

智能变电站过程采样值传输协议的分析与程序实现

徐瑞林¹,高晋¹,杨洪涛²,钟加勇¹,张友强¹

(1.重庆市电力公司电力科学研究院,重庆 401123;2.国网电力科学研究院,江苏 南京 210003)

摘要:智能变电站是变电站发展的趋势,而智能变电站过程层采样值传输协议,是将非常规互感器采集到的电力一次系统的运行数据传输给保护装置和监控装置,这些数据的正常传输是保护装置和监控装置完成其各自功能的基础。详细介绍了智能变电站过程层的3种采样值传输协议,从灵活性、实时性、可靠性等方面比较了其优缺点,并给出了实现这3种协议的编程方法。

关键词:智能变电站;过程层;采样值传输协议;IEC 61850;IEC 60044-8

中图分类号:TM762

文献标志码:B

文章编号:1009-0665(2012)03-0046-04

IEC 61850 系列标准的应用促进了常规变电站发展为智能变电站。智能变电站几乎完全改变了常规变电站的通信方式,尤其对于过程层而言,智能变电站采用非常规互感器,互感器的输出就已为数字量,只需通过网络将互感器所采集到的数据发送给监控和保护装置,便能完成其功能。这种由常规变电站到智能变电站的过程层变化,最大的优点是提高了互感器测量一次系统电压和电流的准确度;其次简化了过程层的接线,提高了变电站自动化系统的可靠性,智能变电站中只需要使用光纤或者网线将过程层装置连接起来使之能通信即可,而常规变电站过程层中存在模拟量的传输,导致监控和保护装置要接入许多导线。IEC 61850 标准第9部分(包括9-1和9-2)^[1,2]以及 IEC 60044.8 标准都规定了过程层合并单元传输采样值时应采用的协议。合并单元将从非常规互感器获取到的电压和电流采样值数据以上述3个标准中所定义的格式组装出报文,便可以传输采样值数据给支持上述标准的监控和保护装置。

1 智能变电站过程层各种协议介绍

电压和电流采样值是监控和保护装置的数据来源,通过对采样值的分析和处理完成装置自身的功能。采样值传输的是电压和电流的瞬时值,其特点是数据量巨大,目前常用的电压和电流采样率为每周波80点,因此每秒钟就有4000个电压和电流采样,若每个数据包中仅含有1个应用服务数据单元(ASDU),则合并单元每秒钟便有4000包数据发送给智能装置。

1.1 IEC 61850-9-1 协议

IEC 61850-9-1 协议是基于以太网定义的,以MAC地址标识不同的装置,为提高数据传输速率,

其表示层、会话层、传输层和网络层均为空^[1]。详细格式如图1所示。



图1 IEC 61850-9-1 协议格式

IEC 61850-9-1 协议格式总体上比较固定,由两大部分组成。第一部分为标准的以太网协议头,字节数恒定,共占26字节;第二部分为IEC61850-9-1协议的应用协议数据单元(APDU),字节数可变,且采用ASN.1编码。

IEC 61850-9-1 协议的 APDU 部分采用 ASN.1 规则编码,即编码成 TLV(Tag, Length, Value)3 个部分:其 Tag 占1个字节,恒定为0x80;其 Length 字节数不定,取决于后面的 ASN.1 的 Value 部分的长度,一般占1~3字节,含义是 Value 部分的长度;其 Value 以 Octet String (8 位位组)格式编码,包含 ASDU 数目和 ASDU 详细列表,字节数不定。

IEC 61850-9-1 协议的 APDU 中包含的 ASDU 不再采用 ASN.1 规则编码,格式一般采用基于 IEC 60044-8 标准中定义的通用数据集,如图2所示。

