

智能变电站保护装置信息处理优先级研究

同传统变电站相比,智能变电站中保护装置在结构和网络上发生了重大变化,保护装置需要接收和处理的信息更加复杂。目前,保护装置要处理的信息划分为GOOSE、MMS、SV和时间同步四类,结合各类报文的特点,分析研究各种信息相互冲突时,保护装置处理信息的先后顺序对智能变电站运行的影响,并给出了推荐处理方式。

余正达^{1,2} 吴文宣³ 翟博龙² 蔡金锭¹/1.福州大学电气工程与自动化学院
2.福建省电力有限公司电力科学研究院 3.国网福建省电力有限公司

0 引言

IEC 61850标准是变电站自动化领域新的通信标准,它的颁布与应用为智能变电站系统的快速发展奠定了基础。智能变电站自动化系统按逻辑分为站控层、间隔层和过程层三层结构^[1]。相对于传统变电站自动化系统,新增加的过程层设备将一次设备的传统接口就地转化为特定的数字接口,然后通过网络与间隔层的控制保护设备连接,网络代替了大量传统的电缆,使设备信息共享传输更为简便。IEC 61850标准定义了三种不同通信服务来满足智能变电站“三层两网”的结构,即“客户端-服务器”通信服务完成间隔层与站控层设备间的通信;GOOSE发布订阅通信服务完成间隔层设备之间、间隔层设备和过程层设备之间的命令、状态等实时信息的传输;IEC 61850-9-2中定义的采用值传输服务完成从过程层设备向间隔层设备传输实时电流电压的数据采样。保护装置处于间隔层,既要接收过程层合并单元采样信息,又要与站控层监控系统的相关设备进行通信,因而其处理的信息量比较大,提出将信息分成四个优先级分别

进行传输,分析不同优先级的性能。

1 智能变电站信息报文

智能变电站是一种一次设备智能化、二次设备网络化的新型变电站,以IEC 61850通信标准为基础对通信信息进行标准化,实现全站的信息共享和装置之间的互操作。智能变电站通信信息分为四类:GOOSE、MMS、SV和时间同步(PTP)。

(1) GOOSE

面向通用对象的受电站事件模型(Generic Object Oriented Substation Event, GOOSE)它是IEC 61850标准中的一种快速报文机制,用于传输变电站内智能电子设备(IED)之间重要的实时信号。采用光纤网络替代了原来传统变电站的硬接线通信方式。

(2) MMS

制造报文规范(Manufacturing Message Specification, MMS)是通信网络和监控系统信息交换的行业标准,由IEC和ISO工作组负责制定和发展,MMS通过对真实设备及其功能进行建模,规范工业领域具有通信能力的智能传感器、IED和智能控制设备的通信行为,克服不同厂家设备之间无法进行互操作的缺点,使变电站系统集成和升级变得简单、方便。

(3) SV

IEC 61850标准中定义了采样值(Sampled Value, SV)的通信服务映射,将其传输的模型映射到具体的网络上。SV采样服务也同GOOSE一样是基于发布/订阅的机制。在每帧SV报文中加上



余正达/硕士研究生

关键词/Keywords

智能变电站·
GOOSE·
MMS·
SV·
时间同步·

序号(0~3999), 订阅者可以根据序号判断是否及时刷新。

(4) 时间同步

依据对时方案的不同, 主要可分为SNTP报文和IEEE 1588报文。SNTP在软件层打时标时同步准确到毫秒级; 而IEEE 1588将时标打在硬件层上, 可以达到亚微秒级(IEEE 1588比较有代表性, 以下同步报文主要分析它)。IEEE 1588采用主从式(Master-Slave)工作模式, 主时钟(Master)周期性地向网络中所有从时钟(Slave)发送同步报文; 每一帧报文都打上时标, 通过主从时钟报文交互来获取准确的时标, 并计算出与主时钟之间的时间偏差。从时钟根据此时间偏差校正自身时钟, 实现系统的时间同步。

