

VLAN技术在智能化变电站网络中的应用探讨

牛占平

(济源供电公司,河南 济源 454650)

摘要: 参照 IEC61850 标准通信体系要求,通过对单间隔传输流量的计算,给出了用 VLAN 技术解决过程层数据流量的技术方案,并从 VLAN 技术作用、定义方式、802.1p 协议、划分原则等方面深入探讨 VLAN 技术在智能化变电站组网中的应用。结合智能化变电站工程实践,阐述 VLAN 技术在智能化变电站中的应用方案。说明了 VLAN 技术,满足 IEC61850 通信体系下的智能变电站组网要求。

关键词: IEC61850; VLAN; 数据流量; 智能化变电站; 组网

Application of VLAN technology in the intelligent substation network

NIU Zhan-ping

(Jiyuan Power Supply Company,Jiyuan454650,China)

Abstract: This paper provides the technical solution of process level data traffic through VLAN technology. By the calculation of single bay transmission traffic, and consulting the promulgation of the IEC61850 standard communication system, it explores the application of VLAN technology in the intelligent substation network, from the VLAN technical effect, definition mode, 802.1p protocol and division rule. It expounds the application scheme of VLAN technology in the intelligent substation, based on the engineering practice of the intelligent substation, and explains that the VLAN technology meet the network deployment requirements of intelligent substation in the communication system of IEC61850 standard.

Key words: IEC61850; VLAN; data traffic; intelligent substation; network deployment

中图分类号: TM734 文献标识码: A 文章编号: 1674-3415(2009)23-0075-04

0 引言

虚拟局域网 VLAN(Virtual Local Area Network)技术充分体现了现代网络技术的重要特征:高速、灵活、管理简便和扩展容易。是否具有 VLAN 功能是衡量局域网交换机的一项重要指标,网络的虚拟化也是未来网络发展的潮流。VLAN 技术是通过将局域网内的设备逻辑地划分成不同网段,从而实现组建虚拟工作组的技术,达到减少碰撞和广播风暴、增强网络安全性,并为 802.1p 协议的实现奠定了技术基础,提供了实现手段。

交换机在网络中占据着绝对的位置,所以从某种意义上来说,交换机的性能与成本决定了网络的性能与成本。目前 10/100 M 自适应网络交换机是市场的主流,1 000 M 网络交换机由于成本原因没有得到大面积推广。智能化变电站过程层网络信息数据总量十分可观,但大部份信息数据不需要横向流通,在过程层网络中采用 VLAN 组网技术,为 100 M 以太网交换机

在智能化变电站组网中的应用奠定了理论基础,既降低了组网成本,又满足了网络安全、可靠性。

1 数字化变电站的通信要求

IEC61850 标准把变电站自动化系统从功能逻辑上分配为三层(站层、间隔层、过程层)。这些层及逻辑接口的逻辑关系如图 1 所示。

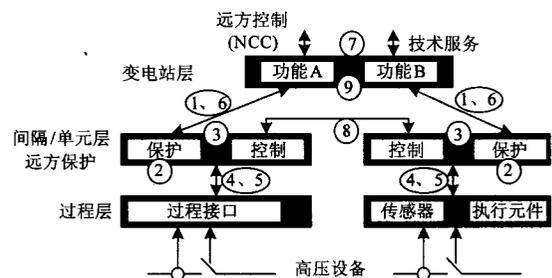


图 1 功能-接口模型

Fig.1 Functions and interfaces model

根据IEC61850-7-1标准，过程层和间隔层采用IEC61850-9-1/2协议和GOOSE协议通信，间隔层装置和站控层采用IEC61850-8-1（MMS）通信。IEC61850-9-1采用点对点传送方式，只需考虑传送介质的带宽和接受方CPU处理数据的能力，而不用担心数据流量对于其他间隔设备传输的影响，因为它并没有通过网络与其他间隔共享网络带宽，所以不需要交换机。这种方式简单可靠，但光纤连线繁杂，无法在标准范围内实现跨间隔保护，安装方式不灵活。而IEC61850-9-2方式将合并器采样数据信号以光纤方式接入过程层网络，间隔层保护、测控、计量等设备不再与合并器直接相连，通过过程层网络获取信息数据，从而达到采样信号的信息共享。通过在交换网络中采用网络优先级技术、VLAN技术、组播技术等网络技术有效的防止采样值传输流量、速度对过程层网络地影响，保证过程层数据在100 M以太网上安全、高效、有序传输。

