

智能变电站通信网络架构研究

杨 贵¹, 李兆祺², 胡绍谦¹, 熊慕文¹, 丁浩川¹

(1.南京南瑞继保电气有限公司, 江苏 南京 211102; 2.辽宁营口供电公司, 辽宁 营口 115000)

摘 要: 目前智能变电站根据安全及业务不同划分了几个不同的区域网络, 由于智能变电站对业务的融合实现一体化监控系统的发展需求, 为了满足对各区业务进行统一管理需要, 需要对不同区域的功能进行融合。本文针对智能变电站组网现状进行分析, 并对现有的 I 过程层组网情况进行了介绍, 通过分析过程层网络的报文流量及特点, 分析未来智能变电站过程层网络组网的发展趋势。

关键词: IEC61588; 交换机; 组播管理; 智能变电站; 过程层

0 引言

目前, 智能变电站沿袭了传统变电站的分区安全架构, 变电站内分为 I 区和 II 区, I 区为控制区, 由后台监控系统、远动机、保护、测控、合并单元及职能终端等跟变电站保护监视控制密切相关的设备构成。II 区由故障录波、消防、在线监测、视频、计量、电源等变电站辅助设备相关的设备构成。随着智能变电站的发展, I 区和 II 区的业务存在着大量的交互, 如 II 区需要监视 I 区采用值等信息。

为了更好的实现智能变电站的统一监控, 国网提出了智能变电站一体化监控系统的概念。智能变电站一体化监控系统是按照全站信息数字化、通信

平台网络化、信息共享标准化的基本要求, 通过系统集成优化, 实现全站信息的统一接入、统一存储和统一展示, 实现运行监视、操作与控制、综合信息分析与智能告警、运行管理和辅助应用等功能。

智能变电站一体化监控系统直接采集站内电网运行信息和二次设备运行状态信息, 通过标准化接口与输变电设备状态监测、辅助应用、计量等进行信息交互, 实现变电站全景数据采集、处理、监视、控制、运行管理等。

为了更好的实现 I 区和 II 区的融合并保证 I 区网络的安全性, 需要在两区之间加入防火墙进行区间隔离。具体框图如图 1 所示。

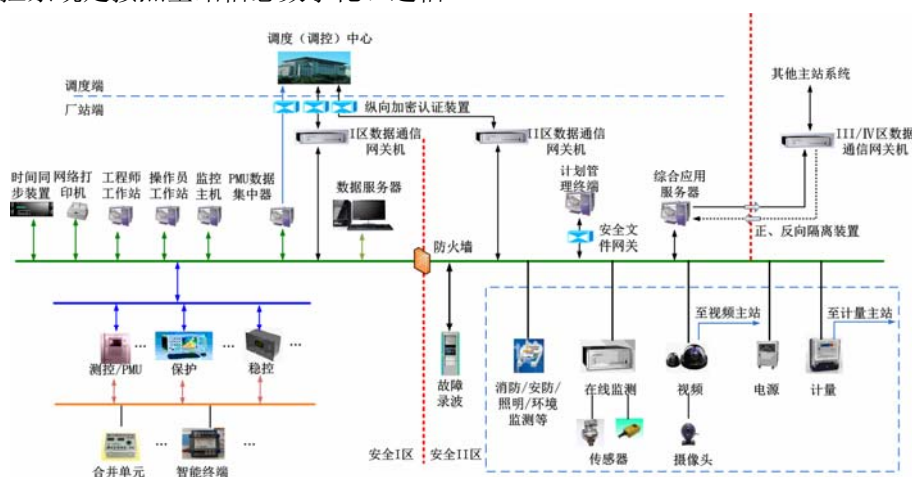


图 1 智能变电站一体化监控系统架构示意图

1 组网情况介绍

智能变电站 I 区典型网络结构如图 2 所示, 分为站控层、间隔层和过程层^[1]。后台、远动装置及保护、测控、规约转换、电度表等装置构成了站控层

网络, 传输 MMS 信息。保护、测控、规约转换、电度表、智能终端和合并单元构成了过程层网络, 传输 SMV、GOOSE 等信息。

I 区和 II 区融合部分目前只集中在 I 区的站控

层网络和Ⅱ区的网络融合。Ⅱ区通过防火墙传输给Ⅰ区的数据服务器进行远传等处理。而Ⅱ区较原有网络结构基本没有太大变化,本文将仅对Ⅰ区的网络结构现状及优化进行分析介绍。

