

DOI: 10.7500/AEPS20130226004

智能变电站合并单元智能终端集成技术探讨

倪益民¹, 杨 松², 樊 陈¹, 徐晓春³, 姜玉磊¹, 窦仁晖¹

(1. 中国电力科学研究院(南京), 江苏省南京市 210003; 2. 国网吉林省电力有限公司, 吉林省长春市 130021;
3. 国网淮安供电公司, 江苏省淮安市 223002)

摘要: 智能变电站的发展推动了设备向集成和整合的思路发展。对合并单元智能终端集成装置的需求进行分析,论述了其能有效减少设备数量、减少网络设备投资、节省屏柜空间等优势,对其采用的三种技术方案进行对比分析并给出推荐的集成方案。对集成装置涉及的关键技术问题进行讨论,分别从采样值(SV)和通用面向对象变电站事件(GOOSE)共网口传输、装置 CPU 资源整合、同步定时整合、检修压板整合、电源功率和人机接口等方面进行详细论述,并针对其应用的电压等级、保护装置接口改进、组网传输和检修调试等问题进行讨论。

关键词: 智能变电站; 合并单元; 智能终端; 集成装置; IEC 61850

0 引言

IEC 61850 标准是智能变电站建设的基础,而基于 IEC 61850 标准的过程层总线技术则是该标准的突出特征之一。过程设备通常由电子式互感器(常规互感器)、断路器等一次设备组成,而参与构建过程网络的设备则分别是合并单元和智能终端装置,即过程层采样值(SV)和通用面向对象变电站事件(GOOSE)报文的实际发送和接收设备^[1-4]。

随着智能变电站建设的深入,合并单元和智能终端的应用更为广泛,相应的产品在性能上日趋稳定和完美,且积累了大量工程应用的实际经验,由于合并单元和智能终端都是服务于一次设备,尤其是同一间隔内更为突出,因此,从设计角度就提出了将两者进行集成的思路,且认为合并单元智能终端集成装置能够通过设备的集成和功能的整合,有效简化全站设计、降低设备数量、减少占地面积和建设成本,有效满足生产运行和检修的要求^[5-7]。但也有观点反对合并单元和智能终端的集成,认为合并单元和智能终端进行集成后在一定程度上会对两者各自性能产生影响,且设备的稳定性和可靠性也有待评估。本文对此问题进行讨论,对其整合涉及的关键技术进行分析,对其存在的问题进行阐述,希望能够为今后产品的开发和工程设计提供参考。

1 需求分析

1.1 技术发展需求

随着智能电网的发展建设,发展建设智能一次设备成为当前中国电力设备产业发展的重点,由于一、二次设备目前在协调配合上仍然存在问题,且在一、二次融合涉及的绝缘、抗干扰等技术问题上还未实现突破,因此,在目前及今后一段时间内智能一次设备主流的实现方式仍然是将二次设备安装于一次设备附近,以智能组件的形式实现与一次设备的融合,但这只是当前过渡阶段的方案。文献[8-9]认为二次设备今后的发展趋势是分阶段、逐步融入一次设备之中,对未来智能设备的发展趋势进行了明确,具体如图 1 所示。

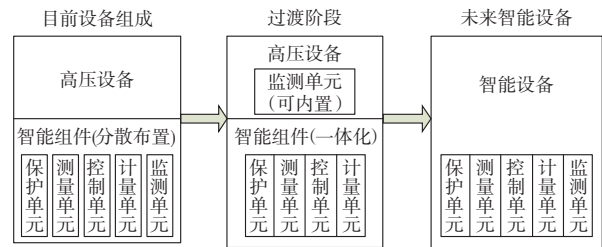


图 1 智能设备发展趋势
Fig.1 Developing trend of intelligent device

由此可知,现阶段将合并单元和智能终端进行整合,只是智能一次设备过渡阶段的第 1 步,后续还有大量集成整合工作需要开展。与此同时,合并单元作为数据采集环节、智能终端作为操作控制环节都服务于一次设备本身,两者的集成能够实现过程层设备的整合,进而减少智能一次设备过渡阶段过