IEC61850-3部分定义了变电站自动化系统(SAS)站内智能电子设备(IED)之间的通信及相关系统要求，对站内设备监视、配置和控制的通信系统的可靠性、可用性、可维护性、安全性、数据完整性等性能提出了要求。为了满足这些要求，设备间通讯依靠基于IEC61850标准的100-Mbit/s光纤以太

网实现，过程层设备通过过程级总线互联，间隔层设备通过站级总线互联。

网络交换机要求具备以下管理功能：

可靠性符合 IEC61850-3 标准

交换机支持多环组网方案

高速 eRSTP 环网冗余技术，每台交换机的恢复时间 < 5 ms

Zero-Packet-Loss 零丢包技术

宽温度范围

超强的抗电磁干扰能力

MTBF长，保证了高可用性

支持802.1Q VLANs

支持802.1p协议

2 单间隔传输流量计算和VLAN解决方案

2.1 传输流量计算

因为不同间隔间需要共享部分信息，而不是全部信息，因此将全站过程层交换机经过主干交换机进行星型模式级联，如图 2 所示。如果不对间隔层交换机流出数据进行流量控制，主干网交换机很容易流入流量超负荷的情况，使网络产生阻塞甚至瘫痪。我们对单个间隔的 SMV 数据流量及 GOOSE 数据流量进行理论计算和实际测试，结果基本一致。

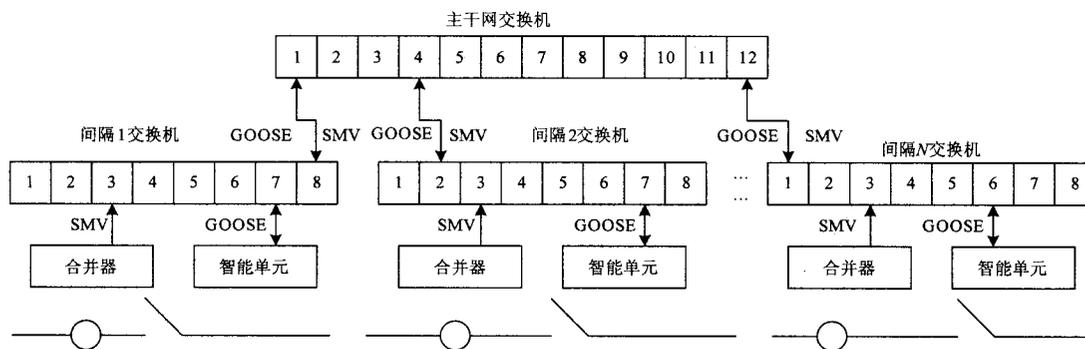


图 2 过程层组网结构图

Fig.2 Network deployment structure figure of the process level

IEC61850-9-2 工程中实际最大报文长度 (SVLD 为变量)，单间隔 SMV 理论计算流量：

按照每帧 1 点(12 个模拟量通道)计算，一个合并器每秒种的数据流量：

$$S=159 \text{ 字节} \times 8 \text{ bit/字节} \times 50 \text{ 周波/s} \times 80 \text{ 点/周波} = 5.088 \text{ Mbit/s;}$$

单间隔实际测试 SMV 流量和理论计算数据相当。

GOOSE 工程中实际最大报文长度：

按照 $T_0=10 \text{ s}$ 计算，一个智能设备每秒种的数

据流量：

$$S = 6016 \text{ 字节} \times 8 \text{ bit/字节} \times (1 \text{ s}/10) \text{ 帧} = 0.048 \text{ Mbit/s;}$$

交换机数据吞吐总量由流入交换机的数据决定，理论上流入数据都可以正确流出，只是数据流量的大小决定了网络（延时）性能。主干网交换机上流入的数据主要是跨间隔保护需要的数据，如失灵保护、母线保护等需要的数据。按照单位间隔估算，如 SMV 数据中的保护电流、GOOSE 数据等。由于 GOOSE 信息流量和 SMV 相比可以忽略不计，

