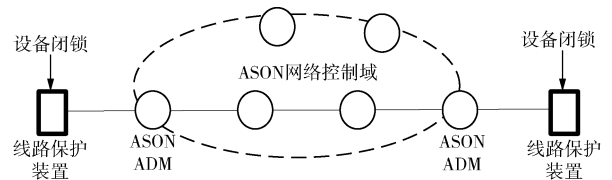


图12 ASON网络的逻辑结构

Fig. 12 Logical structure of ASON network

(4)线路保护装置监测通信通道正常,解除闭锁回复正常工作状态,如图13所示。

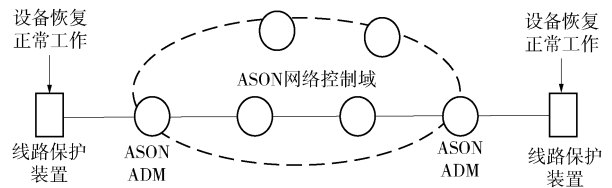


图13 ASON网络的逻辑结构

Fig. 13 Logical structure of ASON network

ASON网络技术从原理上分析,满足线路纵联差动保护业务的需求。近期南方电网组建的新骨干网正在挂网联调测试该技术,验证该技术的可靠性、安全性及稳定性。

3 ASON网络承载电力系统其它业务的应用研究

3.1 ASON网络的保护与恢复机制

为了实现网络的可恢复性,在ASON网络中存在两种机制:保护和恢复^[8]。

3.1.1 ASON网络的保护机制

保护指预先配置一条保护连接,当工作连接故障时,业务倒换到保护连接上传送。保护倒换时间一般在50 ms以内。

ASON支持两种保护机制^[9]:基于传送平面的保护和基于控制平面的保护。

其中基于传送平面的保护包括复用段保护(Multiplex Section Protection, MSP)和子网连接保护(Sub-Network Connection Protection, SNCP)等。

基于控制平面的保护类型一般分为1+1保护和1:N保护($1 \leq N \leq 15$)。

1)1+1保护:业务在工作连接和保护连接上同时传送,在接收端选择质量最好的信号。1+1保护又可分为永久1+1 SNCP有恢复自动/人工回复

业务、永久 1+1 SNCP 有恢复不回复业务、永久 1+1 SNCP 无恢复业务、1+1 SNCP 有恢复自动/人工回复业务以及 1+1 SNCP 无恢复业务。

2)1: N 保护($1 \leq N \leq 15$): N 条工作连接共享一条保护连接, 保护连接可以承载优先级较低的业务。一条工作连接发生故障时, 其承载的业务被切换到保护连接上, 而保护连接上的低优先级业务被丢弃。

3.1.2 ASON 网络的恢复机制

恢复指当工作连接故障后, 网络自动建立一条新的恢复连接来替代出现故障的工作连接。由于建立恢复连接时需要重新计算路由, 业务恢复时间较长。网络空闲状态下, 单条业务恢复时间在 2 s 以内。

恢复通常可以使用网络的任意空闲资源。使用恢复方式时, 网络必须预先保留一部分空闲资源, 供建立恢复连接时使用。

按照控制方法进行分类, 恢复可分为集中式控制与分布式控制^[10]。

按照恢复的方式进行分类, 恢复可以分为动态重路由和预置重路由恢复。其中动态重路由过程中, 业务恢复时间较长, 不需要预先占用资源; 预置重路由由恢复业务, 恢复时间较短, 需要预先占用资源。

ASON 采用分布式控制、动态重路由恢复方式。当工作连接中断时, 首节点计算出一条业务恢复的最佳路径, 然后通过信令建立起一条新的恢复连接, 并将业务切换到新的恢复连接上传送。在建立了新的恢复连接后, 根据呼叫的回复属性, 决定是否删除原故障连接。

3.2 电力系统业务在 ASON 网络的保护和恢复方式

与传统的 SDH/MSTP 的传送网比较, ASON 支持根据电力系统业务等级采用不同级别的保护恢复方式^[10], 常用的保护和恢复方式如表 2 所示。

3.3 电力生产控制业务的保护/恢复方式

根据电力二次系统的特点和要求, 调度电话、调度自动化、安全稳定控制、继电保护、直流控制、多媒体(视频会议)、调度数据网、综合数据网等电力业务可以充分利用 ASON 网络保护/恢复功能, 保障业务通道的可靠性, 如表 3 所示。

表 2 电力自动交换光网络(ASON)保护/恢复方式

Tab. 2 Protection/restoration method of ASON

保护/恢复方式描述	保护/恢复时间
基于控制平面的永久 1+1 保护	只要资源充足, 始终能提供 1+1 保护, 保护倒换时间小于 50 ms。
基于控制平面的重路由 1+1 保护	第一次故障, 发生保护倒换, 倒换时间小于 50 ms, 当前路径再次发生故障采用动态恢复, 单条业务 10 跳路由恢复时间不宜超过 4 s。
基于传送平面的普通 1+1 保护	只提供一次保护, 倒换时间小于 50 ms。
基于控制平面的动态恢复(“先建后拆”方式)	全网 32 条业务同时恢复, 单条业务恢复路由不超过 10 跳时, 恢复时间不宜超过 10 s。
基于控制平面的动态恢复(“先拆后建”方式)	全网 32 条业务同时恢复, 单条业务恢复路由不超过 10 跳时, 恢复时间不宜超过 10 s。