收稿日期: 2013-02-26; 修回日期: 2014-02-13。
国家电网公司科技项目“新一代智能变电站关键设备检测、调试技术研究”“面向主厂站一体化的变电站监控系统深化研究与应用”。

程层设备数量,简化网络结构,提高自身的智能化水平。

1.2 减少设备数量需求

设备集成整合的一个突出特点是减少变电站内部设备的使用数量。以系统内某规划中的 220 kV 变电站为例,电压等级设置为 220 kV/110 kV/10 kV,220 kV 线路 4 回、双母线接线,110 kV 线路 12 回、单母分段接线,主变压器 2 台。按 110 kV 线路、母联采用集成装置与分体式装置两种配置方案,对过程层装置数量配置进行比较,比较结果如表 1 所示。

表 1 整合前后过程层装置数量对比

Table 1 Comparison of device quantity in process level before and after integration

类别	整合前数量/台	整合后数量/台	减少数量/台
110 kV	34	17	17
10 kV(主变进线)	4	2	2
主变本体	3	3	0
合计/台	41	22	19

由表 1 的比较可知,通过装置集成整合,可明显减少过程层装置数量,考虑到集成装置总成本与合并单元和智能终端两台装置相比有明显下降,采用集成装置可有效降低投资。上述数据仅考虑了 110 kV 电压等级,220 kV 电压等级若一并考虑,其经济效益将更加突出。

1.3 减少网络设备投资需求

当前的保护测控装置中,主要生产厂商的产品已支持 SV,GOOSE 共端口传输,该方式可将 SV 或者 GOOSE 单独发送的光口数量减少一半,同时可有效减少与之配合的保护装置光口数量配置(减少一半)。以每对网口硬件和软件成本 400 元计算,减少 8 对网口可在装置成本上减少 3 200 元。另外,由于装置光口的减少,与之连接的网络交换机数量、光纤数量也可以明显减少,有利于降低成本。

1.4 节省屏柜空间需求

在当前智能变电站广泛使用的合并单元和智能终端,其机箱大多采用 4U 整层机箱,在其就地下放时,合并单元和智能终端两台装置上下并列摆放。而当采用合并单元智能终端集成装置后,两层机箱可以合二为一,即单间隔的过程层设备占用屏柜空间由两层压缩至一层,具体如图 2 所示。由此可知,合并单元智能终端集成装置能够有效节省户外柜的空间,有利于降低户外柜高度,节约变电站建设成本。

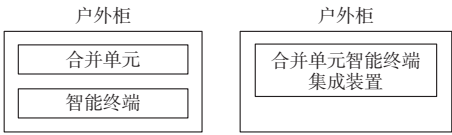


图 2 分散和集成装置在户外柜配置对比
Fig.2 Comparison of cabinet configuring integrated device and distributed device

2 集成方案

合并单元智能终端集成装置在现有的技术条件下主要由两种方式^[10],一种是简单的组合,即将两个装置安装于一个机箱内,各自仍然独立工作;另外一种是从系统的角度进行考虑,将两者共性的功能进行整合,具体如图 3 所示。图中:TX 表示发送;RX 表示接收。

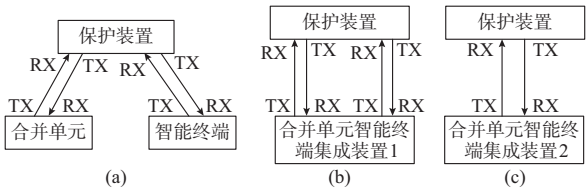


图 3 合并单元智能终端集成方案
Fig.3 Integration scheme of merging unit and intelligent terminal