可见,IEC 61850-9-1 协议的 ASDU 格式固定,总共占有46字节,包含12个通道的数据(2组电流、1组电压和其他电压电流量)。ASDU 状态字会

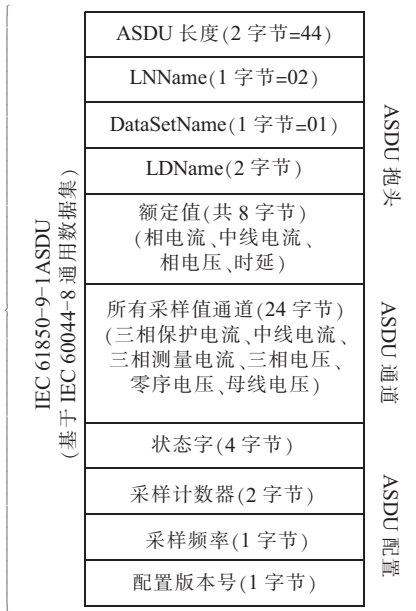


图2 基于 IEC60044-8 通用数据集的 IEC61850-9-1 协议 ASDU 格式

影响报文中的通道有效性和保护电流编码值等等;采样计数是报文的编号,表示众多 IEC 61850-9-1 报文的 ASDU 通道中电压电流数据的相对序号,通常按顺序递增,同步时被清零。

IEC 61850-9-1 协议的 ASDU 可以采用其他用户自定义的数据集,数据集中的各通道均可以完全由用户自定义,各不同的数据集是使用 LNName, DataSetName, LDName 这 3 个字段来区分。当使用自定义数据集时,采样值通信双方需要协商好自定

义数据集中各通道所包含数据的物理意义。

1.2 IEC 61850-9-2 协议

IEC 61850-9-2 协议与 IEC 61850-9-1 协议一样是基于以太网定义的^[2],以 MAC 地址标识不同的装置,其表示层、会话层、传输层和网络层也为空。其协议格式的总体规划也一致,由以太网报文头和 APDU 两部分组成,如图 1 所示。

IEC 61850-9-2 协议与 IEC 61850-9-1 协议不同的是 APDU 部分的编码。9-1 协议中仅 APDU 是以 ASN.1 规则进行编码,APDU 中的 ASDU 部分(包括 ASDU 数目和 ASDU 列表)未采用 ASN.1 规则编码,而全部以 Octet String 形式作为 APDU 的 ASN.1 编码的 Value;而 9-2 协议中 APDU 及其中包含的 ASDU 均以 ASN.1 规则编码,且 9-2 协议的 ASDU 中包含智能装置模型中采样值控制块的很多信息,如图 3 所示。IEC 61850-9-2 协议中定义的 ASDU 相对 9-1 协议的 ASDU 而言非常复杂,不仅包含的信息量比 9-1 协议大,而且 9-2 协议的 ASDU 中每一个字段都采用 ASN.1 规则编码^[3]。

IEC 61850-9-2 协议 APDU 中存在一些可选的字段,这些字段可以根据实际应用情况在报文中存在或者不存在。字段的存在与否可以通过在解析 9-2 报文时,读取每个字段的 Tag 值来判定。

1.3 IEC 60044-8 FT3 协议

IEC 60044-8 标准中基于 FT3 传输帧格式定义了过程层采样值传输的报文格式^[4],FT3 传输帧格式如图 4 所示。其格式比较简单,由一个 2 字节起始