2 通信协议体系

目前以太网技术是IEC 61850的选择。由于各种服务对时间有不一样的要求, 因此使用不同的通信协议栈, 对IEC 61850-5所定义的报文类型和特性分类进行映射, 如图1所示, 变电站内的通信报文可以分为七种类型。

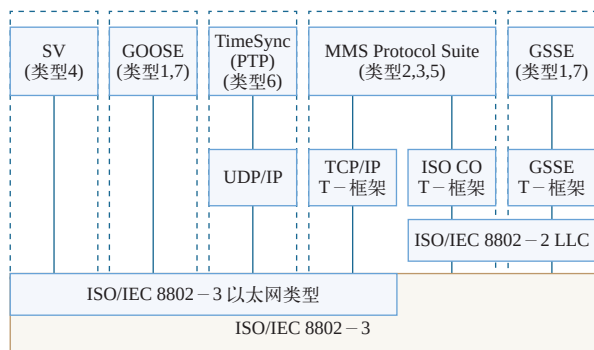


图1 IEC 61850通信协议体系

(1) 快速报文

该类型的报文通常传输二进制编码, 如断路器跳闸与合闸、保护装置闭锁与解锁以及退出保护等命令。IED在正常运行情况下接收到该类报文后, 由接收该类型报文的有关功能立即作出响应动作, 否则没必要采用该类报文传输。

(2) 中速报文

该类型报文生成的时刻很重要, 而传输时间

并不严格。发送方给该类报文加了时标, 正常运行情况下, 经过一段时间延迟接收方作出响应, 正常状态信息属于该类型。这类报文总的传输延时小于100 ms。

(3) 低速报文

该类型的报文包括需要时标的复杂报文, 用于传输报警、压力和温度等信息。其总传输延时小于500 ms。

(4) 原始数据报文

该类型的报文包含数字式传感器和互感器之间输出的数据。该类报文传输延时小于3 ms。

(5) 文件传输报文

该类型的报文用于传输定值、信息等大型数据文件。这类报文对传输延时没有严格的要求。

(6) 时间同步报文

该类型报文用于智能变电站内装置同步对时, 根据设备的功能不同, 要求时间准确度也不相同。IEC 61850标准对时间同步报文没有明确的规定, 但是在整个智能变电站中对时间准确度有比较高的要求。

(7) 访问控制命令报文

该类型的报文用于传输控制命令, 且命令由操作人员下传, 通过某种链路传至开关设备或者控制对象。在此过程中, 这些报文至少在过程层, 可能被转换为具有类型1特征的报文。

这七种报文根据传输的方式不同可以分为四类: GOOSE报文主要用于传输跳合闸命令或信号, 为快速报文和中速报文; MMS报文主要用于传输定值、测量、文件、控制和带时标信号等信息, 报文总传输时间不高, 通常为低速报文; SV传输报文主要用于互感器和保护装置、测控装置之间的数据采样传输, 该报文传输要求具有很高的实时性, 为原始数据报文; 时间同步报文主要用于智能电子设备与主时钟对时。

3 四类信息的优先级

电力变压器在整个电力系统中占有十分重要的地位, 不正常运行将对系统的供电可靠性造成严重的影响。变压器的故障将会导致全站停电,

甚至影响到下一级降压变电站的正常运行。主变压器保护装置是保证主变压器的关键，它需要同时接收变压器高、中和低三个电压等级的相关信号，信息流量比较大，文中以其为例分析保护装置处理四类信息的优先级。智能变电站主变压器保护装置需要同时处理MMS、GOOSE、SV和时间同步等信息，其网络结构如图2所示。

