

电力系统中的光交换以太网建设

摘要:

本文作者在经过多年的配网自动化通信方面的探索后,初步分析了无线通信和电力线路载波通信的缺陷和不足,同时总结出各城市电力系统的开闭所的特点为其数量多、距离近、负荷大,要求供电可靠性高,很多所址设在地下室,一次设备一般为免维护设备,电缆进出线具有变电站至开闭所沟道完善等特点。同时得出电力系统中的城市开闭所的特点和对通信带宽的需求,得出了选择光纤作为开闭所自动化信息传输的载体的结论。

套用原来的高压输变电自动化工程中的通信方案组建 SDH 网等其他方案,导致了开闭所工程造价的大幅增加。本文在分析光交换以太网的基础上,结合配电网中开闭所自动化的信息特点及作者负责的**市高新区供电局开闭所集控站的工程实际,提出了基于 PRR 技术的光交换以太网开闭所自动化通信设计方案,并指出相关的关键技术。

全文:

近年来,**市各区在配网自动化通信方面进行了很多探索,特别是无线通信、电力线路载波通信等。由于其技术成熟,便于实施和后期维护工作量少而得到了一定范围的使用,但现有无线通信和电力线路载波通信的缺点是通信带宽小、实时性相对较差。光通信具有频带宽、通信容量大、传输损耗小、不受电磁干扰、组网方便和灵活等优点,缺点是有敷设光缆的工作量,在不具备线路施工条件的地方敷设困难较大,但它是目前通信技术的主流发展方向。我作为**市供电局主要的信息科的工程管理人员,主要负责**市的各配电网的自动化通信网络的分析、设计和管理的工作,负责**市开闭所间的稳定通信和不间断的监控,并负责与上级部门通信网络的对接。本文主要是分析和总结对**市高新区开闭所自动化通信设计方案。

**市开闭所由于其数量多、距离近、负荷大,要求供电可靠性高,很多所址设在地下室,一次设备一般为免维护设备,电缆进出线具有变电站至开闭所沟道完善的特点。由于其采用无人值班管理模式,为了提高管理水平,需要对其进行集中监视和控制,在条件成熟时配备

电话、消防报警和安防视频监控系统。因此结合城市开闭所的特点和对通信带宽的需求，宜选择以光纤作为开闭所自动化信息传输的载体。

在光通信方案中，套用高压输变电自动化工程中的通信方案，组建 SDH 网，导致了开闭所工程造价的大幅增加。而采用光收发器、光 Modem 或 PDH 等设备实现开闭所（开关站）的光通信，降低了系统的可靠性并增加了系统建成后的维护工作量。为了更好地满足未来城市配网自动化建设中对通信资源、通信质量的需求，寻找适合和满足城市配电网中开闭所自动化需求的通信设计方案，如何在不降低城市配电网自动化系统可靠性的前提下进一步提高光网络传输效率、降低网络建设成本，已成为配网自动化通信网络规划和设计者面临的重要问题。

结合配电网中开闭所自动化的信息特点和**市供电局开闭所集控站的工程实际，提出了基于快速环网保护协议（PPRR，Rapid Ring Protection Protocol）技术的光交换以太网开闭所自动化通信设计方案。

1. 供电局开闭所建网方案选择和基础协议的确定

采用光收发器、光 Modem 或 PDH 等光通信设备组建点对点传输网络，虽然造价相对低，但是光纤资源浪费严重、后续维护工作量大、可靠性低，不满足开闭所集控站系统可靠性的要求。

采用 SDH 技术的优点是带宽在节点间点到点的链路中固定分配来保证传输资源的专用性，满足用户的通信要求，且维护方便。但是其广播和组播报文将分成多个单播完成，浪费带宽且造价高，特别是城市配电网中各通信节点距离很近，但每个节点需要安装一台 SDH 光端机，进一步加大了系统的建设成本。

光以太网技术以其成本低、组网简洁、网络易扩展以及便于 IP 包的传输和处理等特点，为配网自动化工程提供了一个良好的组网方案。尤其是采用 RRPP 技术使得配网自动化通信工程在网内以低成本提供优质服务成为可能，在提供类似 SDH 级网络可靠性的同时增大了网络带宽，降低了传送费用，并且完全满足开闭所自动化信息的需求，因此在本工程中选择基于 RRPP 技术的光交换以太网方案。

2. 联网方案

本期配网自动化工程涉及 1 个高新区开闭所集控中心和 16 个新区开闭所（远期接入 60 个开闭所）。联网方案设计在新区集控中心配置 1 台核心千兆主光交换设备，与 6 个主要开闭所进行千兆连接，在 6 个开闭所各配置 1 台千兆光纤交换设备，向上提供千兆带宽联接到集控站核心千兆主光交换设备，向下提供千兆带宽联接到 10 个新区开闭所。其余 10 个开闭所均配置 1 台千兆光纤接入设备，向上通过千兆带宽联接到 6 个新区开闭所。