所以流入主干网交换机的数据相当于间隔交换机的 $\frac{1}{3}$ ，按照理论计算数据为 1.6 Mbit/s。所以主干网交换机除了在交换口数量上要满足工程选型外，对于一般规模的智能化变电站都可以满足容量的要求。

2.2 VLAN 解决方案

上述已经明确了网络上需要横向传输的数据并不是全部数据，而是跨间隔保护或者其它设备需要的一部分，所以必须采用 VLAN 方案，即 802.1p 协议使其横向通过需要的数据，不需要共享和跨间隔利用的数据就在本间隔纵向流通即可。其次数据流通需要优先级区分，IEC61850 规范对变电站内的网络上的数据进行了详细的划分，根据网络信息不同需求和要求，给予不同的报文不同的优先级。

2.2.1 VLAN划分的几种模式

基于端口的 VLAN

基于 MAC 地址的 VLAN

基于路由的 VLAN

基于策略的 VLAN

基于端口的 VLAN 划分模式是最简单、有效的方法，在智能化变电站网络中得到了充分有效的应用。基于端口的 VLAN 模式是从逻辑上把交换机按照端口划分成不同的虚拟局域网，使其在所需用的局域网络上流通。

2.2.2 过程层网络 VLAN 划分原则

对于采样值的处理：

电流合并器和其对应的装置应该划分到一个 VLAN，且全站唯一；电流合并器应和其所在母线上的全部需要电压的装置划分为一个 VLAN 且全站唯一。

GOOSE 信息的处理：

采用 IEC61850-9-2 方式，对全站 GOOSE 信息统一分配一个 VLAN，且全站唯一。当采用 IEC61850-9-2 方式时，考虑到和采样值相比较，GOOSE 的信息量非常少，不对其划分 VLAN 也不会对网络性能造成太大影响。

对时报文处理：

统一分配一个 VLAN，默认为 VLAN1。

2.2.3 过程层网络 VLAN 划分方法

按照间隔划分 VLAN，是过程组网的基本原则，每个间隔划成一个 VLAN。如 110 kV 线路间隔、110 kV 分段间隔、110 kV PT 测控间隔、主变间隔、10 kV 线路间隔、10 kV 分段间隔、10 kV PT 测控间隔、电容器间隔、电抗器间隔、所用变间隔等。如果 10 kV 线路的间隔比较多(例如 50 多个)，

而所用交换机支持的最大 VLAN 个数又比较有限(如 RUGGEDCOM 型号交换机支持 64 个 VLAN)，可以一段母线或者多条线路间隔划为 1 个 VLAN，以满足交换机的本身参数要求。如图 3 所示，某变电站的 VLAN 示意图。

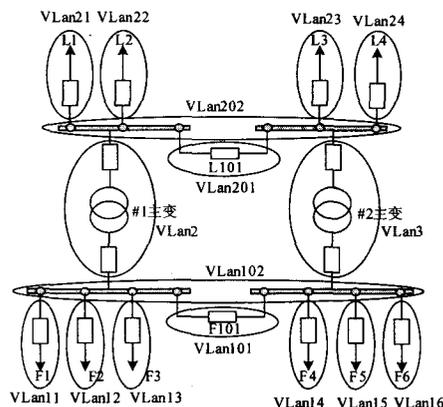


图 3 VLAN 划分示意图

Fig.3 VLAN division hint figure

2.2.4 线路间隔解决方案

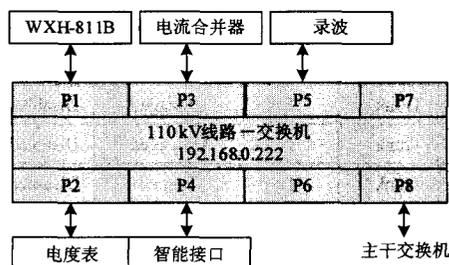


图 4 线路间隔网络接线图

Fig.4 Line bay wiring figure

表 1 线路间隔 VLAN 配置表

Tab.1 Line bay VLAN allocation table

序号	VLAN_ID	VLAN 名称	所含装置
1	2	VLAN_110PT	110 kV 线路保护，分段，主变保护，110 kV PT 测控，110 kV PT 合并器，主变采集器 110kV 电压接口
4	101	VLAN_110 kV 线路 I	110 kV 线路 1 保护，110 kV 线路 1 电流合并器
26	111	VLAN_110G OOSE	110 kV 线路保护、PT 测控及相关智能接口