表 3 电力业务保护/恢复方式安排技术建议

Tab. 3 Suggestion for technical arrangements of protection/restoration

业务名称	业务通道带宽	业务保护/恢复方式	备注
调度交换中继	VC-12	基于控制平面的保护+恢复	
调度自动化	VC-12	基于控制平面的保护+恢复	
安全稳定控制	VC-12	基于控制平面的保护+恢复	保护/恢复路径应满足业务时延约束条件
继电保护(电流差动)	VC-12	基于控制平面的动态恢复(“先拆后建”方式)	恢复路径应满足业务时延约束条件
继电保护(非电流差动)	VC-12	基于控制平面的保护+恢复	保护/恢复路径应满足业务时延约束条件
直流控制	VC-12	基于控制平面的保护+恢复	保护/恢复路径应满足业务主备用通道时延约束条件
多媒体(视频会议)	VC-4	基于控制平面的保护+恢复	
调度数据网	VC-4	基于控制平面的动态恢复(“先建后拆”方式)	路由允许收发不一致
综合数据网	VC-4	基于控制平面的动态恢复(“先建后拆”方式)	路由允许收发不一致

4 结论

对多种保护和恢复机制的支持是 ASON 网络的

一个重要特点,也是当前ASON技术研究的一个重点。文章探讨了南方电网公司利用ASON光网络智能保护/恢复机制的技术实现电力业务的智能抗多点故障自愈的功能。基于ASON光通信网络的技术不仅能够承载电力生产控制业务,而且能够抵御网络多点故障,但毕竟在南网层面上是一次技术革新的尝试,需要后续针对电力特殊的要求进行优化网络改进,编制行业标准,为保证电力生产控制业务安全、稳定、高效地运行做进一步的工作。

参考文献:

- [1] 韦乐平. 光同步数字传送网 [M]. 修订本. 北京: 人民邮电出版社, 1998.
- [2] Bryskin A I. Architecture for the automatically switched optical network(ASON): ITU-TG. 8080[S]. [S. l.: s. n.], 2003.
- [3] 中国南方电网公司有限责任公司. 南方电网通信网络生产应用接口技术规范: Q/CSG 110020—2011 [S]. 广州: 中国南方电网有限责任公司企业标准, 2012.
- [4] 张杰, 徐云斌. ASON自动交换光网络 [M]. 北京: 人民邮电出版社, 2004.
- [5] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局, 中国国家标准化管理委员会. 自动交换光传送网(ASON)技术要求: 第一部分. 自动交换光网络体系结构和总体要求: GB/T 21645.1—2008[S]. 北京: 中国标准出版社, 2008.
- [6] 国家能源局. 基于SDH的电力自动交换光网络(ASON)技术规范: DL/T 1291—2013 [S]. 北京: 中国电力出版社, 2014.
- [7] 武文彦, 董晔. 智能光网络运行维护管理 [M]. 北京: 电子工业出版社, 2012.
- [8] 纪越峰. 自动交换光网络原理与应用 [M]. 北京: 人民邮电出版社, 2005.
- [9] 中华人民共和国信息产业部. 自动交换光网络(ASON)网络管理技术要求: 第1部分: 基本原则: YD/T 1767.1—2008 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2008.
- [10] 中兴通讯公司. ZXONE 5800 产品概述 [M]. 深圳: 中兴通讯公司, 2010.

(责任编辑 李辉)

中国能建广东院设计的±800 kV 东方换流站交流场顺利投运

2017年11月,由中国能建广东院设计的±800 kV 东方换流站交流场顺利投运,实现了同等规模占地面积最小、高低端阀厅L型布置、在交直流合建换流站内500 kV及220 kV交流配电装置全户内GIS布置等多项世界首创。

东方换流站是滇西北至广东±800 kV特高压直流输电工程的受端换流站,位于广东省深圳市宝安区,输送容量500万kW,计划年输送电量200亿kWh,相当于深圳全年用电量的1/4。该项目投产后,不仅可提高西部澜沧江上游电能外送能力,也将有效缓解珠三角地区环境压力,促进地区经济持续健康发展。

在项目设计中,中国能建广东院团队自主创新,不断优化方案,实现了多项世界首创记录。全站采用紧凑型布置,减少辅控楼一座,围墙内占地仅0.1578 km²,直交流场较常规布置节省用地近30%,成为世界上同等规模占地面积最小的换流站。高低端阀厅采用世界首创的L型布置,减少阀组控制保护设备联系线缆约50 km,节省两极400 kV直流支柱绝缘子8支。在交直流合建换流站实现世界首次500 kV及220 kV交流配电装置全户内GIS布置,提高主网供电可靠性。

据悉,东方换流站所属的滇西北直流输电工程,是落实国务院大气污染的12条重点输电通道之一,肩负落实国家节能减排战略和促进经济增长的重要使命。

(中国能建广东院)