

智能路由多层交换机在变电站自动化系统中的应用

冯世林

(四川电力试验研究院, 四川 成都 610072)

摘 要: 针对电力系统变电站自动化系统结构现状, 分析智能路由多层交换机在变电站自动化系统中的应用和前景。为提高变电站自动化系统的技术水平和功能优化提供意见和参考。

关键词: 路由; 多层; 交换机; 变电站自动化系统; 应用和展望

Abstract Aiming at the current structure of substation automation system in power system, the application of intelligent multi-layer routing switch to substation automation system and its expectation are analyzed. It gives a reference for the technical level improvement and function optimization of substation automation system.

Key words: route; multilayer switch; substation automation system; application and expectation

中图分类号: TM762 **文献标识码:** B **文章编号:** 1003-6954(2009)03-0073-04

1 智能交换机的特性

计算机网络自 20 世纪 90 年代就开始普遍进入生产和生活的各个领域, 历经十多年的发展和应用, 网络技术和计算机技术在软硬件等各个方面都有了突飞猛进的发展和进步, 并且以智能路由多层交换机(以下简称智能交换机)为骨干的智能型交换网络, 都比较成熟和可靠了, 这些都为电力系统在厂站自动化领域的发展和进步提供了良好的物质和技术基础。

由于交换机在变电站通讯网络中处于比较重要的地位, 无论是间隔层或站控层的监控和保护设备, 都必须通过铜缆或光缆将自身的通讯报文汇集到交换机并转发出去, 大量的数据交换要求交换机必须具有充足的交换容量和快速的交换能力, 以满足监控系统通讯的可靠性和实时性, 因此采用新型的智能交换机或充分挖掘现有交换机的通讯潜力就显得十分必要了。目前在通讯行业常用的智能交换机虽然生产厂家各不相同, 但都具有一些共同的特性, 主要是: 支持交换机 IP 地址配置和管理; 包含多个电口和光口; 具有全线速二层交换、三层路由能力和 DHCP 功能; 支持端口配置、捆绑、隔离和镜像; 支持 802.1Q 的虚拟局域网 (VLAN); 提供智能的流分类和完善的 QoS 特性; 具有 Spanning Tree 生成树、单播和组播等特性。下面就上述一些特性如何在电力系统的变电站自动化系统中进行应用

作出一些分析和建议。

2 智能交换机在变电站应用

2.1 智能交换机的远程访问 配置功能及应用

电力系统现有的变电站很多时候采用了较低端的二层交换机甚至是 HUB 集线器, 这些设备一般都不具有 IP 地址配置和管理功能, 因此难以对其进行监视、配置和优化, 一般只能通过查看其面板显示或在监控后台简单查看其工况, 无法通过 console 接口在本地配置, 更无法通过 FTP、TELNET 及 WEB 等方式远程登录和配置, 给调试和维护带来极大不便。进而, 基于智能交换机的多种高级功能及优化措施也就无从谈起了。所以若采用智能交换机则可以方便灵活地进行远程就地的登录和配置, 例如从远程查看本机名称及地址、查看端口流量或修改端口配置、查看或修改 VLAN 设置、配置路由和 DHCP、优化数据流向等等。

智能交换机的背板带宽和转发带宽都比二层交换机高, 具有全线速二层交换能力, 能够满足变电站事故时数据报文突发性猛增的运行特点。而其三层路由功能通过设置静态路由 (static route)、动态路由 (dynamic route) 和访问控制列表 (access control list ACL), 可用于优化变电站通讯数据流向, 增强网络安全性, 并在使用 FDDI 光纤环网或以太环网的变电站提高通讯冗余可靠性。其多个电口和光口均采用模

块化的配置,可以灵活地改变通讯端口类型,便于扩充和重新布置。而且智能交换机的路由是三层交换机区别于二层交换机的重要概念。三层交换机实现了 IP 协议及相关的整个 TCP/IP 协议栈,可以提供三层路由转发功能,即跨越不同 IP 网段的 IP 报文转发。现阶段变电站通讯网络结构越来越趋向于按电压等级和电气间隔划分网段,在数字化变电站中这种趋势更加明显,即不同间隔之间一般不能直接通讯,必要的共享信息可通过路由功能实现,这样就减小了报文的广播域和冲突域,有利于提高网络通讯效率。