表 2 线路间隔交换机配置表

Tab.2 Line bay switch allocation table

序号	交换机所属间隔	端口	IP 地址
1	主干交换机	16	192.168.0.221
2	110 kV 线路交换机	16	192.168.0.222

表 3 VLAN 静态配置表

Tab.3 VLAN static allocation table

VID	VLAN Name	Forbidden Ports	IGMP
1	ManagementVLAN	None	Off
2	VLAN_110PT	3, 4	Off
101	VLAN_110kV1	4-8	Off
111	VLAN_110GOOSE	2, 3	Off

表 4 交换机端口参数配置表

Tab.4 Switch port parameter allocation table

Port	Type	PVID	PVID Format	GVRP
1	Trunk	1	Untagged	Disabled
2	Trunk	1	Untagged	Disabled
3	Trunk	1	Untagged	Disabled
4	Trunk	1	Untagged	Disabled
5	Trunk	1	Untagged	Disabled
6	Trunk	1	Untagged	Disabled
7	Trunk	1	Untagged	Disabled
8	Trunk	1	Tagged	Disabled

3 结论

本文通过对 VLAN 技术的说明以及数字化变

电站系统和站内智能电子设备 IED 通信及相关的系统要求,系统地论述了 VLAN 技术在数字化变电站中的应用情况。经过数字化变电站实际运行,采用 IEC61850-9-2 规约和 VLAN 方案配置,具有光纤连线简洁,便于实现跨间隔保护,安装方式灵活,运行维护简单,其通信可靠性,简单性、安全性、数据完整性以及其他性能要求均完全符合 IEC61850 的要求。

参考文献

- [1] IEC61850-5, 功能的通信要求和装置模型[S]. IEC61850-5, Communication Requirements for Functions and Device Models[S].
- [2] IEC61850-9-2:2004, 变电站通信网络和系统第9-2部分:特定通信服务映射(SCSM)映射到ISO/IEC8802-3的采样值[S]. IEC61850-9-2:2004, Specific Communication Service Mapping (SCSM) - Sampled Values over ISO/IEC 8802-3[S].
- [3] IEEE802.1Q, VLAN信息规范[S]. IEEE 802.1Q, VLAN Message Specification[S].
- [4] 张沛超. 变电站通信网络和系统协议 IEC61850 的研究[Z]. ZHANG Pei-chao. Substation Communication Network and System Study of IEC61850[Z].

收稿日期: 2009-08-03; 修回日期: 2009-09-16

作者简介:

牛占平(1963-), 男, 长期从事电力自动化产品的研究和开发工作. E-mail: nzping@sina.com

(上接第 65 页 continued from page 65)

- [10] IEC 61970, Energy Management System Application Program Interface[S].
- [11] 操丰梅, 任雁铭, 王照, 等. 变电站自动化系统互操作实验建议[J]. 电力系统自动化, 2005, 29(3):86-89. CAO Feng-mei, REN Yan-ming, WANG Zhao, et al. Advices on Interoperability Test of Substation Automation System[J]. Automation of Electric Power Systems, 2005, 29(3): 86-89.
- [12] 何卫, 缪文贵, 朱颂怡, 等. IEC 61850 模型与 MMS 映射的矛盾及其解决建议[J]. 电力系统自动化, 2006, 30(23):97-100.

HE Wei, MIU Wen-gui, ZHU Song-yi, et al. Contradiction in the Mapping of IEC 61850 and MMS and Its Solutions[J]. Automation of Electric Power Systems, 2006, 30(23):97-100.

收稿日期: 2008-08-03; 修回日期: 2009-01-09

作者简介:

徐清超(1980-), 男, 硕士, 研究方向是电力系统稳定及自动控制, 主要从事电力系统继电保护、电力系统通信和变电站自动化、数字化变电站、智能电网等方面的工程设计与研究工作. E-mail: xutsch@sina.com