

数字化变电站采样值传输规约的综述与对比分析

廖泽友¹, 郭赞², 杨恢宏¹

(1. 许继电气股份有限公司, 河南 许昌 461000; 2. 许昌市高级技工学校, 河南 许昌 461000)

摘要: 全面介绍了用于数字化变电站过程层网络的四种采样值传输规约规范: FT3 规约、IEC 61850-9-1 规约、IEC 61850-9-2 及 IEC 61850-9-2 LE 版规约; 在通信网络与传输方式、编码, 数据模型与配置、服务与映射, 工程应用等方面进行了对比分析, 研究了它们各自不同的多个特性及这些特性在工程应用中的优劣势。研究结果有利于数字化变电站的过程层网络的规约选择、IED 产品研发和实际工程应用。

关键词: IEC61850; 数字化变电站; 通信规约; 采样值传输

The summary and contrastive analysis of sampled values transmission communication protocol in digital substations

LIAO Ze-you¹, GUO Yun², YANG Hui-hong¹

(1. XJ Electric Company Limited, Xuchang 461000, China;

2. Xuchang Senior Technical School, Xuchang 461000, China)

Abstract: This paper introduces four protocols, namely IEC60044-8, IEC 61850-9-1, IEC 61850-9-2 and IEC 61850-9-2 LE, which are applied to process network of digital substation for transferring sample value data. By the contrastive analysis method on communication transport, coding, data model & configuring, service & mapping, and engineering application, it lists the results of the characteristic analysis of these four protocols and their different advantage & disadvantage on engineering application. The study results are benefit to choosing protocol for process network of digital substation & interrelated IEDs' R&D and application.

Key words: IEC61850; digital substation; communication protocol; sample value data transmission

中图分类号: TM73 文献标识码: B 文章编号: 1674-3415(2010)04-0113-03

0 引言

数字化变电站的研究、产品开发和试点工程一直是这两年来国内持续的研究热点。数字化变电站自动化系统的过程层网络化, 非常规互感器的采用和交流采样值的共享与通信传输一直是其研究的核心内容。在不同的背景下, IEC 陆续推出了 IEC60044-8/7, IEC61850-9-1, IEC61850-9-2 标准, 之后 UCA 又发布了使用 IEC61850-9-2 的实现指南(或称 IEC61850-9-2 LE 版), 这些标准/规范都是数字化变电站的交流采样值的通信传输规约, 也被不同的公司产品所采用和在不同的工程实践中得到不同程度的应用。但它们有各自不同的特点, 充分认识和准确理解这些标准, 并对它们进行对比分析研究, 这对今后的数字化变电站的研究、产品开发和工程推广, 具有非常重要的意义。本文先综述介绍这 4 个通信传输规约, 然后, 介绍作者对它们的

对比分析研究的一些结果。

1 采样值的通信传输规约简介

1.1 FT3 规约

FT3 规约是指 IEC60044-8 中定义的电子式互感器数字输出接口的通信规约, 因其帧格式是采用 IEC60870-5-1 定义的定长 FT3 格式, 而得名。FT3 规约允许有光接口和电接口两种方式, 通信速率最高可达 2.5 Mbits/s, 采用 Manchester 编码。光纤可允许使用 BFOC/2.5 塑料光纤和玻璃光纤, 一对一输出; 电接口采用 EIA RS-485 接线。多个互感器数字输出接到一个 MU, 再接到 IED。

FT3 规约链路层采用 FT3 定长格式, 采用发送/不应答方式, CRC 表达式: $X_{16}+X_{13}+X_{12}+X_{11}+X_{10}+X_8+X_6+X_5+X_2+1$ 。应用层报文模型定义和通信格式与 IEC 61850-9-1 兼容。LNName = 02H, DataSet Name=01H 或 FEH。DataSet

Name=01H时,报文数据通道1~12依次是保护用A、B、C相电流、 $3I_0$ 、测量用A、B、C相电流、A、B、C相电压、 $3U_0$ 、母线电压。2个2字节长的状态字传送了如下监视信息:通信正常/告警/测试/激发状态、同步/插值方式、CT输出类型、标度因子选择、各数据通道的数据有效否状态。DataSet Name=FEH时,报文数据通道1~12则依次是DS1保护用A、B、C相电流、线路1的A、B、C相电压、DS2保护用A、B、C相电流、母线1~2的A相电压和线路2的A相电压,没有传测量电流,用于3/2接线的线路保护及重合闸。