图 3(a)是当前智能变电站工程应用的现有模式,保护遵循“直采直跳”的原则,当合并单元和智能终端分别配置时,各自对应数据的发送和接收。图 3(b)是对当前工程应用的一种改进,即将合并单元和智能终端进行物理集成,安装于同一机箱内,但仍是各自独立运行,仅能减少设备数量,节省屏柜空间。图 3(c)是本文重点讨论的方案,即在充分考虑合并单元和智能终端特有功能独立的前提下,将其共性功能进行有效整合,即共电源、共网口和共人机接口,可以看出,其最为突出的特点是合并单元和智能终端共端口传输。由于继电保护装置要求必须点对点传输,在文献[11]中对合并单元和智能终端要求配备的最少端口数量为 8 个,这也意味着图 3(b)所示方案的传输端口最少需要 16 个。而图 3(c)所示方案实现共端口传输后可以将端口数量减少一半,这不仅有利于降低装置的成本,而且也能够减少光纤的使用数量,同时还能简化变电站的设计,进一步减少变电站调试检修的工作量。

3 关键技术问题

合并单元智能终端集成装置从具体应用情况来看,其装置功能仍然分为合并单元模块和智能终端模块两个部分,各自的技术指标(如抗干扰等)基本

上没有改变,但由于两者的集成,带来了一些新问题,具体如下。

3.1 SV 和 GOOSE 共端口传输的实时性

由于保护装置采用的是点对点传输方式,其合并单元的 SV 报文是按等间隔传输;GOOSE 报文由于其特殊的传输机制以及高实时性的要求,在当前应用中多采用抢占式处理机制,即一旦装置接收到 GOOSE 报文会立即中断现有任务转而处理 GOOSE 报文,以确保其实时性的要求。当两者采用共端口传输时,本文作者认为两者的报文处理优先级需进行调整,应优先发送采样报文。若集成装置仍然优先处理 GOOSE 报文,GOOSE 发送时占用的网口资源会加大采样报文传输的间隔,导致采样数据报文传输的延时。以 100 Mbit/s 传输速率来计算,100 B 的报文其传输时间大约为 $8\ \mu\text{s}$ ($100\ \text{bit/s} \times 8 / 100\ \text{Mbit/s} = 8\ \mu\text{s}$),200 B 大约为 $16\ \mu\text{s}$ 。针对点对点传输,其要求是等间隔延时必须小于 $10\ \mu\text{s}$,而装置解析处理 GOOSE 报文的时间加大了采样报文传输的间隔,另外,即使没有任何干扰,SV 报文发送的间隔也是有一定离散性的,而这两者的叠加会加大报文发送的延时,给保护装置造成“采样丢点”的假象。上述分析仅针对一帧 GOOSE 报文,若有多包 GOOSE 报文到达,则装置处理的时间会大大延长,甚至会造成后续等间隔发送点数据传输的延时。

相反,若优先发送采样的 SV 报文,由于报文长度固定且可以明确地为一包,因此由于该报文发送导致的延时是可以明确计算的。在等间隔时间点发送完 SV 报文后,装置就可以处理 GOOSE 报文,而因优先发送采样报文导致的延时仅为几十微妙。由于当前 GOOSE 报文传输的延时域度还较大,一般都小于 $1\ \text{ms}$,远小于 $3\ \text{ms}$ 的要求,数十微秒的延时也完全不会影响 GOOSE 动作的实时性。因此,SV 和 GOOSE 共端口传输时优先发送采样报文是不影响 GOOSE 的实时性的,而且两者都是多播报文,对网络的适应性也较好。

3.2 装置 CPU 资源的整合

合并单元和智能终端独立配置时有各自的 CPU 板,而通常 SV 负荷较大,而 GOOSE 网络的负荷较小。集成装置将两者合在一起后,可以从系统的角度对两者资源的分配进行统一设计和考虑,能够进一步优化装置内部的设计,减少硬件数量,提升资源整理利用效率。例如:SV 计算的负荷较重,而大多数情况下,GOOSE 处理的负荷较小,可以考虑将其后续的数据组包等工作融入 GOOSE 处理 CPU,两者并行运行能够有效实现资源的共享,同

