

基于 IEC 61850 的新型合并单元的研制

梁晓兵¹, 周捷², 杨永标², 沈健², 谢黎², 周斌²

(1. 广东省电力试验研究所, 广东省广州市 510600; 2. 国网南瑞科技股份有限公司, 江苏省南京市 210003)

摘要: 分析了合并单元的采样值映射模型和实现方法, 利用同步采样技术将传统的电压/电流互感器模拟交流信号构建成符合 IEC 60044-7, IEEE 60044-8 和 IEC 61850-9-1 标准的采样值映射, 从而在传统变电站的基础上直接奠定 IEC 61850 标准的数据基础。提出并验证了合并单元的测试方案。成功开发出 3 台样机, 经实验测试, 各项技术参数令人满意。

关键词: 数字化变电站; 合并单元; IEC 61850-9-1; IEC 60044-7; IEC 60044-8; 同步采样

中图分类号: TM73; TM764

0 引言

IEC 61850 是面向对象的电力系统无缝通信体系标准。IEC 61850 标准强调未来变电站自动化系统的开放性、互操作性以及技术发展和功能应用的可扩展性, 强调设备数据模型标准、完整、规范, 可实现间隔层设备和站级设备对过程层信息的共享。因此, 过程层设备是实现基于 IEC 61850 标准的变电站自动化系统的基础。目前, 实现传统的变电站自动化系统向满足 IEC 61850 架构的变电站自动化系统方案过渡有 2 种方案: 一种是只在变电站层和间隔层采用 IEC 61850 语义, 采用协议转换的模式与传统的变电站自动化装置接口, 即从变电站自动化系统的上端开始实现 IEC 61850 模式, 这是国内应用的主流; 另一种是直接从过程层开始研究开发满足 IEC 61850 标准的过程层设备, 奠定 IEC 61850 标准的数据基础, 然后推动在 IEC 61850 架构下变电站层和间隔层的各项功能应用^[1]。本文从后一种方案的思路出发, 研究开发作为过程层主要核心设备的合并单元(merging unit)。

近年来, 电子式互感器的研究开发已取得了一定的成果, 国内也有一些公司研制的电子式互感器已挂网运行, 但电子式互感器能大规模应用在变电站内的各种条件尚未成熟。针对这一情况, 本文研制的合并单元主要面向传统的电压/电流互感器, 将传统的电压/电流互感器电压、电流量进行同步采样, 按照 IEC 61850 标准构建采样值模型和映射^[2], 并向二次保护控制单元上送同步采样值, 奠定 IEC 61850 标准下的数据基础, 以此来推动 IEC 61850 架构下的各种功能应用。装置还具有遥控、遥信功

能, 在功能上也可以看成是一台实现了合并单元功能的测控装置。

合并单元可下放安装在开关小室, 利用光纤以太网向二次保护控制单元传输数字化的采样值, 使变电站二次接线概念彻底改观。合并单元的使用将简化施工现场的电缆连接, 减少占地面积, 具有较大的工程价值。

1 合并单元的定义

合并单元的定义在 IEC 60044-7^[3] 和 IEC 60044-8^[4] 中首次给出, 其主要功能是同步采集多路电流、电压信息并按标准要求的格式组帧发送给二次保护和测控设备。IEC 60044-7 和 IEC 60044-8 规定数据集名称(DataSetName)只能为 01H 和 FEH。当 DataSetName=01H 时为通用用途的数据通道布局, 如图 1 所示。

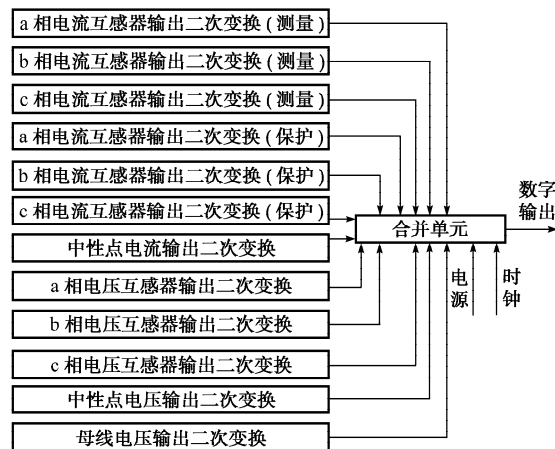


图 1 DataSetName=01H 时合并单元的数据通道定义
Fig. 1 Definition of MU's data channels when DataSetName=0