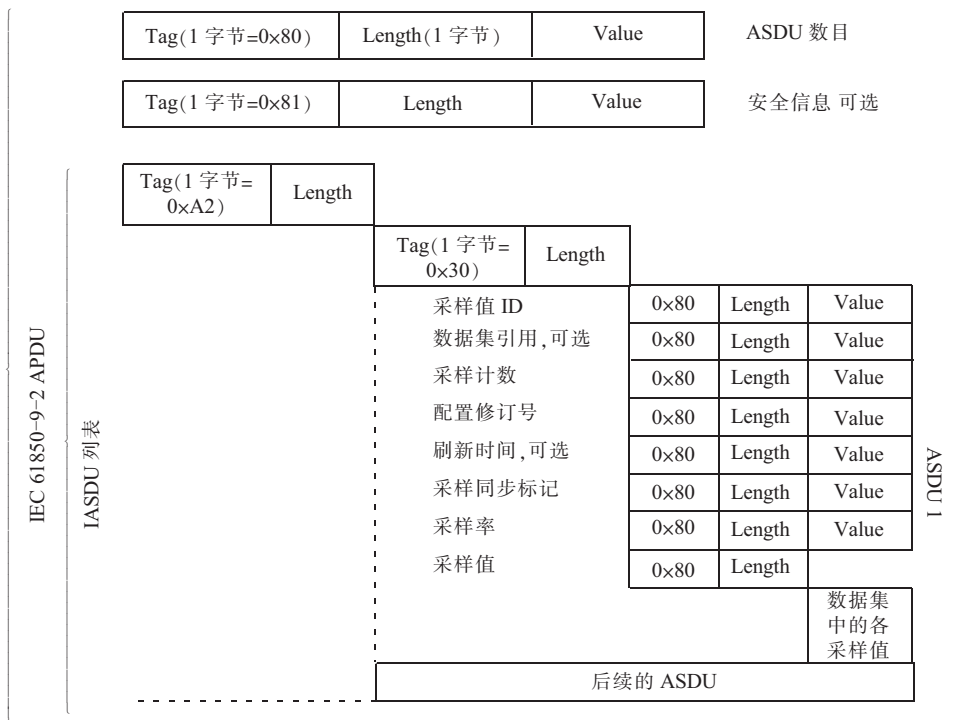


图3 IEC 61850-9-2 协议的 APDU 格式

符和后续数目不定的有效数据及其校验码组成。

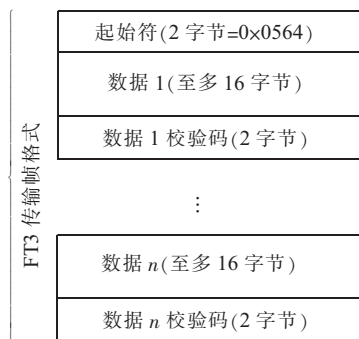


图4 FT3传输帧格式

IEC 60044-8 标准中定义的采样值传输协议基于 FT3 传输帧格式定义,其中的通用数据集包含了 3 组有效数据,具体组成参照图 2 所示为:ASDU 报头包含在数据 1 中,共占 14 个字节,后面接 2 个字节的数据 1 校验码;ASDU 通道 1~通道 8,共占 16 字节包含在数据 2 中,后面接 2 个字节的数据 2 校验码;ASDU 通道 9~通道 12 以及 ASDU 配置,共占 16 字节包含在数据 3 中,后面接 2 个字节的数据 3 校验码。

有效数据后面的校验码是根据有效数据块中的部分字节求和计算得出的,可参考 IEC 60044-8 标准中的计算公式。

FT3 传输帧格式仅是一种报文格式定义,至于其中传输的数据,FT3 传输帧格式并没有进行定义。因此,用户可以基于 FT3 传输帧格式定义其中传输的具体通道数目及各通道物理量,从而形成各种采用 FT3 传输帧格式的不同的采样值传输协议。

2 智能变电站过程层协议的分析

(1) 协议格式复杂度。IEC 61850-9-1 协议和 IEC 60044-8 协议相对 IEC 61850-9-2 协议相比简单许多。前 2 个协议报文中所含字节数相对恒定,报文中包含的信息比 9-2 协议少且编码简单,而 9-2 协议中所有信息均采用 ASN.1 规则编码。通常情况下,在传递相同通道数目的采样值时,IEC 61850-9-2 协议格式的报文比另 2 种报文长。

(2) 灵活性。IEC 61850-9-1 协议和 IEC 60044-8 协议虽然也能对报文中所含的采样值的数目进行配置,但在标准中只定义了通用数据集,该数据集仅包含 12 个通道的采样值,IEC 61850-9-1 协议和 IEC 60044-8 协议报文中一般采用该通用数据集。而 IEC 61850-9-2 协议在传输采样值时,其报文中所传输的数据与智能装置模型中定义的数据集相对应,因此其通道数与装置模型中数据集所包含的数据对象个数一致。由此可知,IEC 61850-9-2 协

议比另 2 个协议更加灵活,其传输的采样值来源于装置模型中的数据集,随着数据集定义的不同,IEC 61850-9-2 协议便能传输不同的采样值。而 IEC 61850-9-1 协议和 IEC 60044-8 协议所传输的数据则比较固定,通常传输 IEC 60044-8 标准中所定义的通用数据集。