2.2 智能交换机的端口特性及应用

智能交换机支持端口配置、捆绑、隔离和镜像的特性,使得可以根据不同的电气设备类型,考虑其不同的通讯带宽要求,对其在交换机相连的端口上有针对性地进行配置。如主变间隔、线路间隔和断路器间隔,其运行地位比较重要,且间隔内设备的数量和遥测、遥信通讯量较大,可以将其端口配置为 10 M 全双工/无流控模式,在单个端口速率不足时还可将几个端口捆绑起来使用,以保证其通讯的实时性和可靠性,同时还可以对部分端口在相互之间进行隔离,以减少广播数据包,降低报文收发冲突几率;而对一些通讯量较小的从属设备,以及一些由于安装位置较远而通讯易受干扰的设备,则可以配置为 10 M 全双工/有流控模式,以降低通讯速率的方式来减少误码率和增加传输距离,重点保证其通讯可靠性。同时,这部分低速端口未使用的背板带宽又可以更好地保证重要设备的通讯,从而形成良性循环,充分利用智能交换机强大的通讯能力。

智能交换机的端口镜像功能可以将一个或多个端口的数据复制到指定的交换机端口上,从而可进行网络流量分析和错误诊断等。可以将协议分析仪逐级接入,以查看网络通讯设备或自动化系统各个间隔装置的通讯报文,以便快速进行故障定位;也可以接入流量分析仪,采样或加量模拟网络通讯流量,以评估网络在变电站正常运行和事故时的网络负载率。

2.3 智能交换机支持 VLAN 的特性及应用

智能交换机支持 802.1Q 的 VLAN 是一个比较重要的特性。VLAN 是目前构建局域网普遍采用的技术,被称为虚拟局域网。传统局域网的组网方式是以交换机为主要联网设备,受到物理线路布局的限制,所有与交换机连接的下级设备都处于同一个广播域和冲突域中。可以将任何一个端口或端口的集合

都看作是一个 VLAN。VLAN 的划分不受硬件设备物理连接的限制,用户可以通过命令灵活地划分端口,创建定义 VLAN。因而可以以变电站的电气间隔为单位,将交换机端口划分成多个 VLAN,具体来说,使用 VLAN 有如下好处:

① VLAN 能帮助控制流量:在传统网络中,不管是否必要,大量广播数据被直接送往所有网络设备的所有端口,从而容易导致网络堵塞。而 VLAN 能设置每个 VLAN 中只包含那些必须相互通信的设备,从而减小广播域和冲突域,提高网络通讯效率。比如在某个线路间隔 VLAN 内的断路器、隔刀和地刀的状态和控制报文等信息,只会向交换机上联端口转发,而不会向其他间隔的端口广播,对于多回出线的变电站(十回以上),尤其意义。特别是对于变电站内不同电压等级的设备,由于这些设备基本上没有相互之间直接通信的需求(变压器例外),如果它们处于同一网段,其广播域和冲突域巨大,极大影响网络通信效率,如果按电压等级和电气间隔划分 VLAN,则可有效改善通信效率。

② VLAN 提供了更高的安全性:每一个 VLAN 都被配置成拥有唯一 IP 地址且处于不同子网段的路由接口,在每个 VLAN 中的设备只能与在同一 VLAN 中的设备通信。例如,主变压器间隔 VLAN 和线路间隔 VLAN 内的设备可以和本间隔内的其他设备通信。但如果在主变压器间隔 VLAN 中的设备要跟线路间隔 VLAN 中的设备通信时,即使它们在物理上属于同一个交换机的同一个 I/O 模块,那么也必须通过交换机进行路由才能进行。这样,两个间隔就不能直接通信,而且可以通过配置路由和访问控制列表(ACL)来允许或禁止其相互通信,从而提高系统安全性能。而对于变压器保护、母差保护、备自投等需要多间隔信息互通的设备,则可以通过指定各个间隔端口可以属于多个 VLAN 的方式,或者通过二层/三层组播方式达到互联的目的。

③ VLAN 使维护设备(如带 IP 地址的调试用 PC、保护测控调试仪、协议分析仪或流量分析仪等)的变更和移动更加方便:在传统网络中,维护人员不得不在维护设备的变更和移动上花费大量的时间和精力。如果维护设备移动到另一个不同的子网,那么每个维护终端的地址都得重新设置。而使用 VLAN 则不需要这些复杂繁琐的设置。VLAN 的分类,可以基于物理端口、802.1Q tag 标签或以上二者的组合,

