[网络报文]

智能变电站网络报文分析

文/国网安庆供电公司　朱　宝　吴　薇　赵慧娟　王　玮

首先阐述新一代智能变电站典型的三层两网网络结构，逐一介绍各层的报文特征，以及站控层和过程层的报文流量计算，给出了变电站装置信息流示意图。通过对比分析站控层和过程层之间端口独立与端口合一两种方式，对报文共端口的网络安全进行了分析。

网络结构

基于IEC61850规约，新一代的智能变电站采用电子式流变和压变、合并单元、智能终端来实现电流、电压等采样值的数字化采集和传输，采用GOOSE报文传输断路器、隔离开关等开关量，通过MMS报文完成站级通信，实现信息共享、通信网络化以及信息的数字化。智能变电站的以太网是智能变电站信息交互的关键，其运行的可靠性对智能变电站的高效可靠运行起到关键的作用。

某变电站的网络构建如图1所示，采用典型的三层两网结构。

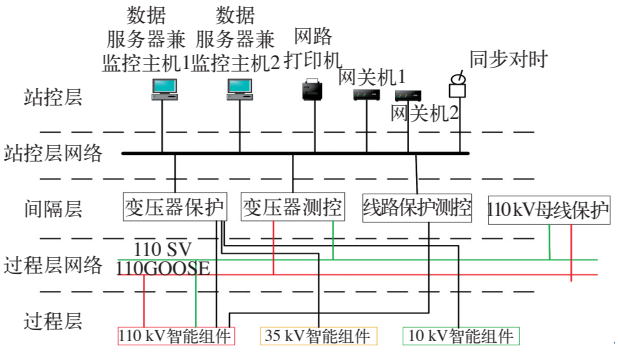

图1　某智能变电站网络结构示意图

通过站控层之间的MMS网络，站控层设备与间隔层的变压器、线路、母线等设备进行保护和测控信息交换。其主要的作用是监控操作和控制信息传输，可靠性要求相对较低，但存在大量的数据。过程层GOOSE网主要用于保护设备之间的信息交互，对数据传输的可靠性要求很高。部分智能变电站的保护会采用直采直跳，对GOOSE、SV网交换机的要求不会像网采网跳的要求那样高；过程层SV网络主要用于传输由电子流变和压电变化产生的电量收集值，或者将常规的电流互感器、电压互感器采集后的数字量进行传输或记录测量保护装置故障，数据量非常大，可靠性要求高。因此推荐智能站采用工业以太网交换机，通信的信息传输介质采用光纤，以保证过程层交换机的高效运行。采用GOOSE、SV独立组网方式，全站网络结构清晰简洁，信息传输通畅，且可靠运行。

智能变电站报文特征

下面将一一介绍MMS、GOOSE、SV、1588对时报文。

（1）MMS报文。当采用TCP/IP协议进行智能变电站的报文传输时，需要先发送ARP报文查询对方的MAC地址，确定收到应答并获取MAC地址后开始发送MMS信息报文。ARP报文发送间隔一般为20min。

（2）GOOSE报文。GOOSE报文为组播报文，发送频率较低，一般为几秒钟发送一包报文，当有突发变位等信息上送时，发送间隔最小为1 ms。GOOSE报文的报文长度理论上为64～1 518B之间。

（3）SV报文。SV报文为组播报文，每250 μs发送一包报文，SV的报文长度一般在200～30OB之间，因此，一般SV报文的流量在6～8 Mbit/s之间。

（4）1588报文。为 PTP 对时报文，平均报文流量在几千比特每秒，对整体网络流量的影响非常小，基本可以忽略不计。

报文流量计算

1．站控层流量

智能变电站的站控层网络主要传输MMS报文，包括突发上送、周期性上送、总召唤上送，也可传输GOOSE、SNTP报文。根据IEC61850标准第5部分规定，站控层报文属于中速或低速报文，MMS报文时延要求控制在100 ms以内。它的实时性要求没有过程层GOOSE、SV报文的要求那么高，站控层、间隔层设备可以采用百兆的端口接入站控层。

2．过程层流量

（1）SV流量。IEC61850－9－2采样值报文帧存在不确定的长度，具体长度的数值由它的结构和编码的确定：TLV格式使用ASN1编码，长度L最大占3B，最小占1B；另外，SVID长度是不确定的，最少需要2B，最多需要398个；每个数据占48的数据值和4B的数据品质。

