

[控制系统]

智能变电站自动化系统 信息流分析与二次设备集成研究

文/山东电力工程咨询院有限公司 孙晓明 牛得存
国网北京经济技术研究院 刘 颖 闫培丽

在研究并梳理智能变电站的数据信息流的基础上，对二次设备和功能进行合理整合，优化了智能变电站信息传输架构，提出了面向间隔的多功能测控装置的功能要求及实施方案。

目前智能变电站面向间隔的测控装置完成间隔内的测量、控制、同期等功能，测量功能比较单一，仅仅实现了稳态数据的测量。间隔层的保护与控制都是通过配置独立的面向对象和功能的装置来实现的，变电站运行控制功能依赖于多个二次系统，分别实现保护信息、计量信息、视频信息、辅助控制信息、设备监测信息的采集与上传功能，设备种类和数量繁多，二次系统庞杂。由于测控、计量、相角测量等数据由各自的终端分别采集，数据来源过于分散，导致数据采集网络复杂、数据共享和数据综合利用效率不高，对数据的应用分析造成影响，难以实现基于多源数据的事后分析。

随着智能变电站的全面推广，应实现间隔层设备的功能和布置的提升，研究可就地化运行的面向间隔的多功能测控装置，通过跨专业数据和功能的融合，提高设备的集成度和智能化水平，推动和促进跨专业技术的集成和整合，有效减少间隔层设备数量，降低二次设备接线复杂程度，减少二次电（光）缆长度，减少用地和建筑面积、节省投资。

智能变电站典型信息传输架构分析

智能变电站信息采集改变了常规变电站自动化系统以往的信息采集和应用各自独立的模式，在功能上体现间隔功能自治的特征，在信息上体现网络化共享特征。信息传输架构如图1所示。

1. 过程层信息流分析

目前智能变电站依然采用面向对象的配置方式，在过程层设备中，前置数据采集信息主要包括电压、电流、一次设备状态信息及监测信息，分别来自于电压互感器、电流互感器、断路器、主变压器及在线监测IED。过程层采样值为SV报文。由于合并单元的采用，各装置实际采集到的信息都是数字式的，按照IEC 61850标准SV有两种采样分别是80点/周和256/周，数据流量很大，与报文长度有关，采用IEC 61850-9-2规约。在智能终端部分，变压器、开关状态量信息的采样频率为轮询和事件触发，定时精度为1 ms。数据流量很小，采用IEC 61850-8-1规约。

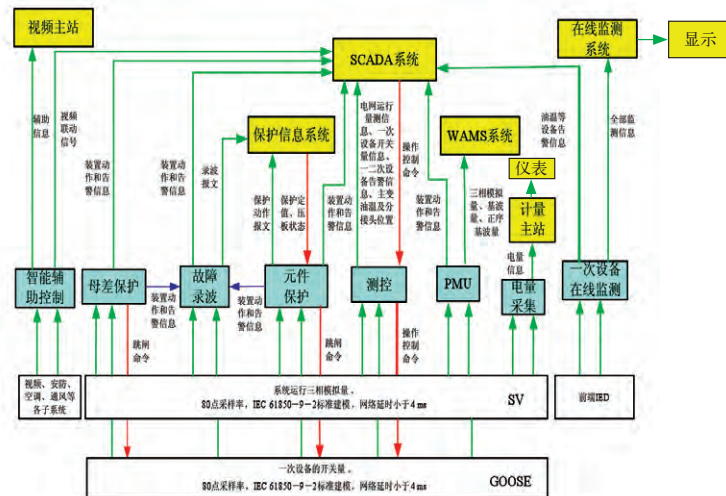


图1 智能变电站典型信息传输架构示意图

2. 间隔层信息流分析

间隔层与过程层间的信息包括采样值信息和开关量信息，信息交换主要通过过程层网络实现。继电保护设备的信息采集和发送采用直采直跳方式。间隔层测控、计量等装置通过SMV网和GOOSE网获取采样值和开关量信息，通过数据处理完成相应功能。测控装置通过GOOSE网向智能终端传送站控层和调度端的控制指令信息。测控装置采集内容有电流、电压等模拟量，开关、变压器分接头位置，采样频率80点/周，SV数据流量很大，与MU数目相关，状态量流量很小，规约采用IEC 61850-9-2与IEC 61850-8-1。