时还能进一步提高报文处理的效率。

另外,由于目前电压并列和切换的功能由合并单元来实现,而合并单元还需配置独立的 GOOSE 网口接收同间隔内合并单元的开关位置信号,而对于集成装置来说,合并单元和智能终端的集成使得这一功能的实现变得更为容易,因为此时开关位置的信号变成了装置的内部信息。

3.3 对时的整合

合并单元和智能终端都存在对时同步接口,合并单元由于对采样同步精度有要求,通常采用 IRIG-B 或 IEEE 1588 对时(针对组网方式)^[12-13]。而在保护装置点对点传输的需求下,数据采样摆脱了对外部对时的依赖,这意味着即使装置对时丢失,保护装置接收到的采样数据仍然是同步的,而此种情况下外部对时在一定程度上是为了更好地保障装置数据翻转的同步(以采样频率 4 kHz 为例,0~3 999 的同步翻转)以及合并单元发送告警信息时具有准确的时刻标示。

智能终端的对时是为了能够准确标示开关变位等时间,以确保事件顺序记录(SOE)的准确性,针对合并单元和智能终端集成装置,可以考虑二者共用一个对时接口,如 IRIG-B 或 IEEE 1588,这样不仅可以避免由于多处对时造成装置内部处理步调的失衡,而且还能够减少端口数量和装置投入。

由于合并单元和智能终端集成时可采用的硬件配置方式会有差异,可在同一块 CPU 板件实现二者的功能或者采用两块独立的 CPU 板件分别实现合并单元和智能终端。无论采用哪种方式,集成装置的对时都建议以合并单元的对时信号为准,这是因为合并单元采样的对时同步精度要求为 $1\ \mu\text{s}$,远高于智能终端毫秒级的精度,因此,若集成装置采用单 CPU 模式,仅一个外部对时信号装置处理时不存在问题;当采用两块独立的 CPU 时,装置以合并单元 CPU 板件的对时信号为准,当其的对时异常或丢失时再以智能终端 CPU 板件的对时信号为准。

3.4 装置检修压板的整合

合并单元和智能终端独立配置时,两者配备有各自的检修压板,而当两台装置进行集成设计后,是否需要继续独立配置各自的检修压板,本文作者认为在合并单元智能终端集成装置中,两者的检修压板可合二为一,即同时检修或同时运行。

虽然对于集成装置,要求其各自板件互不影响且可带电插拔,但出于运行的安全性考虑,本文作者认为集成装置应统一检修。以线路间隔为例,当合并单元进行检修时,由于采样数据不可用,因此间隔的保护装置(不在检修状态)此刻是闭锁出口的,此

时的智能终端实际上并不会动作,从一定角度看,同一间隔的合并单元和智能终端处于同时检修状态。当智能终端进行检修时,同一间隔此刻发生故障,保护装置即使接收到合并单元的故障数据也无法动作跳闸,因此两者亦看做是在同时检修。当然,有观点认为此种情况下可以通过其他的后备保护进行跳闸以排除故障,因此智能终端检修时合并单元正常运行是十分必要的。但从实际运行检修的操作上来看,智能终端的检修必然会涉及开关、断路器的检修,这涉及信号的校验和核对,同一间隔的内合并单元或智能终端的检修必然会影响到另外一方。而且从安全的角度考虑,一个装置同时配置两块压板,会在一定程度上给运行检修带来不可控因素,因为运行人员习惯一台装置配置一块检修压板的模式。另外,即使只针对合并单元或者智能终端模块进行检修,实际操作时也必然会将两者同时停下来,否则,若检修过程中导致采样异常或者设备动作均会导致严重的后果。因此,集成装置的检修压板整合也满足工程实际应用需求。