定义起来非常方便,可以加快维护或调试的进度。

2.4 智能交换机提供智能的流分类和完善的 QoS 质量服务特性

QoS (quality of service)的目的就是向用户的业务提供端到端的服务质量保证。它有一套度量指标,包括业务可用性、延迟、可变延迟、吞吐量和丢包率。QoS 在可预测性、可测量性方面比传统 IP 有了很大提高,带来了更高效的带宽使用率。QoS 通常有三种服务模型。

(1)尽力而为的服务模型是最简单的服务模型,网络总是尽量按数据包到来的先后顺序处理数据包,而在可靠性、延时、抖动以及吞吐量方面不提供任何保证。它是互联网初期所采用的服务模型。这种模型的优点是简单,无需增加额外开销即可实现。但缺点也是明显的,在带宽不足的情况下,往往会得到最差的服务。

(2)集成的服务是一种复合的模型。用户需求将在发送数据前向网络申请所需要的服务,网络则负责在应用的通信过程中为其所需要的资源(带宽、时延等)做出保证。应用程序在收到网络预留资源的确认信息后才开始发送报文,且发送报文被控制在流量参数规定的范围内。

(3)差别服务模型也是一个多服务模型,可它通过对各种类型的数据包进行有效的分类,把要求相近的数据包划分成同一类包在网络中传播,使这一类包在网络中有一样的转发和缓冲特性,以此来实现某种程度的 QoS 保证,差别服务模型已成为目前应用最广泛的一种模型。

按照不同服务质量的要求,对报文进行分类形成多种形式的流,并可对这些流进行相应的处理。其实现方式为:①拥塞管理:按照报文分类对报文进行队列调度管理,定义不同报文的发送优先级,解决有限带宽的拥塞问题。②流量整形:对分类的报文按照要求的带宽为其分配一定的平均流量和突发流量。

目前电力系统变电站可将 QoS 应用于变电站视频监控,改善多达几十路的视频信号的画质。还可以将 QoS 应用于调度端、无人站和集控站,保障重点厂站的通信。在将来的数字化变电站中,由于交换机和以太网通信通道的大量使用,各个间隔的遥测、遥信、遥控及保护信号不再通过二次电缆传输,而主要是通过光纤、网线等介质,用以太网报文向各个设备和通讯层传输,对于重要设备的遥测、遥信和保护

报文进行分类并指定较高的优先级,以保证其实时性和可靠性。因此 QoS 的报文分类、处理和服务质量保证特性可以很好地服务于数字化变电站的各项通讯业务。

2.5 智能交换机具有 Spanning Tree 生成树功能

STP (spanning tree protocol)目的是通过协商一条到根网桥的无环路路径来避免和消除网络中的环路,确保到每个目的地只有一条路径,如果某条链路失效了,根网桥知道存在冗余链路,它会启动先前关掉的这条冗余链路。STP 能在变电站通信网络中部署备份线路,能够保证在主线路正常工作时,备份线路是关闭的;当主线路出现故障时自动启用备份线路,切换数据流。STP 协议可以实现:为稳定的生成树网络拓扑结构选择一条根桥;为每个交换网段选择一台指定交换机;通过将冗余的交换机端口置为 Blocking 来消除网络中的环路。因此对于电力系统中大量的低电压等级的变电站,由于其通信网络一般为单网、单服务器结构,在不增加大的投资情况下,采用单环网和智能交换机 STP 特性以获得冗余通信链路,对于提高变电站通信可靠性具有一定的优势。

2.6 智能交换机单播和组播特性

目前基于以太网的 IPv4 通讯可以分为单播、组播、广播三大类。

通常的 IP 数据通讯都使用单播方式,即每个报文的接收者有一个明确的唯一的 IP 地址。

广播方式是各种报文无条件地发送给所有 IP 设备,网段内的所有 IP 设备都要接收这个报文,报文冲突的几率也就增大了,容易引起网络广播风暴和冲突。

IP 组播是一种点到多点的通信方式,用户可将一个数据流发送给多个接收者,支持组播的网络会自动只在必要且适当的网络节点上才复制组播报文,而不需要数据源重复发出多份数据,从而以最小的带宽占用将组播报文发送到所有的目的地,这样可以显著节省网络带宽占用。IP 组播又称为三层组播,与二层组播功能有区别。三层组播使用 IP 组播路由协议,从而可以在跨越多个三层设备,在多个网段之间选择组播转发路由,控制组播数据有效地转发到需要数据的网段,避免转发到不需要的网段,并可以抑制数据重复转发到一个网段上。而某些交换机具有的二层组播功能,主要是指在二层转发的过程中,通过 IGMP-SNOOPING 等手段获得 IP 组播的某些信息,