(3) 实现难度。由于 IEC 61850-9-2 协议中所包含的各字段的起始偏移及长度是不定的,在实现 IEC 61850-9-2 协议时必须要按照字段的顺序,先组装前面的字段,对前面字段的修改都会影响到后面的所有字段的偏移,并且 IEC 61850-9-2 中各字段都要按照 ASN.1 规则编码成 TLV 3 个部分。而 IEC 61850-9-1 协议和 IEC 60044-8 协议由于其各字段的偏移及长度是固定的,其报文中前面字段的组装不会影响到后面字段,对前面字段进行修改时只需修改该字段的值,对后续字段没有任何影响。因此 IEC 61850-9-2 协议的实现,需要考虑更多的问题,比另 2 个协议的实现难度大。

(4) 实时性。由于 IEC 61850-9-2 协议中各字段的偏移和长度的不定性,在组装和解析 IEC 61850-9-2 协议的报文时,需要首先找到所关心字段的起始位置,才能读取到该字段的值。而 IEC 61850-9-1 协议和 IEC 60044-8 协议中各字段的偏移固定,在组装和解析它们的报文时,直接从偏移位置写入和读出该字段的值即可。因此组装和解析 IEC 61850-9-1 协议和 IEC 60044-8 协议比组装和解析 IEC 61850-9-2 协议的效率更高。

(5) 可靠性。IEC 60044-8 协议不是基于以太网的,采用此协议的装置之间通过光纤直连,而 IEC 61850-9-1 协议和 IEC 61850-9-2 协议则是基于以太网组播的,通常接入交换机多个装置可以同时接收到。可见,IEC 61850-9-1 协议和 IEC 61850-9-2 协议的可靠性往往受到交换机的影响,当交换机上的通信负荷较大时,会出现采样值传输报文丢失等情况,而 IEC 60044-8 由于是与保护和监控装置直连,具有很高的可靠性。

综上所述,IEC 61850-9-1 协议和 IEC 60044-8 协议的特性类似,而 IEC 61850-9-2 协议则更复杂、更灵活,但较难实现,且实时性不如 IEC 61850-9-1 协议和 IEC 60044-8 协议,在可靠性方面,IEC 60044-8 协议优于其他协议。

3 智能变电站过程层协议的编程实现

3.1 IEC61850-9-1 协议的编程实现

IEC 61850-9-1 协议的组装过程如图 5 所示。IEC 61850-9-1 协议是基于以太网的,其报文前部

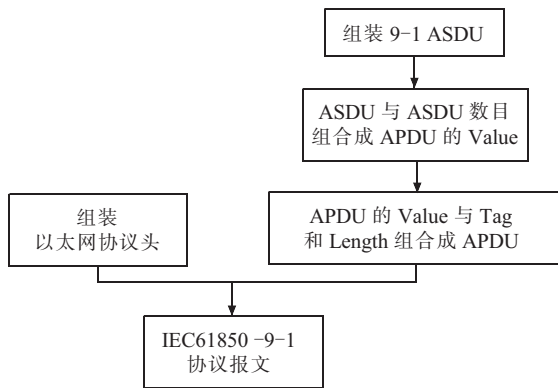


图5 IEC 61850-9-1 协议组装过程

分是以太网协议头,格式如图1所示。以太网协议头的组装比较简单,因其所包含的各字段长度固定,此时只需要定义一个 struct 结构,再定义相关函数用来对该 struct 中各字段进行填写和读取即可。

APDU 的组装与以太网头的组装相比较复杂,APDU 以 ASN.1 规则编码,如图1所示:Tag 为 0x60;Length 为后续 Value 的长度;Value 包含 ASDU 的数目及 ASDU 列表,它们以 Octet String 类型直接编码。组装 APDU 的核心是组装 ASDU,虽然 ASDU 中包含多个字段,但 ASDU 中各字段的长度均固定,因此组装 ASDU 和组装以太网头一样简单,只要定义相应 ASDU 的 struct 即可,然后编写相关函数对该 struct 中各字段进行读写即可。

