

一体化智能单元的研制

邓 烽, 王海燕, 黄国方

(国网电力科学研究院/南京南瑞集团公司, 江苏 南京 210003)

摘 要: 结合当前智能变电站特点及国网技术规范, 研制了一种一体化智能单元, 详细介绍了该装置的软硬件实现, 除实现了保护和测控功能, 还集成了故障录波、计量、合并单元、智能终端、状态监测等功能, 实现了保护、故障录波、测控、计量、合并单元、智能终端、状态监测功能的一体化。一体化智能单元的研究对于智能电网的建设具有重要意义。

关键词: 智能变电站; IEC61850; 一体化智能单元; 合并单元; 智能终端

0 引言

随着智能电网建设进入实用化阶段, 对作为智能电网支撑节点的变电站逐步形成了一种新的智能变电站模式, 产生了很多智能变电站相关新技术、新设备^[1,2], 具体内容包括:

(1) 电子式互感器用于统一简化采集源。传统变电站中是以电磁式互感器和电缆作为主要的信息传递通道, 存在诸多缺陷和技术瓶颈, 而电子式互感器从本质上解决了这些问题, 并通过合并单元以 IEC61850-9-2^[3] 和 IEC60044-8^[4] 的标准形式传送给其他智能单元, 进一步提高二次系统的可靠性。

(2) 智能终端技术促进了一次设备智能化的实现。智能终端的研制和应用, 就地实现电气设备的数字化, 通过 GOOSE 通信接口实现电气设备的过程层信息共享。

(3) 电气设备状态检测技术的发展。国内在变压器、GIS 开关等电气设备状态检测技术取得了一定的成果, 已进入实用阶段, 如主变油色谱、GIS 微水和局部放电等, 这些技术的应用使设备状态检修更加科学可行, 为电气设备检修提出了新的观念。

(4) IEC61850 标准解决了信息建模和互操作问题, 为智能变电站建设提供了基础。

新技术、新设备的使用使得智能变电站和传统的变电站相比, 从系统结构上发生了很大的变化, 提高了电网运行的安全稳定性, 但在运行维护中也迎来了新的问题值得研究:

(1) 增加合并单元及智能操作箱装置, 必将导致二次设备成本的甚高;

(2) 各个装置间以 IEC6150 标准实现信息共享, 数据交换网络较为复杂, 各个装置都要进行信息建模, 增加了系统维护量;

(3) 各个装置间信息交换, 必然存在一定的网络延时, 一定程度上延长了保护的故障切除时间;

(4) 交换机构建过程层网络以实现继电保护功能, 在目前技术水平下也一定程度上对继电保护的“四性”造成了影响。

基于上述问题的研究, 本文介绍一种集成保护、故障录波、测控、计量、合并单元、智能终端、状态监测功能的一体化智能单元, 并结合智能变电站的环境特点及国网技术规范对装置性能特点展开分析。

1 硬件设计

1.1 总体结构

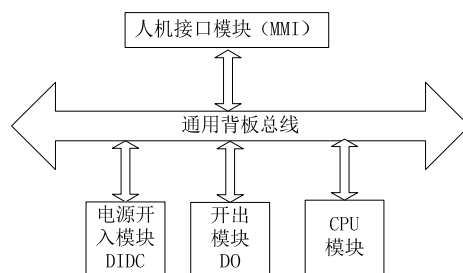


图 1 硬件系统结构图

本装置的硬件系统结构设计采用模块化结构, 见图 1。每个模块作为一个子系统设计在一块印制板上, 各模块都插在同一个底板上, 通过底板进行互连, 最后安装于标准机箱中。这样做, 一方面使各模块之间空间上相互独立, 便于调试、安装以及维护工作, 提高装置的可靠性和可维护