用有选择的转发代替二层广播,达到优化的目的。IP 组播在节省通信带宽、降低服务器和网络负载等方面较单播有许多优越性。

在目前变电站中,为了保证通讯的实时性和减小网络配置的工作量,往往采取单网段广播方式进行通讯,因此广播风暴也就无可避免了。广播风暴经常体现在保护、测控装置系统通信延时大,计算机程序反应慢,报文丢失或时标误差大等现象,甚至导致装置死机,影响变电站自动化系统通讯的实时性和可靠性,成为发生运行事故的隐患和故障分析时的信息盲区。因此根据变电站的实际规模和运行方式,适当地将通讯网络划分为多个网段,充分利用交换机的端口特性和 VLAN 特性,同时辅之以 QoS 及组播等配置,

可以较好挖掘交换机的通讯潜能,改善变电站通信网络的通讯效率。

3 结束语

智能交换机目前在电信行业已经进行了广泛的应用,在电力系统也有了逐步的使用,随着其价格的降低和性能的提升,在变电站自动化系统中大量应用智能交换机是具有现实可能性的。这对于电力工程人员在变电站调试和检修工作提出了新的要求,既懂电气又懂网络和通讯将是工程人员基本的素质和要求。

(收稿日期: 2008-12-10)

(上接第 38 页)

压,并经变压器耦合倒相后触发可控硅,此时,开口三角形被短接,产生强烈的阻尼作用使铁磁谐振迅速趋于衰减,其后,可控硅被恢复为阻断状态。可控硅分频消谐器工作原理类似于微电脑消谐器,为消谐工作提供了一种全新的思路。

10)对于线路不长的电网,在开口三角形绕组接 WNX 系列特定型号的微电脑多功能消谐装置,能消除高频、工频、分频谐振过电压。当系统发生单相接地时,给予判断,发接地信号,消谐装置不投,可以避免低值电阻长时间接在开口三角形侧导致互感器因过热而烧毁。缺点:当线路很长时,该装置对互感器瞬时低频饱和电流抑制较弱。

11)在 TV 的开口三角形处接吸能型消谐装置,此装置正由有关单位研制,其采用单片机控制,谐振时可以分析 TV 开口三角形的零序电压,且予以判定:①因系统单相接地而导致故障;② TV 因饱和引起谐振。并通过消能电容吸收能量最终达到消谐目的。见图 5,该装置能正确记录消谐次数,且能有效地区别谐振频率(高频、工频或分频)。

3 结 论

(1)对谐振力度不大的电网,可在 TV 一次中性点或开口三角形侧接入消谐电阻,此方法经济、便捷。

(2)对分频谐振频繁的电网,可采用 KFX 型可控硅分频消谐装置,其强有力的阻尼作用可使铁磁谐振迅速趋于衰减。

(3)对谐振频繁且线路不长的电网,可采用特定型号的 WNX 型微电脑消谐器,效果显著。

(4)对开口三角形已装设电阻(灯泡)后消谐效果不佳的电网,可在 TV 一次中性点处接入消谐器,还可以在开口三角形处改接零序 TV 或消谐器。

参考文献

- [1] 解广润. 电力系统过电压 [M]. 北京:水利电力出版社, 1985.
- [2] 杨恢宏,等. 单片机控制的吸能型消谐器研制 [J]. 四川电力技术, 2000, (3): 35-36.
- [3] 周泽存. 高电压技术 [M]. 北京:水利电力出版社, 1988.
- [4] 李达坚. 10 kV 电压互感器各种防谐振措施评述 [J]. 广东电力, 1999, 12(1): 34-37.

(收稿日期: 2008-12-07)

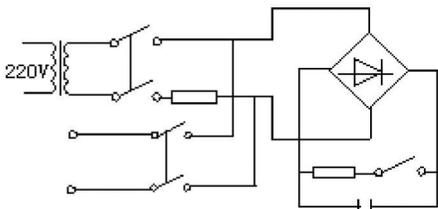


图 5 吸能型消谐器示意图