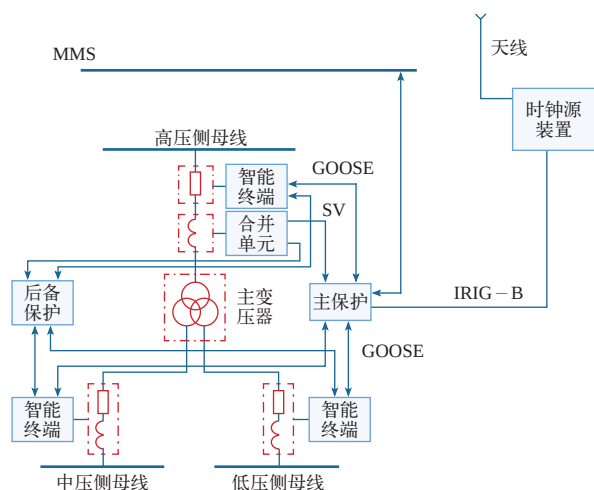


图2 主变压器保护的网路结构

文献[2]说明智能变电站保护跳闸实现方式主要有三种：第一种是直采直跳方式；第二种是直采网跳方式；第三种是网采网跳方式。由于第一种和第二种采样跳闸方式与时间同步无关，下面只讨论直采直跳和网采网跳两种方式。

3.1 直采直跳

保护装置直接接收合并单元采样数据，避免使用外部同步系统。目前的采样值点对点传输的方式都采用点对点直采方案，如图3所示。

主变压器保护通过点对点直接采样，跳各侧断路器变压器保护、跳母联和分段断路器、闭锁备自投以及起失灵等均可采用GOOSE网络传输。保护配置主保护、后备保护，通过单独的光纤采样传递开关量信息。智能单元将开关的状态信息通过光纤传输给保护装置，保护装置通过光纤接收采样信息SV判断是否动作。若动作，则通过专用光纤将跳闸GOOSE信息发送至智能终端，智能终端接收跳闸信息并作用于跳闸。主变压器

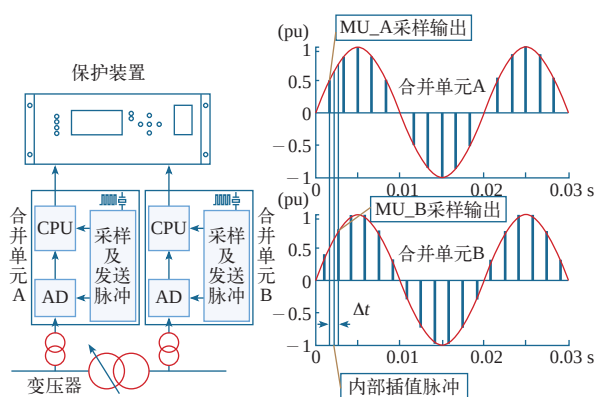


图3 点对点采样

保护采样和跳闸都不依赖MMS网络的数据和时间同步信号。因此GOOSE和SV报文优先级高于MMS和时间同步优先级。

(1) GOOSE和SV的优先级

文献[3]介绍了传输一帧最长的SV报文需要 $121.76\ \mu\text{s}$ ，发送带32个时标状态量最大报文长度为721 bytes，传输时间为 $57.68\ \mu\text{s}$ 。根据GOOSE传输机制心跳时间为5 000 ms，正常情况下GOOSE报文每隔5 s重新传一次，产生的数据流量很小。在目前的工程应用中，SV的采样频率为4 kHz，每 $250\ \mu\text{s}$ 合并单元向保护装置发送一次采样数据，同时220 kV主变压器保护装置要接收四个间隔的采样数据，相对于GOOSE报文数据流量大了很多。依据报文处理时间和数据流量大小可知，当SV的优先级高于GOOSE时，保护装置需要同时处理GOOSE和SV，先处理高优先级的SV报文，其处理时间比较长，且占用大量的CPU进程，严重影响了保护装置处理GOOSE。如果GOOSE的优先级高于SV，则先处理GOOSE，对于SV的实时性影响比较小，这种优先级先后顺序相对于前一种会比较合理。

(2) 时间同步和MMS的优先级

采用电量计费、监控系统以及负荷监控系统等数据都是通过MMS传输，且都依赖于时间同步，只有准确的同步时间才能保证MMS的稳定传输。因此时间同步的优先级应高于MMS。