目前的智能变电站Ⅰ区网络过程层组网结构根据电压等级的不同具有多种不同的组网架构。

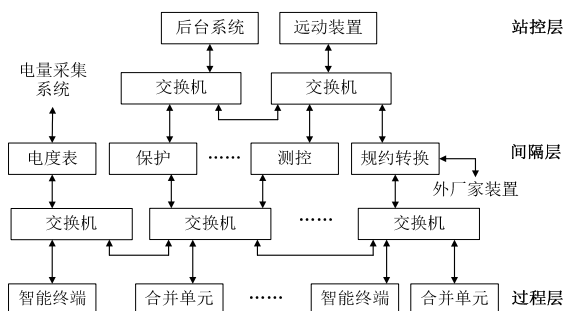


图2 智能变电站典型组网图

1.1 220kV及以上电压等级

✧ 直采直跳方式

对于220kV及以上电压等级的过程层网络主要采用保护SV、GOOSE^[2]采用点对点直连方式,测控、网络分析仪及故障录波器等采用SV、GOOSE混合组网或分别网络方式实现信息的采集、控制等。该方式的最大优点是合并单元上送SV信息直接连接到保护装置上,传输延时固定且可靠性高,缺点是直连光纤太多,每个接收端均要从合并单元连接独立的光纤,导致合并单元和保护装置光口数量过多。

✧ 网采网跳方式

保护、测控、网络分析仪及故障录波器等均采用组网方式实现信息的采集、控制等功能。为了确保网络的安全性,防止SV、GOOSE报文的相互串扰,因此,目前智能变电站采用网采网跳方式均将SV和GOOSE分别组网。为了提高保护的相互独立性,将两套保护分别组成不同的SV、GOOSE网络,该方式有双套双网、双套单网两种方式。

双套双网将每条线路的两套保护分别组成相互独立的两套网络,且每套网络采用双网结构组网。同样,双套单网将每条线路的两套保护组成相互独立的两套网络,但是每套网络采用采用单网结构组网。双套双网模式较双套单网模式在网络可靠性上具有很大的可靠性提升,且对交换机端口的需求量没有更大的需求,因此,更推荐采用双套双网模式构建过程层网络。

1.2 110kV及以下电压等级

对于110kV及以下电压等级的保护和测控装置采用统一的组网方式,即保护和测控装置统一构成SV网络和GOOSE网络,或统一构成SV、GOOSE混合网络,以上网络均为双网配置。

为了解决智能变电站的二次网络成本,110kV及以下电压等级的线路或变电站均采用保测一体装置实现相应线路的保护功能。由于过程层网络交换机成本较高,为了能够进一步解决组网成本,减少网络数量,目前已有部分变电站开始采用SV、GOOSE混合组网方式了。但是由于SV报文流量较大、GOOSE突发流量较大等各自的特点,这种组网方案还无法在220kV以上电压等级得到推广。

2 过程层报文分析

智能变电站过程层网络传输SV、GOOSE报文类型均为二层组播报文,为了对过程层网络进行合理的规划需要首先了解各种报文的特点。

2.1 SV分析

SV报文为合并单元发送给保护、测控等装置的原始采样电压电流信息值,每个周波采样点数为80点^[4],每帧SV报文长度一般在200字节左右,因此,每路SV报文流量大概在5Mbps-8Mbps,为了后续方便计算我们统一每路SV报文流量为6Mbps。