3.5 电源功率

合并单元和智能终端独立配置时,其功耗需求各自根据要求进行配置,但当两者集成设计时,其具体的电源功耗相比任何一台独立装置都应该有所增加。目前针对合并单元或者智能终端,其电源功率的要求不完全相同,文献[14]规定合并单元正常工作的功率不大于 40 W,文献[15]规定智能终端的正常功率不大于 30 W,而实际上国内主流厂家产品正常工作时的功率一般都小于 35 W,大多数产品在正常工作时仅为 20 W 左右。在此,集成装置的功耗以合并单元为基础进行分析,当在其基础上增加开量采集、操作控制输出板件时,其功耗会增加至 30 W 左右,若采用 SV 和 GOOSE 分端口传输,由于需要额外的端口发送板件,其功耗会增加 10 W 左右,整个功耗维持在 40 W 左右,考虑板件的扩充以及装置就地下方恶劣的工作条件,工作电源在高温环境下宜降额使用,需增加一定的域度(10 W),即要求合并单元智能终端集成装置正常工作的总功耗不大于 50 W。而装置动作时会导致功耗增加,因此按照 50%的域度分析其动作时的功耗应不大于 75 W。

合并单元和智能终端分开配置时,电源发生故障仅影响一台设备,而对于集成装置来说,一旦电源发生故障,数据采集和操作控制的功能(即合并单元和智能终端的功能)将全部退出。因此,电源的可靠性将变得更为突出,而影响电源可靠性的关键在于其内部电解电容的使用寿命,即在同样的外部温度

下,装置的功耗越低,其工作产生的温升越小,对电容使用寿命的影响也相对较小,使用寿命也就越长。因此,功耗越低的装置相对来说其电源的可靠性就越强。而装置 CPU 资源的整合、SV 和 GOOSE 共端口传输、外部对时信号的整合均能够有效降低装置正常运行时的功耗,从当前采用图 3(c)所示方案的产品来看,国内主流厂家的集成式装置正常运行时的功耗在 35 W 左右,相比正常工作时的最高功耗 50 W 又预留了接近 50%的域度,进而有效提升了装置的可靠性。

3.6 装置的人机接口

合并单元和智能终端分开配置时,若组屏安装于小室,通常会配置液晶,此时针对合并单元智能终端集成装置,将两者的功能共用一个液晶显示也较为容易实现,只需要在主界面进行切换即可。若合并单元和智能终端就地下放,由于工作环境恶劣,通常不配置液晶,仅配置网络调试端口,即通过装置的调试网口进行远程调试,此种方式下集成装置共用一个调试网口也是容易实现的,只需将两者的远程调试功能进行融合。另外,就地下放模式下,合并单元和智能终端功能模块的面板 LED 灯也可进行有效整合。因此,集成装置的人机接口集成起来较为容易。

4 存在的问题

4.1 应用范围

虽然合并单元智能终端集成装置具有良好的经济效益和社会效益,但也并非任何情况下都适合。在 500 kV 电压等级的智能站中,由于合并单元需要采集 5P 和 TPY 两组保护电流,某些情况下还需要采集三相保护电压和计量电压,这些应用场合就需要配置两块交流头,而此时合并单元智能终端集成装置的 4U 机箱无法满足插件的扩展需求,因此也只能采用合并单元和智能终端独立配置的模式。另外,在 220 kV 及以上电压等级中智能终端还存在分相控制的需求,这在设备空间上也造成了限制,因此也建议暂且在 110 kV 电压等级应用。

4.2 保护装置的共口改进

合并单元智能终端集成装置虽然采用 SV 和 GOOSE 共网口传输具有良好的效果,不仅节约成本,还能简化设计,但其工程应用还需依赖保护装置共口改进,因为若保护装置仍然采用 SV 和 GOOSE 分端口接收,集成装置共网口传输的效果就无法体现,此时虽然可以通过端口的配置,将两个端口分别配置成发送 SV 和 GOOSE 报文,此方式与图 3(b)所示方案无异,此种情况下集成装置仍然