1.2 IEC 61850-9-1 规约

IEC 61850-9-1 规约是 IEC 61850 规定的过程层与间隔层之间通信的一种特定通信服务映射,它规定了建立在与 IEC 60044-8 相一致的单向多路点对点连接之上的映射。它用于变电站内电子式电流/电压互感器经合并单元 MU 与间隔层 IED 设备之间的通信。它的接口原理如图 1。

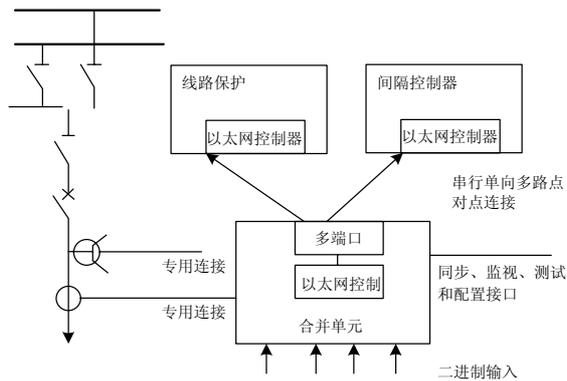


图 1 IEC 61850-9-1 规约的应用示例

Fig.1 Example for the use of IEC 61850-9-1 protocol

它是面向一个典型间隔的保护、测控装置的应用设计的。IEC 61850-9-1 规约的通信应用在 MU 与间隔层 IED 设备之间,采用以太网实现;电子式电流/电压互感器与合并单元 MU 之间,本规约没作规定,允许各厂商自定义。物理层的首选的光纤传输系统是 IEEE 802.3 100Base-FX。也可在抗电磁干扰足够允许的情况下,采用双绞线电连接。由于是面向一个典型间隔的应用设计,所以,采用点对点逻辑通信链路,单方向广播通信方式,不需组网,且所传送的模拟数据确定:保护用 A、B、C 相电流、 $3I_0$ 、测量用 A、B、C 相电流、A、B、C 相电压、 $3U_0$ 、母线电压。这样就将 IEC 61850-7-2 部分的采样值模型,定置成默认的隐含采样值模型,简化了相关装置传送采样值的程序代码和配置数据的设计,降低了对装置软硬件资源的要求。同时,考虑

是在前期的数字化应用的情况下,将二进制输入传送纳入进来,简化过程层网络的建设投资。所以,IEC 61850-9-1 规约的通信内容又可以包含开关量的传送。由于所传送的模拟数据是确定的,所以,IEC 61850-9-1 规约仅支持 IEC 61850-7-2 中定义的采样值模型 ACSI 服务中的一种服务 SendMSV Message。

1.3 IEC 61850-9-2 规约

IEC 61850-9-2 规约是完全依照 IEC 61850-7-2 规定的采样值数据模型及相关 ACSI 服务定义的过程层与间隔层之间通信传送采样值的特定通信服务映射。它是一个基于混合协议栈的抽象模型,为传输采样值设置的采样值控制块的属性的访问是采用 IEC 61850-8-1 定义的 MMS 映射,而采样值的传送采用直接访问 ISO/IEC 8802-3 链路映射。IEC 61850-9-2 规约支持 IEC 61850-7-2 中定义的采样值模型 ACSI 服务中的全部服务。同时,广义看它还支持数据通信的服务器、关联、LD、LN、DATA 和 DATASet 的全部相关 ACSI 服务。它是采用以太网方式,面向任意个间隔,可以非常灵活,几乎任意组织所需采样通道数据的传送组合方式,便于实现跨间隔的二次功能的采样值的传送。因此,IEC 61850-9-2 规约在应用中需要根据应用需要配置数据模型。

IEC 61850-9-2 规约采用以太网 VLAN 技术实现,可以组播传送,因此,它是采用交换机进行组网实现。

为了满足实际不同的应用需要(即多个设备共享这部分采样值,或某个设备单度需要某些采样值),IEC 61850-9-2 规约规定了两种类型的采样值控制块:MSVCB(多路广播采样值控制块类)和 USVCB(单路传输采样值类)。

1.4 IEC 61850-9-2 LE 版规约

IEC 61850-9-2 LE 版规约是由 UCA International Users Group 2006 年推出的,由 ABB、SIMENS、ARVEA、OMICRON、美国 GE、日本 TMT&d、东芝(欧洲)、加拿大等公司和实验室的国际知名专家联合起草的,关于 IEC 61850-9-2 规约的工程实现指南;事实上是 IEC 61850-9-2 规约的更为明确定义的工程应用配套规范/标准。

IEC 61850-9-2 LE 版规约的主要内容包括:

- (1) 只支持采样值发送通信服务,去掉 IEC 61850-9-2 规约的其他通信服务;
- (2) 定义了 MU 的标准模型;
- (3) 采样率统一为只支持 80 点/周和 256 点/周两种;