方案设计在集控中心与开闭所之间、开闭所与开闭所之间均实现千兆带宽的光纤传输，集控中心与 6 个主要开闭所通过 RRPP 技术构建高可靠性的主要网络，其余 10 个开闭所通过千兆接入主干网络。整个网络实现开闭所内设备百兆交换、集控中心内设备千兆交换、开闭所之间千兆互联、带宽大小分层次递增，构建低成本、高带宽、高可靠性的网络。

3. 关键技术

在传统的二层网络中，网络可靠性一般采用 STP 协议。STP 协议是由 IEEE 颁发的一种标准的环网保护协议，并得到广泛应用，但实际应用中受到网络大小的限制，收敛时间受网络拓扑影响。STP 协议一般收敛时间为秒级，网络直径较大时收敛时间更长，采用 RSTP/MSTP 协议虽然可以减少收敛时间，但是对于配网自动化数据等高服务质量要求的业务仍然不能满足要求。

为了缩短收敛时间，消除网络尺寸的影响，采用 RRPP 协议解决问题。RRPP 是一个专门应用于以太网环的链路层协议，它在以太网环中能够防止数据环路引起的广播风暴。当以太网环上一条链路断开时，能迅速启用备份链路以恢复环网上各个节点之间的通信通路。和 STP 协议相比，RRPP 协议具有拓扑收敛速度快和收敛时间与环网上节点数无关的特点。RRPP 环网技术也逐步成为业界主流的环网技术。

RRPP 主要由一个主节点、多个传输节点和控制 VLAN 构成，主节点配置主端口和从端口，正常工作时主节点周期性地从主端口发送 Hello 报文，从端口一旦接收到发送的 Hello 报文，立刻阻塞从端口。控制 VLAN 主要传输 RRPP 的控制报文，有效保护控制报文。工作原理见图 1。

原理见图 1。

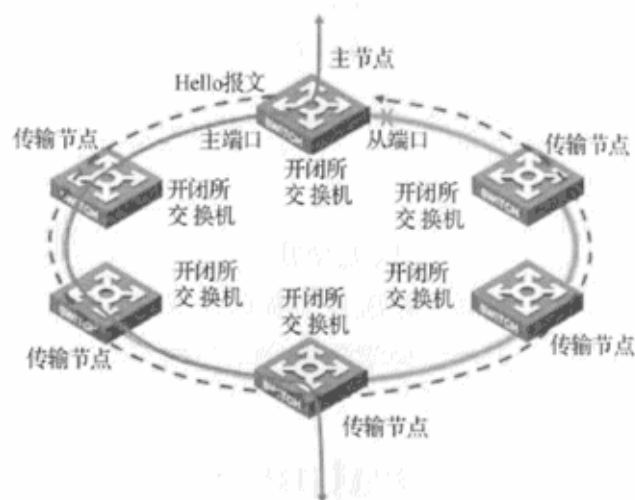


图 1 RRPP 组网结构图

一旦发生故障，如链路中断，故障相邻的节点或端口上会立刻检测到故障，并向主节点发送链路故障报文，主节点接收到该报文则认为环网处于故障状态，立刻放开从端口链路，同时发送报文通知其他传输节点链路发生问题，通告其他节点改变传输方向，传输节点更新转发表后数据流则切换到正常的链路上。

若故障恢复，故障节点或端口会重新启动，这时故障节点会临时阻塞该端口，但该端口还能透传 RRPP 协议报文，主节点发送的 Hello 报文可以穿透临时阻塞端口，一旦主节点的从端口接收到自己发送的 Hello 报文，认为环网已经恢复，立刻阻塞从端口，并发送报文通知其他节点打开临时阻塞端口，同时刷新状态，业务流量切换到正常链路上来。

总结该 RRPP 技术方案有下面几点优点：

(1) 可靠性高

以太环网上任一链路或节点发生故障时，以太环网解决方案能保证链路倒换时间为 50 ms 以内，业务倒换时间在 50~200 ms 之间。

(2) 安全性强

使用专属 VLAN 传送控制报文，与其他数据报文隔离，保证控制报文不受用户网络情况的影响，保证其安全性，并且通过给此 VLAN 设置优先级，保证控制报文和关键自动化信息优先传输。

(3) 适用性广

该方案的业务保护时间与环网节点数目、设备负荷、网络所承载业务、网络流量等因素无关。在组建大规模环网时，RRPP 技术依然能够保证 50~200 ms 的倒换时间；设备运行复杂协议时，如配置多种 ACL 规则、MPLS PE 等情况下，也不影响网络的收敛时间；不管上层运行什么样的业务，如语音、视频等，RRPP 技术都能够保证极短的切换时间；在大流量的情况下也可以保证毫秒级的自愈保护时间，在业务不断增长、数据量不断加大的情况下，以太环网技术依然可以保证业务的快速倒换。

该项目应用后使用稳定、工作可靠，对比 SDH 网成本节约大约 40%，而且采用先进方案，以后系统扩展 IP 电话、视频监控业务仅需要增加一些终端设备即可。同时由于采用技术的先进性，人员素质更不上业务发展，因此还需要后期对技术人员进行针对性的培训。