将组装好的 ASDU、ASDU 数目、APDU 的 Tag 和 Length 拼起来便构成了 APDU。再将组装好的以太网协议头和 APDU 连接起来,便组装出了 IEC 61850-9-1 协议报文。

3.2 IEC 61850-9-2 协议的编程实现

与 IEC 61850-9-1 协议类似,IEC 61850-9-2 协议也是基于以太网的,因此也需要首先组装以太网头,而 IEC 61850-9-2 的 APDU 组装相对比较复杂,因其每个字段都采用 ASN.1 规则编码。IEC 61850-9-2 协议的组装过程如下图6所示。

IEC 61850-9-2 协议组装过程中的难点在于组装 ASDU 主体,其包含多达 8 个字段,每个字段都采用 ASN.1 规则编码。ASDU 主体与 ASDU 数目合成便组成 APDU 的 Value,再与 APDU 的 Tag 和 Length 合并即得到 APDU 的编码,最后与以太网协议头合并记得到 IEC 61850-9-2 协议的报文。

3.3 IEC 60044-8 协议的编程实现

IEC 60044-8 协议的报文通常采用通用数据集,基于 FT3 传输帧格式。该协议中各字段长度固定,因此组装该协议非常简单,只需依照该协议的报文格式定义一个 struct,再定义与之对应的读写 struct 中各成员的函数即可。该变量所占据的内存块

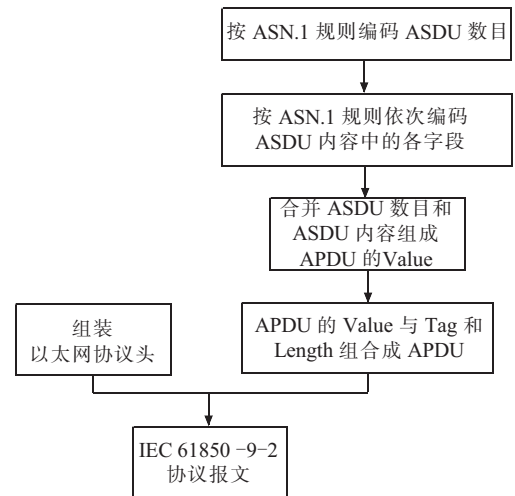


图6 IEC 61850-9-2 协议组装过程

即是 IEC 60044-8 协议的报文。

4 结束语

智能变电站中过程层广泛使用了 3 种采样值传输协议,分别是:IEC 61850-9-1 协议、IEC 61850-9-2 协议和 IEC 60044-8 协议。在复杂度、灵活性、实现难度和实时性 4 个方面对其进行了比较,指出了各自的优缺点,并给出了这 3 种协议编程实现的方法。过程层采样值传输给保护装置提供了数据源,是保护装置完成一切功能的基础,因此采样值的正确快速传输具有非常重要的意义。本文的研究可以对智能变电站建设中如何合理的选择过程层采样值传输协议提供一定的参考。

参考文献:

- [1] DL/T 860.91—2006/IEC61850-9-1, 变电站通信网络和系统第 9-1 部分:特定通信服务映射(SCSM)单到多路点对点串行通信链路上的采样值[S].
- [2] DL/T 860.92—2006/IEC61850-9-2, 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/IEC 8802-3 的采样值[S].
- [3] GB/T 16263—1996/ISO8825, 信息处理系统 开放系统互连抽象语法标记-(ASN.1)基本编码规则规范[S].
- [4] GB/T 20840.8—2007, 互感器 第 8 部分:电子式电流互感器[S].

作者介绍:

徐瑞林(1965),男,江苏镇江人,高级工程师,从事智能电网调度控制等方面技术研究和管理工作;

高晋(1981),男,重庆人,工程师,从事智能变电站及智能配网研究工作;

杨洪涛(1981)男,湖北襄阳人,工程师,从事电力系统实时数字仿真、通信规约的研究以及测试工具的开发工作;

钟加勇(1981),男,四川内江人,工程师,从事继电保护及智能变电站技术研究工作;

张友强(1981),男,重庆人,工程师,从事继电保护研究工作。

(下转第 53 页)