（2）GOOSE流量。GOOSE报文配置灵活，可以传送跳闸信息，也可传送开关量信息，还可以传送模拟量，因此长度不固定，但是在工程应用中，一般传输跳闸或开关量的报文在200～300 B，传送模拟量（温度）的报文一般不超过600 B。

智能变电站的报文特征对比情况见表1。

表1　报文特征对比

报文类型	特征	数据量	时延要求	备注
MMS	TCP协议传输	全网<10 Mbit/s	遥测突变时<100 ms	经过传输层
GOOSE	突发，有重传机制	一一般情况忽略不计，雪崩时全网21 Mbit/s	跳闸时<3 ms	不经传输层，直接访问链路层
SV	核定速率发送，抖动<10 μs	单端口－7 Mbit/S 全网<80 Mbit/s	<3 ms	不经传输层，直接访问链路层
IEC 61588	需硬件支持	可忽略	不作要求	

报文共端口传输分析

1．报文收发机制

发送报文机制：过程层模块发送的GOOSE、SV报文，以及进入到报文收发模块后通过站控层模块发送的MMS报文，报文收发模块将根据报文的优先级来决定报文的优先发送顺序，一般情况下默认配置SV报文发送优先级最高、GOOSE报文发送优先级次之，MMS报文发送优先级最低。当有报文正在发送时，必须先完成发送任务在进行后面排队报文的发送，不能出现报文发送被打断的现象。该机制可保证SV报文的发送间隔稳定，同时也保证了MMS 报文的发送不受干扰，唯一的问题是MMS报文的发送可能会有几十微秒的等待，正常情况下小于几十微秒的延时对MMS报文的传输不会带来任何的严重影响。同样，GOOSE报文也会被SV延时几十微秒再发送，同样不影响性能。

接收报文机制：装置的对外端口为一个统一的端口，报文必然是顺序地进入装置内部，因此接收报文模块仅需要根据报文的特征进行分流即可，GOOSE和SV消息被发送到进程层模块，MMS报文被发送到站控层模块。在分流的过程中不会带来额外的报文等待延时。因此，该方案与分开接收的端口没有性能差异。

2．报文共端口传输

在智能变电站中，采用进程层模块对实时性要求较高的的GOOSE和SV报文进行处理；站控层模块用于处理站控层通信的MMS报文及ARP广播报文。SV、GOOSE和1588报文都是强实时报文，通过合理设置优先处理机制，在不影响保护和测量功能的前提下，可以实现三种报文共端口收发。

以智能变电站的合并单元、智能终端合一的装置为例，在SV、GOOSE、1588报文共端口的情况下，对SV报文发送的抖动需要控制在10 μs以内，因此SV发送的优先级将是最高，若GOOSE报文发送与SV报文冲突：则先要保证将SV报文发送出去，随后随后再安排G0OSE报文发送。即延迟到下一帧SV报文传输完成后再发送，保证SV始终以等间隔时间传输。由此导致的GOOSE 报文发送等待延迟一般在20 μs以内，对于GOOSE报文来说基本可以忽略。针对1588报文需要保证发送时刻能够准确记录，但是何时发送要求并不高，因此可以放在SV 和GOOSE都处于发送空闲期间进行发送，避免相互间的影响。

3．端口合一与端口独立

方案一：站控层通信与过程层通信采用不同端口控制器，如图2所示。

方案二：站控层通信与过程层通信共用端口控制器，如图3所示。

从图2和图3对比可以看出：站控层、过程层接口合一终期交换机需10台，接口独立终期需要11台。端口合一与端口独立两种方式各有优点，但端口合一方式能简化网络结构，交换机数量降低，减少维护工作量，推荐采用过程层、站控层网络合一方式。