为了满足特定的用途,DataSetName = FEH 允许制造厂自由分配各信号源的数据通道。制造厂必须提供特殊数据通道布局(各数据通道的数值、参考值和标度因子)的信息,以便正确配置二次设备。

IEC 61850-9-1 所定义的合并单元很大程度上参考了 IEC 60044-7 和 IEC 60044-8 的定义,增加了以太网传输模式以及状态量的数据集: DataSetName = 02H。DataSetName = 01H 的定义与 IEC 60044-7 和 IEC 60044-8 的定义雷同,但对 IEC 60044-7 和 IEC 60044-8 所规定的特殊数据集 DataSetName=FEH 未给出定义。

2 设计要求

IEC 61850 架构下的变电站自动化系统在逻辑上分为过程层、间隔层和站控层 3 层,各层次内部及层次之间采用高速网络通信。合并单元的开发属于过程层设备的开发,是新型架构下变电站自动化系统建设的基础和前提。

所设计的合并单元应具有以下功能:

- 1) 电力运行实时电气量检测,包括电压、电流信号和开关量状态信号。
- 2) 运行设备状态参数检测,包括设备的属性信息和初始化状态信息模型。
- 3) 操作控制执行与驱动,包括开关跳合闸驱动等执行机构。

合并单元主要靠近一次设备安装,用来实现一次设备电压、电流和开关信号的数据同步采集、传输以及控制命令的执行,包括光电压互感器(OPT)/光电流互感器(OCT)输出的代表电流、电压的光信号,以及常规电压/电流互感器输出的常规模拟信号、相应间隔和其关联部分的状态信号采集、智能电子设备(IED)数据通信等,并实现输出信号(包括跳合闸输出继电器信号)控制。为了使不同的合并单元尽可能实现同步数据采集,还将由全球定位系统(GPS)时钟信号源产生的同步信号来实现数据同步采样,并按 IEC 61850 的数据建模和数据通信要求,实现数据信号的标准交互,从而达到不同应用数据需求在过程层实现数据的共享。合并单元设备的开发需要计及未来监控与数据采集(SCADA)系统、故障分析系统和实时控制系统的应用需要。

3 合并单元装置的总体结构

图 2 为合并单元的功能接口示意图。

NSP100 GPS 授时单元通过光缆或 RS-485 将秒脉冲(1 PPS)和时标信号送入合并单元的 GPS 模块进行时钟同步,大部分情况下,当地的变电站、发电厂只需要一台 GPS 授时单元给所有合并单元提

供同步时钟即可。同步数据采集模块(数字信号处理器(DSP)板)有一个高速 DSP 芯片,由 GPS 模块进行时钟同步。传统的电压/电流互感器信号、OPT 的模拟输入量全部由 DSP 板处理,DSP 板上集成有高速以太网芯片,直接在链路层以 IEC 61850-9-1 格式将采样值单向传送到二次保护控制单元。CPU 通信模块采用 32 位 CPU,含实时操作系统,其内部通过 CAN 总线与 DSP 板和备用的智能 IO 板交换数据,完成遥控、遥信等功能。另外,还有 2 个与 IED 通信的接口。该通信网板也可接收 DSP 的遥测、遥信数据,直接通过 IEC 60870-5-103 或 IEC 61850-8-1 与 SCADA 系统接口。

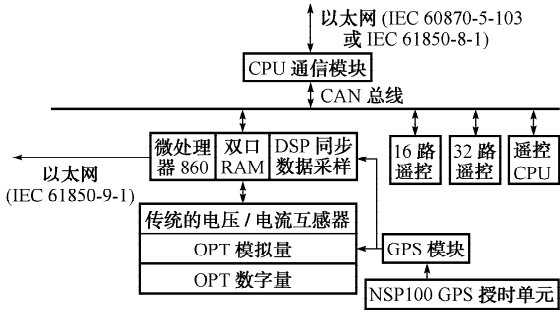


图 2 合并单元的帧结构
Fig. 2 Frame structure of the merging unit

根据以上要求,所设计的合并单元为 19 英寸 6U 整机箱,采用背插式结构,插件从装置的背后插拔,带有插座的底板位于机箱的前部。装置面板包括全汉化大屏幕液晶显示器、工作指示灯、键盘等,安装于底板的前部。图 3 为合并单元的插件位置示意图。