性；另一方面，充分利用了有限的机箱空间，使装置体积小，结构紧凑，便于分散安装于现场。

1.2 CPU 模块结构

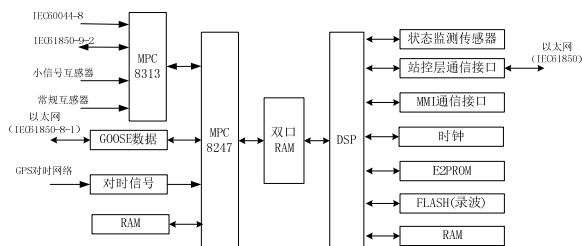


图2 CPU模块结构图

CPU 模块结构示意图如图 2 所示，主要分为 MPC8313、MPC8247 和 DSP 三大部分，MPC8313 与 MPC8247 两部分之间通过高速内部通信实现数据共享，而 MPC8247 和 DSP 两部分使用双口 RAM 实现数据交换。

其中 MPC8313 采用飞思卡尔推出的具有集成安全性能的 MPC8313 PowerQUICC II Pro 处理器。该芯片采用飞思卡尔最新一代 e300 内核，将千兆以太网 (GigE)、USB2.0、高速互连和高级电源管理技术独特地组合在一起，同时还提供 32 位的双倍数据速率(DDR1/DDR2)存储器控制器、16 位局部总线和 4 个直接存储器访问(DMA)通道，为各种不同的消费应用提供理想平台。基于 MPC8313 丰富的资源，配置了 10 个光口处理 IEC61850-9-2 采样值报文，6 个 FT3 光串口接收 IEC60044-8 采样值，还配置小信号互感器或常规互感器信号接收模块直接对小信号互感器或常规互感器进行采样，并能完成各种方式采样值的数据同步，同步后的采样数据除供给其他功能模块使用外，还能以 IEC61850-9-2 输出，从而完成合并单元功能。

而 MPC8247 为 Freescale 公司 MPC82XX 系列微处理器的一种，每个芯片都集成了 2 个处理单元：一个高性能的嵌入式 PowerPC 603e 核与一个精简指令集 (RISC) 的通讯处理模块 (CPM)。这种双核的设计可以比传统的设计更大地降低功耗和提供更加平衡的处理能力，CPM 承担了底层外围通讯的任务，而 CPU 则专注与管理高端的任务。PowerPC 核心、系统接口部件 (SIU) 与通信处理模块 (CPM) 通过内部 32 位总线紧密结合在一起，构成了功能强大的 MPC8247 处理器，在数据通信和网络处理能力方面性能相当优越。因此

MPC8247 处理器配置了 4 个以太网口，主要承担对过程层 GOOSE 信息进行处理，不仅可以进行 GOOSE 信号开出，实现 GOOSE 跳闸，还能接收其他智能装置的 GOOSE 开出命令通过自身的操作回路实现开关操作，从而实现智能终端功能。

最后 DSP 采用 TI 公司 32 位高性能处理器 TMS320F2812，该芯片处理能力好(150MI/s)、程序存储器大(128KB 的 Flash)、片内外设丰富、事件管理能力强、具有在线仿真功能，使得接口、模块化设计及调试都很方便。因此 DSP 主要担负者保护、测控、故障录波、计量、状态监测等主要功能任务，同时 DSP 还配置了 3 个以太网口，分别完成通过 IEC61850 协议与变电站层集控系统和保护子站系统通信，另外还负责显示、调试等人机接口功能的实现。

2 功能实现

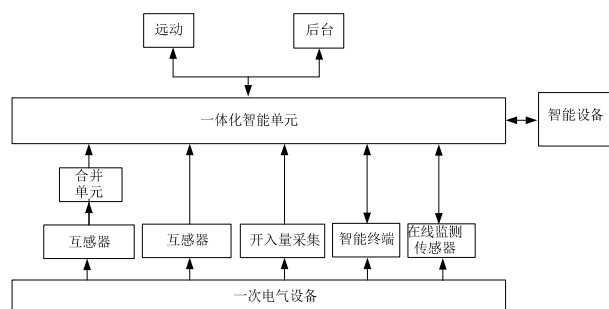


图3 一体化智能单元实现整体方案

图 3 为一体化智能单元实现整体方案。从图中可以开出，一体化智能单元在智能变电站中主要负责一次电气设备的信息采集，完成相应的保护、测控、故障录波、计量、状态监测功能，并能充当合并单元及智能操作箱功能，将采集的采样值信息以 IEC61850-9-2 或 IEC60044-8 的形式送给其他智能装置及以接收 GOOSE 跳闸、发送 GOOSE 开关量。同时与调度系统、后台监控系统以 IEC61850 标准进行信息传送，并进行有效的信息互动，实现顺序控制、智能负荷互动、智能设备互动等各种高级应用。