采用组网方式传输SV报文情况下,由于交换机间存在级联,而通过级联端口的SV报文同样存在拥塞现象,为了有效的解决交换机间级联的带宽问题,目前,过程层交换机间级联普遍采用千兆光以太网实现。

在正常组网情况下,线路保护仅接收一路SV报文,而母差保护需要同时接收多路SV报文,在母差保护的SV输入光纤端口上,存在SV报文拥塞的情况。这种情况下无法通过增加端口速率来减小拥塞带来的延时,因此,无法达到或者逼近直采直跳方式的延时要求,在这种情况下必须通过一定的方式来解决传输延时不确定问题。

目前普遍采用统一对时方式来实现,过程层网络采用统一的IRIG-B码对时方式实现1μs的对时精度^[3],使得保护、测控、合并单元及智能终端等设备具有相同的时间值,SV报文从合并单元发出时将携带当前发送时间值,保护、测控装置根据报文携带的时间值进行SV报文排序并进行后续的计算。该方案可有效解决组网时带来的延时不确定问题。但

是, 由于IRIG-B码定时依赖于接收GPS或北斗的站内主时钟的稳定性、可靠性, 当主时钟无法正常接收到GPS信号或重新跟踪到GPS信号时将有可能导致时钟跳变而引起SV报文的不稳定, 从而导致保护装置的短暂失效。为了解决该问题各个厂家均在进行一些有益的探索, 但是并没有实质性突破。

2.2 GOOSE 分析

GOOSE 报文主要用来传输状态变位信息或控制命令等信息。平时在网络上的报文流量很小, 基本可以忽略, 但是当发生故障时将出现短暂的流量大量增加, 最大可达到30Mbps的突发流量。GOOSE报本身没有时序的要求, 因此, 对组网带来的延时抖动并不敏感。为了确保GOOSE突发时能够有效的传输到接收端, 需要确保网络具有足够的带宽能够传输报文而不应产生报文丢失。

为了确保GOOSE报文突发流量的可靠传输, 在组网时应保证网络预留足够的带宽来确保突发时的流量要求。

2.3 小结

通过分析, SV报文流量较大但是流量较为稳定, 无突发流量; GOOSE报文流量较小, 但是存在突发报文流量; 因此, 当SV、GOOSE报文混合组网时需要考虑各个端口的稳定报文流量和突发报文流量和不能超过端口速率。

3 过程层网络融合

为了确保GOOSE报文突发流量的可靠传输, 在组网时应保证网络预留足够的带宽来确保突发时的流量要求^[5]。需要在交换机上采用一定的流量管理方法来减少各个端口的报文流量。目前普遍采用VLAN方式实现组播报文的管理, 该方式通过划分虚拟局域网的方法实现过程层组播的传输路径管理, 有效的减少了接收端口的报文流量^[6]。

目前还有静态组播方式和GMRP方式也在智能变电站中有过应用。静态组播方式较VLAN方式管理更加细致, 可对未注册的组播报文进行丢弃等处理, 当时存在配置复杂的缺点。GMRP方式为动态组播注册协议, 由于采用动态注册方式, 配置可能随时发生变化, 存在一定的安全隐患, 因此, 目前基本上不在智能变电站推广应用。

虽然, VLAN、静态组播等技术可以有效的管理组播报文, 但是却无法解决GOOSE、SV报文间

相互干扰问题, 同样无法解决GOOSE报文间、SV报文间的相互干扰问题, 当过程层网络上的某个组播报文发生故障而流量突然增大时, 会导致整个过程层网络瘫痪, 保护无法获取有效SV报文而退出, 最终使得变电站工作在无保护模式。因此为了提升过程层网络的鲁棒性, 需要实现过程层网络的流量控制。