个采集终端整点过 10 min 自动抄收其归属内电表数据。并能保存其前 2 个月的数据。当下一次抄表时自动刷新。采集终端最多可下挂 32 个电能表。实时参数从电表采集后主动直接上传,也可以通过终端上接集中器或掌机被动式上传数据。

5 结束语

城乡电网综合监管系统的应用,适应国家坚强智能电网建设战略的信息化、数字化、自动化、互动化的要求,有效地解决了电力部门在配变管理方面缺乏有效监测、分析手段的问题。在生产管理方面:利用系统提供的数据支持,可以解决电压合格率、功率因素等方面的问题,满足生产指标管理的需要。在经营管理方面:对配网变压器的实时监控,使计量回路PT断线、表计故障等造成电量少计、漏计的问题能得以及时发现,通过实时线损分析,最大程度减少供电损耗,为防窃电工作提供技术支持,提高了供电企业的直接经济效益。城乡电网综合监管系统的建立,在实现自动监视变压器的运行状况的同时,还能通过多种技术措施及时、可靠地采集线路上电能表

的运行参数和电量数据,提高电力设备的利用率及工作效率,为更加全面、科学地进行线损统计、负荷分析预测、电压合格率统计、城区配变网规划、优化供电方案、城网建设与改造项目决策等提供科学的依据。

参考文献:

- [1] 岳 姝.Lonworks 现场总线简介[J].电工技术,2000(8):13-15.
- [2] 吴苗凤.现场总线技术在±500 kV 枫泾换流站的应用[J].上海电力,2011(2):30-34.
- [3] 王现军,姬 波.电力系统谐波功率分量的快速估算[J].现代电子技术,2003,26(11):27-31.
- [4] 潘文诚.基于 DDS 技术的工频频率滑差源[J].电力自动化设备,2005,25(1):37-39.
- [5] 邢建平,刘晓娟,吕玉军.自动抄表系统设计[J].铁路计算机应用,2011(4):29-30.

作者简介:

王梦玲(1973),女,陕西大荔人,工程师,从事电力电表的研究、设计和鉴定工作;
邱益农(1969),男,江苏丹阳人,高级工程师,从事自动化仪器仪表的研究、设计和鉴定工作。

Design of Comprehensive Supervision System in Urban and Rural Power Grid

WANG Meng-ling¹, QIU Yi-nong²

(1. Nanjing Power Supply Company, Nanjing 210008, China;

2. Jiangsu Lianhong Automation Co.Ltd., Nanjing 210046,China)

Abstract: For the actual situation of power operation and management, and in order to adapt to the informatization, digitization, automation and mutualism requirements of strong smart grid construction strategy, a set of comprehensive supervision system of urban and rural power grid is proposed. The system can comprehensively reflect the structure of voltage level of power grid, equipment performance, power structure and management level accurately. And the abnormal factors of power loss can be found correctly, thus the power loss can be reduced. The comprehensive supervision system includes load management, electric energy acquisition, distribution transformer detection and low-tension concentrate meter reading. Besides, the structure and communication principle of the system are described. In addition, the functions and features of acquisition terminal, distribution transformer terminal and its detection system are also introduced.

Key words: urban and rural power grid; LonWorks; distribution transformer; supervisory system

(上接第 49 页)

Analysis and Program Realization of Sampled Value Transmission Protocols in Intelligent Substation

XU Rui-lin¹, GAO Jin¹, YANG Hong-tao², ZHONG Jia-yong¹, ZHANG You-qiang¹

(1. Chongqing Electric Power Research Institute, Chongqing 401123, China;

2. State Grid Electric Power Research Institute, Nanjing 210003, China)

Abstract: Intelligent substation is the trend of the development of substation. The transfer protocol of sampled value in process level of intelligent substation transfers the power system operation data acquired from non-conventional instrument transformers to the protection device and monitoring device. And the normal data transformation is basic for protection device and monitoring device to realize their respective functions. In the paper, three transfer protocols are introduced in detail. And the advantages and disadvantages of the three are compared from the aspects such as flexibility, real-time performance and reliability. Furthermore, the programming methods of the three protocols are also presented.

Key words: intelligent substation; process level; sampled value; transfer protocol; IEC 61850; IEC 60044-8