图 4 则说明了一体化智能单元的组成结构、内部互联关系及工作原理。其分为八大模块，分别为 SMV 采样处理模块、GOOSE 处理模块、站控层模块、状态监测处理模块、主功能模块、人机接口模块及电源模块、开出模块。

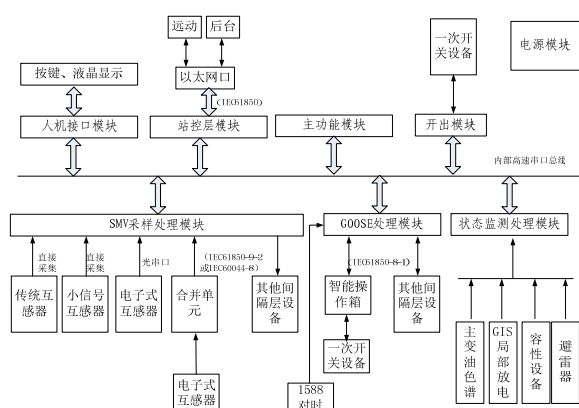


图4 一体化智能单元模块结构图

其中 SMV 采样处理模块，负责接收处理交流采样数据。根据现场需要既可以直接采集传统互感器或小信号互感器的电压电流信号，又可以以光串口形式采集电子式互感器的电压电流信号，且可以接收来自合并单元的 IEC61850-9-2 或 IEC60044-8 电压电流信号，并能实现合并单元功能，同步不同来源的采样信号后，以 IEC61850-9-2 或 IEC60044-8 形式输出给其他智能设备。采样处理模块完成数据采样后，则通过内部总线将数据传送给站控层模块、主功能模块使用。

GOOSE 处理模块，负责收发 GOOSE 信息及 IEEE1588 对时处理，对开入开出信息进行处理，同时可接收远方 GOOSE 跳闸，与开出模块配合实现智能操作箱功能。同样处理后开入开出信息通过内部总线将数据传送给站控层模块、主功能模块、人机接口模块使用。

主功能模块，负责通过内部总线汇总 SMV 采样处理模块、GOOSE 处理模块及开出模块的信息，完成采样值计算、逻辑判断、故障录波、遥测计算及电能计量等功能，实现保护功能、故障录波功能、测控功能及计量功能，并与站控层模块、人机接口模块进行信息交互，完成遥控控制、信息互动及调试试验等功能。

状态监测处理模块，负责接收来自一次设备传感器的状态监测信号，并汇总各种数据进行智能分析，给出监测设备的诊断结果，并通过站控层模块与调度系统、后台监控系统交互，实现设备在线监测及状态估计分析高级应用。

站控层模块，建立对应电气设备的 IEC61850 统一模型，整合系统信息，实现 IEC61850 标准的 MMS 站控层通信功能，实现与监控系统及远动的信息交互的综合发布平台，并进行有效的信息互动，

实现顺序控制、智能负荷互动、智能设备互动等各种高级应用。

人机接口模块，负责组成人机交互界面，完成参数整定、信息显示、调试试验等人机交互功能；

电源模块，负责当地开关量采集，并供电给其他模块。

各个模块之间通过内部总线通信实现信息共享。

3 一体化智能单元的先进性

一体化智能单元功能高度集成，使得其在变电站内的应用具有很多优点，主要包括以下几个方面：

(1) 信号采样

一体化智能单元配置 SMV 采样处理模块，可以同时处理各种形式的数字信号及模拟信号，因此不仅能接收来自合并单元的采样信号，还可以直接接收来自互感器的采样信号，便于较好地实现装置就地化配置。

(2) 采样同步^[5]