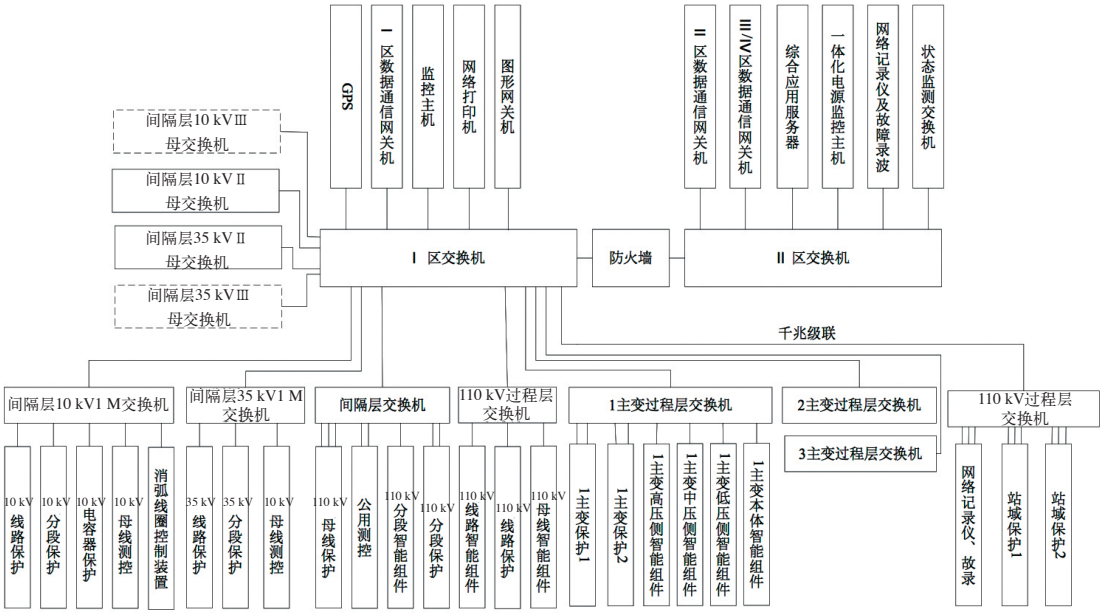

图2　站控层与过程层采用不同的端口传输网络结构示意图

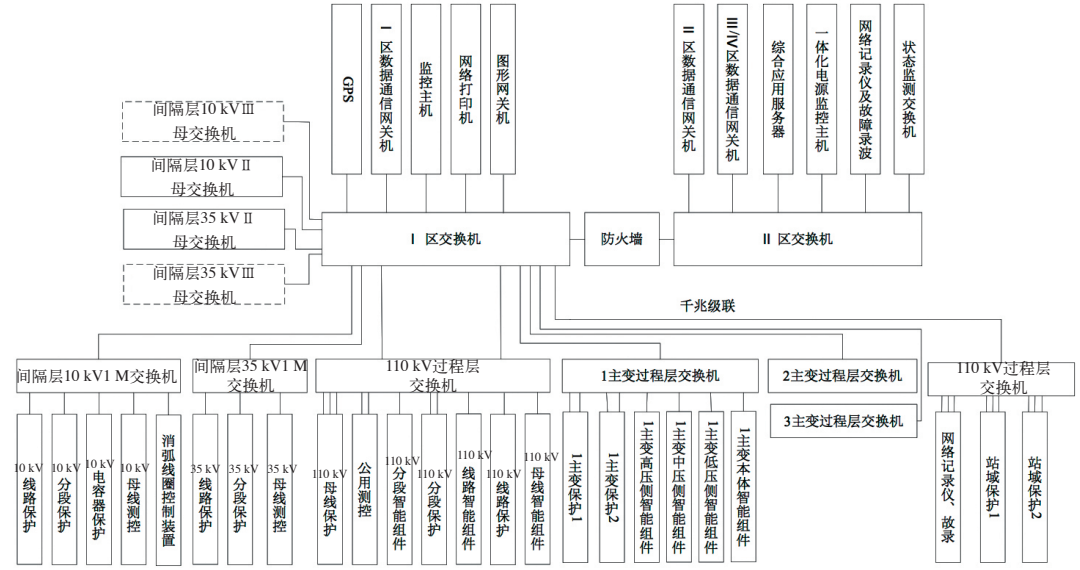

图3　站控层与过程层采共用端口传输网络结构示意图

由于交换机数量降低，需要考虑交换机侧是否可有办法将各类报文进行有效的分离，使各种不同报文不存在相互影响，当一种报文发生风暴时不能影响到其他报文的有效传输且性能不能有下降。

为了实现报文的有效隔离，采取了域控制技术及分流技术。可简单理解为对每一路GOOOSE报文和SV报文的组播地址进行流量控制，并对MMS报文流量进行总流量的限制，确保SV、GOOSE报文中的每一个组播报文或MMS报文发生风暴时对其他报文不产生冲击而中断。同时，在对组播或协议进行流量限制时设置突发流量的最大值，保证GOOSE这种突发性较大的报文发送雪崩的情况下不会导致报文丢失，从而保证报文共端口传输的安全性。 **EA**

（收稿日期：2018.07.08）
（编辑：白文亭）