流量控制技术应能解决SV、GOOSE混合组网时的相互干扰问题, 理想的流量控制技术同时需要解决SV报文间、GOOSE报文间的相互干扰问题。

静态组播管理技术由于管理较VLAN更为细化, 可对未注册的无用组播报文进行丢弃处理。所以更符合智能变电站过程层网络的安全性要求, 为了解决静态组播配置繁琐的问题, 可采用交换机建模的方式实现过程层组播的统一管理。通过IEC61850统一的配置工具实现全站SCD文件的配置, 并通过该工具实现交换机配置的导出, 将导出的交换机配置上装到交换机中即可实现交换机的全部配置工作, 包括静态组播配置。采用该方式既有效的解决了静态组播配置繁琐问题, 同时也有效的解决了交换机无法纳入到智能变电站统一模型管理的问题。

目前, 流量控制技术还在探索中, 无有效解决办法。交换机建模工作各个厂家均在尝试, 但是由于没有统一的模型, 所以, 进度缓慢, 仅有个别站进行了试点运行。

4 结束语

本文分析了智能变电站I区、II区的构成, 并着重介绍了智能变电站过程层网络的发展现状及未来的发展趋势。

从目前的组网技术和应用情况来看, 过程层组网还存在一定的问题, 如延时不确定问题, 报文间相互干扰的问题及静态组播配置繁琐等问题。如果这些问题得到有效的解决, 过程层网络的鲁棒性将得到极大地提升。且将为过程层网络融合, 甚至站控层网络和过程层网络融合提供了可能性。当网络融合后, 交换机将可直接与后台机进行通信, 并通过交换机建模实现后台对站内交换机的统一监视管理。因此, 智能变电站的发展完善必将经历一个漫长的完善过程。

参考文献:

- [1] 杨贵,王文龙,熊慕文,等.千兆交换机在智能变电站的应用探讨[J].电气技术, 2010(8): 129-132.
- [2] IEC61850, Communication Networks and System Substations[S].
- [3] 周水斌,田志国,赵应兵,等. 满足IEC61850 要求的站用时钟服务器[J]. 电力系统保护与控制,2010,38(7):56-58.
- [4] 张小飞,但富中,马莹. 智能变电站的工业以太网交换机组网测试技术[J]. 电力系统通信,2010,31(212): 1-4.
- [5] 张清枝,魏勇,赵成功. 变电站网络化二次系统关键技术研究及应用[J]. 电力系统保护与控制,2009,37(8): 47-52.
- [6] 杨贵,王兆强,王文龙,等. 智能变电站过程层交换机关键技术探讨[J]. 电气技术,2012(1): 51-55.

作者简介:

杨 贵 (1976-), 男, 硕士, 工程师, 主要从事变电站自动化系统、数字化变电站系统及交换机研发工作,
E-mail: yangg@nari-relays.com;
李兆祺 (1972-), 男, 本科, 高级工程师, 主要从事变电站自动化系统、数字化变电站系统研究及检修工作;
胡绍谦 (1978-), 男, 硕士, 工程师, 主要从事变电站自动化系统、数字化变电站系统研发工作;
熊慕文 (1980-), 男, 硕士, 工程师, 主要从事变电站自动化系统、数字化变电站系统研发工作;
丁浩川 (1983-), 男, 硕士, 工程师, 主要从事变电站自动化系统、数字化变电站系统研发工作。

Intelligent substation communication network architecture research

YANG Gui、HU Shao Qian、XIONG Mu Wen 、DING Hao Chuan

(NR Electric Co., Ltd., JIANGSU NANJING 211102)

ABSTRACT: The intelligent substation safety and business according to different division of several distinct regional network, the intelligent substation on the business integration realization of integrated supervisory and control system development needs, in order to meet the need of business management, the need for different regional features fusion. This paper analyzes the present situation of intelligent substation network, and to the existing I area process layer network are introduced in the paper. The paper analyze through the analysis of process level network message flow and characteristics of intelligent substation process level network and the future network development trend.

KEY WORDS: IEC61588; SWITCH; Multicast Management; Intelligent substation; Process layer