需要配置较多网口,无法更好地体现集成装置优势。对于其共口的改变,保护装置只需在程序上简单调整,较易实现,一些厂家仅通过改变光口的配置即可同时实现 SV 和 GOOSE 报文的共端口接收。

4.3 组网传输

合并单元智能终端集成装置 SV 和 GOOSE 报文的共网口传输同样也不影响其组网传输,此种网络方式下,SV 和 GOOSE 报文发送的优先级并无要求,仍采用“先到先发”的模式即可。至于针对集成装置是采用网络传输还是点对点传输,从装置的角度来看两者并无区别,因为此种情况下点对点传输的机制和网络传输相同,仅取消了交换机组网的环节,关于两种方式的具体选择,本文作者认为关键在于具体工程的要求。

4.4 设备检修调试

合并单元智能终端集成后,其检修的工作量及主要检修调试内容与合并单元和智能终端分开配置时相同,但在检修调试的相关规程上却有些改变,如集成装置模型配置文件的下装问题,合并单元智能终端独立配置时会有各自独立的配置文件,而集成装置是采用汇总的配置文件还是分别独立的配置文件给检修调试也带来了新的问题。因此,建议对此集成装置应有针对性地制定检修指导规范,以便于针对性地指导检修调试人员的工作。

5 结语

目前,国外尚无厂家生产合并单元智能终端集成装置(这不仅与国内外发展建设的思路存在差异有关,还与其不同的运行管理模式和产品应用有关,如国外一次设备自带操作箱等),但国内主流的二次厂家已陆续开发出相关产品,且在 110~500 kV 等级变电站进行了应用。这些工程建设都有效地节约了建设成本,经济效益十分显著。但由于采用集成装置的大多数变电站整体运行时间较短,潜在的一些技术问题和运行管理问题仍然未能较为充分地暴露,因此仍然建议将此作为 110 kV 电压等级产品配置的备选技术方案,先在 110 kV 及以下电压等级应用,待其完全成熟后再尝试在 220 kV 及其以上电压等级应用,做到稳重推进,如此既能推动新技术在智能变电站的应用,提升变电站智能化的整体水平,同时又兼顾安全可靠的基本原则,更好地为中国智能电网的发展建设提供有力支撑。目前,基于该技术形成的国家电网公司企业标准《智能变电站 110 kV 合并单元智能终端集成装置技术规范》已经发布,成为今后智能变电站及新一代智能变电站建设的指导规范。