主变压器保护装置CPU处理四类报文的优先级如图4所示。

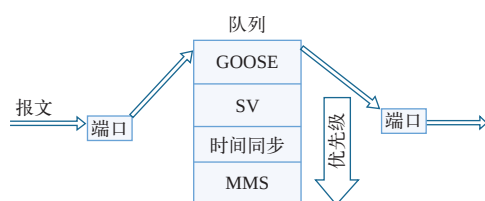


图4 直采直跳报文优先级

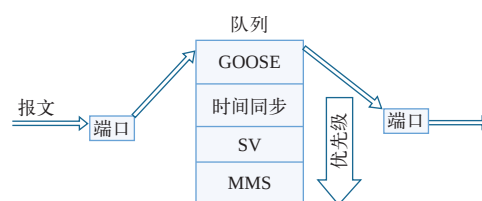


图6 网采网跳报文优先级

3.2 网采网跳

采样值组网传输方案克服了直采方案信息不共享的缺点，当前工程上普遍的采样值组网传输方案如图5所示。

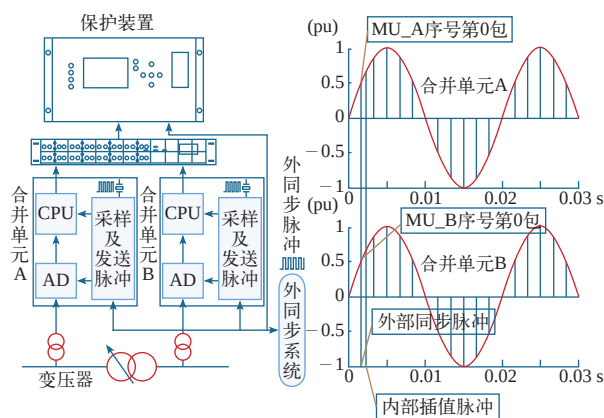


图5 网络采样

合并单元、保护装置等通过光纤直接与过程层交换机连接，合并单元的输出采样数据经过交换机的多次交换后，发送给各个保护装置。采样数据经过交换机传输，由于交换机的数据存储转发环节增加了传输延时，并且该延时受到报文大小和网络工况的影响，造成传输延时存在不确定性。当丢失时间同步信号时，会造成各个间隔的采样数据无法同步，产生的差流会导致保护装置误判断、误动作。在这种采样方式下要实现数据同步，必须依赖于时间同步。因此时间同步优先级要高于SV，而GOOSE的传输不依赖同步信号，优先级不变，各种报文优先级如图6所示。

将主变压器保护装置CPU中断分为低级中断和高级中断，以区分不同事件对时间准确度要求的差异。在处理时根据报文的优先级分配到缓冲

区队列中等待，然后设置一个调度方案，按照调度命令从缓冲区取出等待的报文进行传输。当正在处理低优先级的报文MMS或者时间同步时，收到以太网类型是0x88BA的SV报文或者是0x88B8的GOOSE报文，跳出低级中断，进入更高级的中断立即处理SV或者GOOSE报文，便可显著提高报文的实时性，保证传输的跳闸数据、保护装置之间闭锁数据、开关量数据、模拟量数据和采样数据的响应。

4 结束语

本文根据IEC 61850-5所定义的报文类型和特性，将保护装置处理的报文分为四类。讨论了不同采样方式时，这四类报文的不同优先级对CPU的影响。在保护装置正常运行的情况下，优先级的重要性并不明显，但是变电站在不正常运行或者紧急情况下，通信负载较正常情况增加50%~100%，报文的优先级对于保护装置的速动性和可靠性极其关键。

参考文献

- [1] 谭文恕. 变电站通信网络和系统协议IEC 61850介绍[J]. 电网技术, 2001, 25(9): 8-11.
- [2] 兰金波, 钱国明, 季玮, 等. 无锡220 kV西泾智能变电站关键技术[J]. 江苏电机工程, 2012, 31(2): 26-29.
- [3] 李宝伟, 文明浩, 李宝潭, 等. 新一代智能变电站SV直采和GOOSE共口传输方案研究[J]. 电力系统保护与控制, 2014, 42(1): 99-101.

(收稿日期: 2015-05-09) EA