功角测量采集内容均为电流、电压等模拟量。故障录波的采样频率为80点/周，SV流量很大，与MU数目成正比。计量表计采样频率256点/周，SV流量较大，大于8 Mbit/s，规约采用IEC 61850-9-2。

3. 站控层信息流分析

站控层实现了汇总全站实时数据信息，将有关信息送往电网调度或控制中心，接收电网调度和控制中心的控制命令并转间隔层、过程层执行。站控层网络采用双星形以太网拓扑结构，双网双工方式运行，实现网络无缝切换。在站控层中包括了监控系统、远动系统、保护信息子站系统、WAMS子站系统、电量采集系统、在线监测系统和辅助控制系统。其中，监控系统与远动系统输出对象均为四遥信息，数据流量一般小于0.5 Mbit/s，采用规约为IEC 61850-8-1。

智能变电站典型信息传输架构优化

智能变电站内二次设备种类较多。由于过程层采样值的数字化，各装置的数据基础是一致的，区别仅在于装置的软件算法不同。随着变电站自动化技术的发展及设备硬件水平的不断提高，变电站二次设备一直朝着功能集成度越来越高的方向发展。嵌入式硬件产品的处理能力及存储容量等性能越来越强，集成度越来越高，在单一装置中实现各项原来分散的功能成为可能。间隔层设备已经具备了硬件整合的条件。

除了保护装置功能需要复杂的算法和判断、具备就地功能之外，测控装置、PMU装置及计量装置都是仅通过算法将SV和GOOSE量进行合成和转换后，上传到站控层或远端主站，功能并不在就地实现。同时，各间隔层装置上送到站控层的信息均采用MMS报文的格式。因此，可以将测控装置、PMU装置和计量装置的硬件整合为一体，减少间隔层装置的同时，相关信息在站控层网络上的传输由原来相互独立的主体变成单一主体，将有利于站控层网络信息流的整合。

运用了间隔层多功能二次装置后的信息传输架构，如图2所示。考虑变电站信息的服务对象，在优化配置多功能二次装置后，站内信息重复采集的程度已经大幅度降低，有利于站端综合数据中心的建设，满足调控中心三态数据融合处理的要求。