图 3 合并单元的插件位置
Fig. 3 Module board configuration of the merging unit

合并单元装置包括以下几部分:主电源插件(PWR)、交流量插件(AD)、GPS 对时及 OPT 前置处理插件(GPS)、同步数据采样插件(DSP)、1 块预留的备用智能 IO 插件(IO)、遥信开入量插件(DI)、遥控开出插件(DO1,DO2)、通信网板插件(CPU)、热备冗余电源插件(BPWR)、面板以及背板。

4 合并单元的采样值映射模型

4.1 基于传统的电压/电流互感器的合并单元标度因子

根据 IEC 60044-7 和 IEC 60044-8 标准,当电子式电压互感器(EPT)、电子式电流互感器(ECT)的

一次输入为额定值时,其额定二次输出的标准方均根值如表 1 所示。当 rang-flag = 1 时,保护用 ECT 的范围由 25 倍额定电流变为 50 倍额定电流。

表 1 电子式互感器数字输出额定值
Table 1 Digital output rating data of EPT/ECT

互感器	额定值	
	range-flag=0	range-flag=1
测量用 ECT (标度因子 SCM)	2D41 H (十进制 11585)	2D41 H (十进制 11585)
保护用 ECT (标度因子 SCP)	01CF H (十进制 463)	00E7 H (十进制 231)
EPT (标度因子 SV)	2D41 H (十进制 11585)	2D41 H (十进制 11585)

本文研发的合并单元主要基于传统的电压/电流互感器,因此不能完全套用 IEC 60044-7 和 IEC 60044-8 的标准。根据实际应用,制定的标度因子如表 2 所示。

表 2 传统电压/电流互感器的数字输出额定值
Table 2 Digital output rating data of traditional PT/CT

互感器	额定值	
	模拟	数字
测量用电流互感器 (标度因子 SCM)	5 A	2D41 H (十进制 11585)
保护用电流互感器 (标度因子 SCP)	5 A	00E7 H (十进制 463)
电压互感器 (标度因子 SV)	57.74 V	2D41 H (十进制 11585)

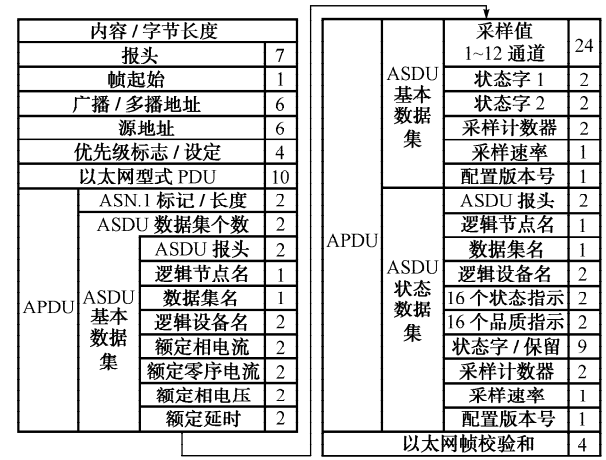
4.2 合并单元的映射实现

IEC 61850 标准对合并单元的采样值传输服务功能划分了 2 种不同的映射方法,即 IEC 61850-9-1 和 IEC 61850-9-2 部分。IEC 61850-9-1 在很大程度上遵循 IEC 60044-7 和 IEC 60044-8,输入交流通道为 12 路,数据帧格式固定,采用点对点或一对多点的单向通信方式;此外,还增加了反映开关状态的二进制输入信息和时间标签信息,通信采用以太网的链路层底层协议完成^[5,6]。

IEC 61850-9-2 除了支持直接映射到数据链路层的“SendMSVMessage”服务外,还支持向制造报文规范(MMS)的映射,可以重新配置输入通道数、采样频率等参数,支持对数据集的更改和对数据对象的直接访问,可灵活配置帧格式。由于 IEC 61850-9-2 涉及比较复杂的 MMS 协议,同时对通信网络性能有很高的要求,目前有一定的实现难度^[7,8]。本文主要采用 IEC 61850-9-1,待技术成熟后可过渡到 IEC 61850-9-2。