- (4) 统一定义了 SAV 的应用格式;
- (5) 约定了 Mod 所支持的属性及含义对应的 MU 的行为;
- (6) 细化明确了报文格式和 SCL 配置格式;
- (7) 对时间同步作了补充规范。

2 采样值的通信传输规约的对比分析

2.1 通信网络与传输方式、编码

FT3 规约是一种采用曼码的串行数字输出接口方式, 非以太网方式, 而 IEC 61850-9-1、IEC 61850-9-2 及 IEC 61850-9-2 LE 版规约都是采用以太网实现的, 都是采用 VLAN 以太网类型格式。

由于 FT3 规约是非以太网传输方式, 不受 CSMA/CD 协议的冲撞造成的访问延时的影响, 其数据传送的时延恒定不变。而采用以太网实现的规约的时延是随机可变的。

IEC 61850-9-1 规约是考虑面向电力变电站间隔的应用设计的, 通信方式采用逻辑点对点的单向广播传送方式。而 IEC 61850-9-2 及 IEC 61850-9-2 LE 版规约则是依据 VLAN 技术的组播方式传送采样值。所以, 通常 IEC 61850-9-1 规约不需要使用交换机, 而 IEC 61850-9-2 及 IEC 61850-9-2 LE 版规约则需要使用交换机。

由于 IEC 61850-9-2 规约报文所传送的数据是可根据应用需要灵活配置组合的, 所以, 在通信报

文中的各数据通道不像 IEC 61850-9-1 规约那样固定, IEC 61850-9-2 规约报文的每个内容采用 ASN.1 编码方式传送, 不是 IEC 61850-9-1 规约报文整体编码。

2.2 数据模型与配置、服务与映射

FT3 规约和 IEC 61850-9-1 规约支持固定、默认的数据模型。IEC 61850-9-2 规约支持 IEC 61850-7-2 定义的采样值数据模型, 可灵活配置应用。IEC 61850-9-2 LE 版规约在结合实际应用需要和简化配置的思想下, 支持 IEC 61850-7-2 定义的采样值数据模型, 也可做到灵活配置应用。由于结合工程实际应用作了明确定义的工程应用配套规范, 其实际应用中的工程配置和互操作的协调工作量较 IEC 61850-9-2 规约较大地减少。

由于 FT3 规约并不是从遵循 IEC 61850-7-2 的思想而来的, 它链路层是遵循 IEC 60870-5 系列标准而来, 所以, 它不支持 ACSI 服务, 也无映射。IEC 61850-9-1 规约和 IEC 61850-9-2 LE 版规约只支持采样值发送通信服务。IEC 61850-9-2 规约支持 IEC 61850-7-2 中与采样值通信相关的全部的通信服务。

2.3 工程应用领域与优缺点

这几种规约的工程应用领域与优缺点, 作者对比分析总结成如表 1。

表 1 四种规约的对比分析结果

Tab.1 The contrastive analysis results of the characteristic of these four protocols

规约	FT3	IEC 61850-9-1	IEC 61850-9-2	IEC 61850-9-2LE
标准应用领域	电子互感器输出数字接口	合并器与保护、测控等二次设备之间	电子式互感器/合并器与保护及二次设备之间	电子式互感器/合并器与保护及二次设备之间
网络类型	串行口	以太网	以太网	以太网
带宽	2.5 M	10 M/100 M	10 M/100 M	10 M/100 M
网络层	3 层/EPA	3 层	3 层/7 层	3 层
组网	485 方式, 不佳/落后	交换网, 通常不组, 点对点不灵活	交换网, 经常用, 灵活	交换网, 经常用, 灵活
数据模型	固定	固定, 含状态量	配置	配置, LD 以下模型固定
支持的服务	不支持	采样值发送	采样值发送及数据模型访问	采样值发送
配置	无配置	无配置	复杂配置	简单配置
通信效率	高	跨间隔时效率低	高	高

3 结束语

通过对比研究分析 FT3 规约、IEC 61850-9-1 规约、IEC 61850-9-2 及 IEC 61850-9-2 LE 版规约,

可以更加深刻理解和更好地应用这些规约, 有利于数字化变电站的过程层网络的设计、产品研发和实际工程应用。本文较为全面地对比分析了这几种规约 (下转第 118 页 continued on page 118)