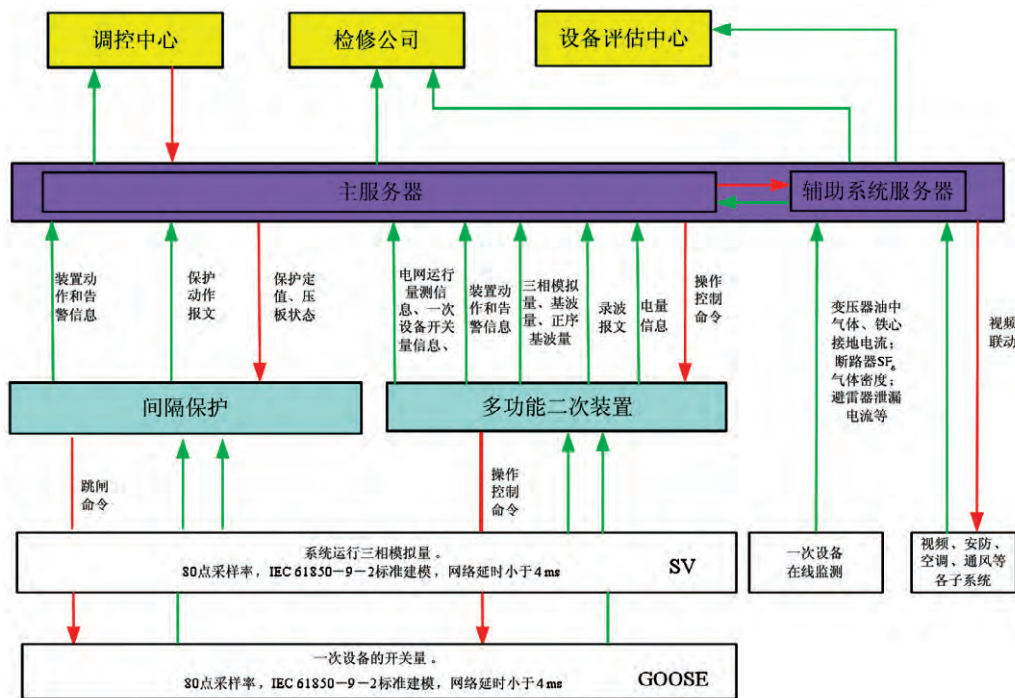


图2 智能变电站典型信息传输架构改进示意图

面向间隔的多功能测控设备

多功能测控装置实现了保护、测控、相量测量和计量功能集成以及三态数据的统一采集和上送。

1. 主要功能要求

1) 集成同步相量数据采集和计量功能，计量功能满足电量考核的要求，不作为计费依据。

2) 同步相量测量需采集三相电压、电流基波相量、正序电压、电流基波相量和基波功率。每一组三相电压都应计算一个频率和一个频率变化率。在失去同步时钟信号60 min以内，装置的相角测量误差的增量应不大于 1° （对应于55 μ s）。

3) 具有正向、反向有功电能量和四象限无功电能量计量功能，并可以据此设置组合有功和组合无功电能量。

4) 具有分时计量功能。有功、无功电能量应对尖、峰、平、谷等各时段电能量及总电能量分别进行累计、存储；不应采用各费率或各时段电能量算术加的方式计算总电能量。

5) 测量值带时标上送，时标准确度应在 ± 10 ms，标定在量测量范围的中间时刻，遥测响应时间不大于200 ms。

6) 应具备完善的五防闭锁逻辑，含间隔内和跨间隔的五防逻辑联锁。

2. 关键技术

面向间隔的多功能测控装置具有稳态测量、控制、同期、PMU和电能质量监测等功能，由高精度对时、高速同步采样和信号处理模块、高速网络通信模块等组成。需重点研究以下关键技术。

1) 满足就地化运行的技术条件。二次设备就地下放技术涉及的主要技术包括如何提高装置的IP防护等级、抗强电磁干扰性能、耐宽范围高低温能力的方法，提高装置适应复杂环境的能力，增强装置的稳定性，延长装置生命周期。

2) 基于同源数据的多应用算法整合。目前装置具有稳态，动态数据计算，且包含电能量计算和电能质量监测功能，装置应合理配置硬件资源，并优化算法，通过硬件和软件相结合的方法满足多应用数据计算。通过采用多CPU的硬件架构，将计算负荷分散到各个不同的CPU，同时采用并行计算技术，在合理的硬件平台上能满足多应用的需求。

3) 数据高速传输技术。系统面向过程层采用IEC 61850 GOOSE以及IEC 61850-9-2传输及接收相应遥信、遥控及遥测信号。速度更快，实时

性更好。硬件上外部采用100 Mbit/s光纤接口，系统内部数据交换采用高速总线，以保证数据的实时性。

4) 高精度实时软件测频技术。按照同步相量数据测量的精度要求，实现系统频率跟踪的快速计算时，频率计算间隔不小于10 ms。同时为了减小频谱泄露的影响，需要对采样数据进行频率跟踪重采样，满足电网动态性能测量要求和高精度频率测量要求。

3. 配置原则及安装方式

220 kV电压等级保护、测控分开配置。测控装置集成PMU和非关口计量功能，单套配置。110 kV及以下电压等级采用保护测控一体化装置，集成非关口计量功能，单套配置。35 kV及以下电压等级线路、电容器、站用变和分段均采用保护、测控、合并单元、智能终端及非关口计量等功能多合一集成设计。面向间隔的多功能测控装置，支持多种安装方式，可与一次设备集成安装，在就地智能控制柜或预制舱内安装。

结束语

根据智能变电站技术前瞻、经济合理、资源节约等建设理念，通过对自动化系统典型信息传输架构进行分析，提出了信息传输架构优化方案及面向间隔的多功能测控装置。多功能测控装置全面整合了间隔内三态测量数据，功能整合度高，可以减少二次电（光）缆长度、优化二次回路设计、减少交换机数量、减少用地和建筑面积、节省投资，满足全寿命周期设计可靠性、安全性及可施工性要求。

二次设备优化整合后，模糊了各专业之间的界限，原有运行人员的专业分工也应相应的优化整合；优化整合后虽然极大降低了运行维护工作量，但应加强对运行维护人员的培训工作，以适应智能变电站的运行维护工作。EA

（收稿日期：2015.06.19）

（编辑：杨得润）