一体化智能单元可以同时接收不同来源的采样信号，因此采样同步是实现一体化智能单元各种功能的关键。当前运行的智能变电站采样方式分为组网通信方式及点对点通信方式，针对这两种方式，一体化智能单元分别采用以下方式进行处理：

对于接收组网的 IEC61850-9-2 报文，采用以全站秒脉冲为基准的全站同步技术，只要报文中采样计数与合并单元本身的时钟一致，可以认为外部输入与合并单元同步。

而对于点对点输入，由于远端模块并不与合并单元同步，采用基于拉格朗日插值原理的采样接口技术，并采用基于傅立叶变换原理的频率测量技术对采样值进行频率跟踪插值抽取，来实现采样同步。这种模式不依赖于时钟同步，相对于交换机构建过程层网络以实现继电保护功能，一定程度上在继电保护的“四性”性能方面具有一定的优越性，当前国家电网公司也倡导“直接采样”的原则。

(3) 开入开出处理^[6,7]

随着智能变电站建设的进一步深入，国家电网公司总结了多个试点变电站的建设经验，明确提出“对于单间隔的保护应直接跳闸，涉及多间隔的保护（母线保护）宜直接跳闸”^[8]的原则，并提倡装置就地化配置，这就对装置的开入开出提出了更高的要求。

一体化智能单元配置了操作回路及相应其他开

入开出回路，能够实现接地操作，同时也能接收 GOOSE 开入开出信息，完全能够实现智能终端功能。

(4) 结构一体化

一体化智能单元高度集成了保护、故障录波、测控、计量、合并单元、智能终端、状态监测等功能，大大减少了变电站信息采集系统的数量，简化了变电站设备的安装、调试和维护工作，充分体现了集约式管理思路。同时在节约数字化接口设备和光缆的同时，提高了信号采集和控制回路的抗干扰能力，大幅提高了变电站的可靠性、实用性和经济性。

4 结束语

本文所涉及的一体化智能单元，不仅能够较好的完成对应间隔的保护测控功能、故障录波功能、电气计量功能，还能实现对电气设备的在线状态监测及基于监测信息的状态估计和智能控制，实现电气设备的状态参量数字化、控制网络化和状态可视化。从而有力的保证了电气设备的安全运行和电网安全运行。同时采用一体化的设备，简化了二次接线，使得运行检修人员的操作更为简单，降低了误操作几率，提高了系统可靠性，且节省了维护工作量和维护成本，这对电网运行和实现设备精细化管理都具有非常重要的意义。该新型装置已通过严格的试验并成功应用于山东济宁 110kV 黄屯变电站、湖北武汉 110kV 鲁巷变、重庆永川南郊 110kV 变电站等变电站，运行效果良好。

参考文献：

- [1] 国家电网公司. 智能电网关键设备（系统）研制规划[Z]. 北京:国家电网公司, 2010.
- [2] 国家电网公司. Q/GDW383-2009 智能变电站技术导则[Z]. 北京:国家电网公司, 2009.
- [3] IEC 61850 Communication networks and system in substations, 2005.
- [4] IEC 60044-8 Instrument transformers: Part 8 electronic current transformers, 2002.
- [5] 刘慧源, 郝后堂, 李延新, 等. 数字化变电站同步方案分析[J]. 电力系统自动化, 2009, 33(3): 55-58.
- [6] 范建忠, 马千里. GOOSE 通信与运用[J]. 电力系统自动化, 2007, 31(19): 85-90.
- [7] 王照, 任雁铭. IEC61850 数据集模型的应用[J]. 电力系统自动化, 2005, 29(2): 61-63.
- [8] 国家电网公司. Q / GDW 441-2010 智能变电站继电保护技术规范[Z]. 北京: 国家电网公司, 2010.

作者简介：

- 邓 烽 (1976—), 男, 硕士, 长期从事电力继电保护、变电站综合自动化工作, E-mail : dengfeng@sgepri.sgcc.com.cn;
- 王海燕 (1979—), 女, 工程师, 长期从事变电站综合自动化工作;
- 黄国方 (1971—), 男, 教授级高工, 长期从事变电站综合自动化工作。