IEC 61850-9-1 通过特殊通信服务映射(SCSM)将合并单元的信息模型映射到以太网的数

据链路层,其多处理器规范版本(MSV)以太网帧格式如图 4 所示。



APDU: 应用协议数据单元; ASDU: 应用服务数据单元

图 4 IEC 61850-9-1 的 MSV 帧格式
Fig. 4 Frame format of MSV in IEC 61850-9-1

5 合并单元功能测试

对于基于传统的电压/电流互感器的合并单元,其 IEC 61850-9-1 的报文格式可以用 KEMA 测试软件很容易地进行验证^[9],遥信、遥控也采用常规方法进行验证,这里不再详述。我们主要关注合并单元的采样精度和网络延时的技术指标,因为该数据直接影响二次保护控制单元的应用性能。

5.1 采样精度及传输内容正确性验证

采样精度及传输内容正确性验证主要是验证合并单元采样的数据是否准确、是否能够满足数字化变电站二次保护控制单元对采样精度的要求。将合并单元的采样数据通过高速光纤以太网输入到合并单元上,利用傅里叶算法计算各个通道的电压、电流、有功、无功、功率因数等,比较各通道计算值与交流测试仪输入量之间的误差。如图 5 所示。

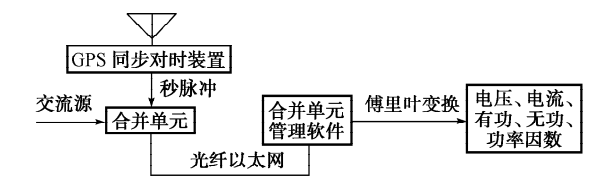


图 5 采样数据准确性测试方案
Fig. 5 Testing scheme of sample data accuracy

经多组试验测试,交流采样精度为:电流、电压优于 0.2 级,功率优于 0.5 级;频率优于 0.01 Hz。均满足电力系统测量精度要求,说明此合并单元可以为二次保护控制单元提供准确的采样数据。表 3 所示为以 U_a 采样值为例的试验结果。

表 3 以 U_a 采样值为例的试验结果
Table 3 Testing results using the U_a sampling data

测试顺序	测试仪显示/V	软件显示/V	相对误差/V
1	57.74	57.71	-0.03
2	60.00	59.98	-0.02
3	50.00	50.04	0.04
4	20.00	19.97	-0.03
5	5.00	4.97	-0.97

5.2 数据延迟时间测试

数据延迟时间(含采样、数据处理和网络传输延迟时间)测试中,利用 2 台合并单元进行,一台作为发送装置(测试装置),另一台作为接收装置。它们都需要 GPS 时钟准确对时,作为接收装置,一旦接收到发送装置整秒时刻(GPS 时标中毫秒为 0)发送来的采样数据包,就读取当前的 GPS 时标中的毫秒信息。将多次传输的延迟时间值进行平均,就是采样数据包的传输延迟时间。传输延迟时间测试方案如图 6 所示。

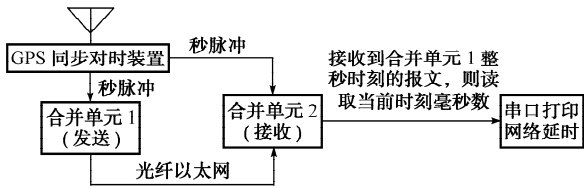


图 6 传输延迟时间测试方案
Fig. 6 Testing scheme of transmission time delay

利用上述测试方案对合并单元进行测试,经过多次试验,测得发送装置到接收装置的最大网络延迟时间为 0.6 ms,平均延迟时间为 0.5 ms。可以满足二次保护控制单元对采样数据传输延迟时间的技术要求。

6 结语

本项目在变电站的过程层将传统的电压/电流互感器的模拟交流信号直接构建成符合 IEC 60044-7, IEC 60044-8 和 IEC61850-9-1 标准的采样值模型及映射,从而在传统变电站的基础上直接奠定 IEC 61850 标准的数据基础。在目前电子式互感器大规模应用条件不是很成熟的情况下,为今后的基于电子式互感器的数字化变电站进行了先期的技术准备和应用研究,具有很大的科研和工程应用价值。今后的工作可以将合并单元小型化、模块化,以适应在一次开关设备就地安装的要求。