(1) 35 kV 线路限时电流速断保护按保证线路末端故障灵敏度整定, 并考虑和 10 kV 线路有灵敏度段电流保护 (0.3 s) 配合, 保护时限按比 10 kV 线路电流有灵敏度段保护长一个时限段 (0.6 s) 整定, 10 kV 线路有灵敏度段电流定值亦应满足式(9):

$$I_{DZ.10} \leq \frac{35}{10.5} I_{DZ.35} / K_{PH} \quad (9)$$

式中: $I_{DZ.10}$ 为 10 kV 线路有灵敏度段保护电流定值; $I_{DZ.35}$ 为 35 kV 线路限时电流速断保护电流定值; k_{PH} 为配合系数, $k_{PH} \geq 1.1$ 。

(2) 考虑在 35 kV 变压器 10 kV 侧后备保护中增加一段过流保护, 保护电流定值按 10 kV 母线故障又不低于 1.5 倍的灵敏度整定, 动作时限按与 10 kV 线路有灵敏度段保护长一个时限整定。

10 kV 母线短路流过主变低压侧开关的两相短路最小电流为:

$$I_{D.min}^{(2)} = \frac{\sqrt{3}}{2} \frac{5500}{(0.36+0.12+0.375)} = 5570 \text{ A} \quad (10)$$

$$I_{DZ} \leq \frac{I_{D.min}^{(2)}}{K_{LM}} = \frac{5570}{1.5} = 3713 \text{ A} \quad (11)$$

动作时限: 与 10 kV 线路有灵敏度段保护配合, 0.6 s 跳 10 kV 母线分段开关, 0.9 s 跳主变 10 kV 侧开关。

主变 10 kV 侧增加一段后备保护, 如图 2 所示, 当 D2 点所在母线及其所连设备发生故障时或本段母线上 10 kV 线路故障开关拒动时, 后备保护 0.6 s 跳开 10 kV 母线分段开关切除故障点, 同时 35 kV 线路延时电流速断保护动作后重合成功, 恢复对 10 kV 另一段母线供电。这样可以很好地解决 10 kV 母线

及其连接设备故障及 10 kV 线路故障开关拒动时的保护配合问题, 保留原后备保护 (电流定值较小), 可对 10 kV 线路末端故障起后备作用。

4 结束语

对于 35 kV 大容量变压器由于阻抗较小造成的保护不能相互配合问题, 本文通过分析计算, 提出了采用 35 kV 主变压器 10 kV 侧增加一段后备保护的方法, 可有效解决 10 kV 母线及其连接设备故障及 10 kV 线路故障开关拒动时的保护配合问题, 防止出现越级跳闸扩大事故停电范围, 保留原后备保护, 可对 10 kV 线路末端故障起到很好的后备作用, 保护方案做到了较好配合, 提高了供电可靠性。

参考文献

[1] GB14285-2006, 继电保护和安全自动装置技术规程[S].
GB14285-2006, Technical Code for Relaying Protection and Security Automatic Equipment[S].
[2] DL/T 584-2007, 3~110 kV 电网继电保护装置运行整定规程[S].
DL/T 584-2007, Operational and Setting Code for Relay Protection of 3~110 kV Electrical Power Networks[S].

收稿日期: 2009-03-13

作者简介:

郝福忠 (1971-), 男, 硕士, 高级工程师, 主要从事电力生产技术管理工作;

侯元文 (1973-) 男, 工程师, 长期从事电力系统继电保护整定计算和运行管理工作。E-mail:hyw689292@sohu.com

(上接第 115 页 continued from page 115)
约, 其结果对实际工程设计应用具有参考指导作用。通过这些研究可以预计, IEC 61850-9-2 LE 版规约将是以后的数字化变电站的过程层网络的应用发展方向。

参考文献

[1] IEC 60044-8: 2002 (E), Instrument Transformers – Part 8: Electronic Current Transformers[S].
[2] IEC 61850-9-1: 2003 (E), Communication Networks and Systems in Substations–Part 9-1 : Specific Communication Service Mapping (SCSM) – Sampled Values Over Serial Unidirectional Multidrop Point to Point Link[S].
[3] IEC 61850-9-2: 2004 (E), Communication Networks and

Systems in Substations–Part 9-2: Specific Communication Service Mapping (SCSM) –Sampled Values Over ISO/IEC 8802-3[S].

[4] UCA International Users Group: 2006, Implementation Guideline for Digital Interface to Instrument Transformers Using IEC 61850-9-2[Z].

收稿日期: 2009-03-18; 修回日期: 2009-05-12

作者简介:

廖泽友 (1964-), 男, 博士, 研究方向为数字化变电站自动化; E-mail: zeyoul@xjgc.com

郭 赞 (1966-), 女, 副教授, 从事工业自动化方面的教学与科研工作;

杨恢宏 (1973-), 男, 工程师, 从事变电站自动化产品技术开发工作。