参考文献

- [1] 国家电网公司.智能变电站试点工程技术总结报告[R].2011.
- [2] 国家电网公司.智能变电站建设技术[M].北京:中国电力出版社,2011.
- [3] 胡国,唐成虹,徐子安.数字化变电站新型合并单元的研制[J].电力系统自动化,2010,34(24):51-54.
HU Guo, TANG Chenghong, XU Zian. Development of a new type MU for digital substations[J]. Automation of Electric Power Systems, 2010, 34(24): 51-54.
- [4] 樊陈,倪益民,沈健,等.IEEE 1588 在基于 IEC 61850-9-2 标准的合并单元中的应用[J].电力系统自动化,2011,35(6):55-58.
FAN Chen, NI Yimin, SHEN Jian, et al. Research on the application of IEEE 1588 in the merging unit based on IEC 61850-9-2[J]. Automation of Electric Power Systems, 2011, 35(6): 55-58.
- [5] 樊陈,倪益民,窦仁晖,等.智能变电站过程层组网方案分析[J].电力系统自动化,2011,35(18):67-71.
FAN Chen, NI Yimin, DOU Renhui, et al. Analysis of network scheme for process layer in smart substation[J]. Automation of Electric Power Systems, 2011, 35(18): 67-71.
- [6] 樊陈,倪益民,窦仁晖,等.智能变电站一体化监控系统有关规范解读[J].电力系统自动化,2012,36(19):1-5.
FAN Chen, NI Yimin, DOU Renhui, et al. Interpretation of relevant specifications of integrated supervision and control systems in smart substations[J]. Automation of Electric Power Systems, 2012, 36(19): 1-5.
- [7] 樊陈,黎山平,高春雷,等.集成式中低压数字化变电站自动化系统设计[J].电力系统自动化,2010,34(13):84-87.
FAN Chen, LI Shanping, GAO Chunlei, et al. Design of integrated low and medium voltage digital substation automation system[J]. Automation of Electric Power Systems, 2010, 34(13): 84-87.
- [8] 国家电网公司.高压设备智能化导则[S].2010.
- [9] 国家电网公司.智能变电站技术导则[S].2010.
- [10] 倪益民,杨宇,樊陈,等.智能变电站二次设备集成方案讨论[J].电力系统自动化,2014,38(3):194-199.
NI Yimin, YANG Yu, FAN Chen, et al. Discussion on integration of secondary devices in smart substation [J]. Automation of Electric Power Systems, 2014, 38(3): 194-199.
- [11] 国家电网公司.智能变电站继电保护技术规范[S].2010.
- [12] 吕航,李力.变电站同步信号异常对保护装置影响及对策[J].电力系统自动化,2012,36(19):89-93.
LÜ Hang, LI Li. Counter measures and impacts of substation synchronous signal abnormalities on protections [J]. Automation of Electric Power Systems, 2012, 36(19): 89-93.
- [13] 谢黎,黄国方,沈健.数字化变电站中高精度同步采样时钟的设计[J].电力系统自动化,2009,33(1):61-65.
XIE Li, HUANG Guofang, SHEN Jian. Design of high accuracy synchronous sampling clock in digital substations[J]. Automation of Electric Power Systems, 2009, 33(1): 61-65.
- [14] 国家电网公司.智能变电站合并单元技术规范[S].2010.
- [15] 国家电网公司.智能变电站智能终端技术规范[S].2010.

(下转第 130 页 continued on page 130)

倪益民(1967—),男,高级工程师,主要研究方向:电力系统自动化。

杨松(1959—),男,高级工程师,主要研究方向:电力系统自动化。

樊陈(1982—),男,通信作者,工程师,主要研究方向:电力系统保护、控制和自动化、IEC 61850 标准应用、智能变电站。E-mail: fanchen@epri.sgcc.com.cn

(编辑 孔丽蓓)

Discussion on Integration Technology of Merging Unit and Intelligent Terminal in Smart Substation

NI Yimin¹, YANG Song², FAN Chen¹, XU Xiaochun³, JIANG Yulei¹, DOU Renhui¹

(1. China Electric Power Research Institute (Nanjing), Nanjing 210003, China;

2. State Grid Jilin Electric Power Company Limited, Changchun 130021, China;

3. State Grid Huaian Power Supply Company, Huaian 223002, China)

Abstract: The development of smart substation is promoting and improving the integration of devices. The requirements of the integrated device of merging unit and intelligent terminal are discussed as are the advantages, such as reducing device quantity and network equipment investment, and saving cabinet space. Three technology schemes of integrated devices are presented and the recommended integration scheme is given and analyzed. The key technological problems involved by the integrated devices are treated, including the share of the same network port of sampling value (SV) and generic object-oriented substation event (GOOSE), the resource integration of CPU, the integration of synchronization and maintenance platen, the power supply, and the man-machine interface. Problems such as the applied voltage classes, the port improvement of protection devices, the transmission of network, and the maintenance are presented.

This work is supported by State Grid Corporation of China.

Key words: smart substation; merging unit; intelligent terminal; integrated device; IEC 61850