参考文献

[1] 朱炳铨,任雁铭,姜健宁,等. 变电站自动化系统实现 IEC 61850

的过渡策略. 电力系统自动化, 2005, 29(23): 54-57.
ZHU Binqun, REN Yanming, JIANG Jianning, et al. Strategy for implementation of IEC 61850 in substation automation system during transitional period. Automation of Electric Power Systems, 2005, 29(23): 54-57.
[2] DL/T 860. 91—2006/IEC 61850-9-1 变电站通信网络和系统 第 9-1 部分: 特定通信服务映射(SCSM)通过单向多路点对点串行通信链路的采样值.
DL/T 860. 91—2006/IEC 61850-9-1 IEC 61850-9-1: Communication networks and systems in substations: Part 9-1 specific communication service mapping(SCSM) sampled values over serial unidirectional multidrop point to point link.
[3] IEC 60044-7 Instrument Transformers; Part 7 Electronic voltage transformers. 1999.
[4] IEC 60044-8 Instrument transformer; Part 8 Electronic current transformers. 2002.
[5] 殷志良, 刘万顺, 杨奇逊, 等. 变电站自动化过程层与间隔层串行通讯研究. 中国电力, 2004, 32(7): 29-32.
YIN Zhiliang, LIU Wanshan, YANG Qixun, et al. Investigation of serial communication between process level and bay level of substation automation system. Electric Power, 2004, 32(7): 29-32.
[6] 殷志良, 刘万顺, 杨奇逊, 等. 一种遵循 IEC 61850 标准的合并单元同步的实现新方法. 电力系统自动化, 2004, 28(11): 57-61.
YIN Zhiliang, LIU Wanshun, YANG Qixun, et al. New method for implementing the synchronization of merging unit according to the IEC 61850 standard. Automation of Electric Power Systems, 2004, 28(11): 57-61.
[7] 窦晓波, 吴在军, 胡敏强, 等. IEC 61850 标准下合并单元的信息模型与映射实现. 电网技术, 2006, 30(2): 80-86.
DOU Xiaobo, WU Zaijun, HU Minqiang, et al. Information model and mapping implementation of merging unit based on IEC 61850. Power System Technology, 2006, 30(2): 80-86.
[8] 殷志良, 刘万顺, 杨奇逊, 等. 基于 IEC 61850 标准的采样值传输模型构建及映射实现. 电力系统自动化, 2004, 28(21): 38-41.
YIN Zhiliang, LIU Wanshun, YANG Qixun, et al. Modeling and mapping implementation of a sampled value model based on IEC 61850. Automation of Electric Power Systems, 2004, 28(21): 38-41.
[9] 崔厚坤, 汤效军, 梁志成, 等. IEC 61850 一致性测试研究. 电力系统与自动化, 2006, 30(8): 80-83.
CUI Houkun, TANG Xiaojun, LIANG Zhicheng, et al. The study on IEC 61850 conformance testing. Automation of Electric Power Systems, 2006, 30(8): 80-83.
梁晓兵(1973—),男,硕士,研究方向为电力系统及其自动化. E-mail: liang_xb@sy.gpgc.com.cn
周捷(1969—),男,博士,高级工程师,主要研究方向为变电站综合自动化、微机保护测控、PMU 装置及广域同步采样技术. E-mail: zhouj@naritech.cn
杨永标(1978—),男,工程师,研究方向为变电站综合自动化及 PMU 装置. E-mail: yangyb@naritech.cn

Development of a New Type of Merging Unit Based on IEC 61850

LIANG Xiaobing¹, ZHOU Jie², YANG Yongbiao², SHEN Jian², XIE Li², ZHOU Bin²

(1. Guangdong Power Test & Research Institute, Guangzhou 510600, China)

(2. NARI Technology Development Co Ltd, Nanjing 210003, China)

Abstract: The sampled value mapping model and realization method of the merging unit (MU) is analyzed. By using the synchronized sampling technique, the analog AC signals from the traditional voltage transformer and current transformer are constructed into a sampled value mapping in conformity with IEC 60044-7, IEC 60044-8 and IEC 61850-9-1 standards, directly laying the IEC 61850 data basis for traditional substations. The test method for MU is proposed and verified. Three sample units have successfully been developed with all technical parameters proved credible and accurate.

Key words: digitalized substation; merging unit; IEC 61850-9-1; IEC 60044-7; IEC 60044-8; synchronized sampling