

DOI: 10.7500/AEPS20130226005

智能变电站二次设备集成方案讨论

倪益民¹, 杨 宇², 樊 陈¹, 郭艳霞³, 窦仁晖¹, 黄国方²

(1. 中国电力科学研究院(南京), 江苏省南京市 210003;

2. 南瑞集团公司(国网电力科学研究院), 江苏省南京市 211106; 3. 国家电网公司, 北京市 100031)

摘要:随着智能变电站二次设备应用的日趋成熟,将现有二次设备按照需求进行集成整合将是今后智能变电站的发展趋势。对智能变电站过程层、间隔层和站控层设备的集成方案进行了讨论,重点针对过程层合并单元和智能终端集成方案进行了分析;对间隔层保护装置、集中式测控装置、多功能测控装置、智能组件、故障录波和网络分析仪集成等方案进行了详细论述;对站控层一体化监控系统的集成进行了讨论。结合当前工程实际应用情况,提出在 110 kV 及以下电压等级智能变电站试点应用合并单元智能终端集成装置、保护测控集成装置较为可行,为今后智能变电站的发展建设提供参考。

关键词:设备集成; IEC 61850; 一体化监控系统; 合并单元; 智能组件; 智能变电站

0 引言

目前,变电站二次设备的配置主要采用分层分布式结构,面向间隔,功能独立,这种模式可靠性较高,任一装置故障不会影响其他设备的正常运行,系统的可扩展性和可维护性较好,但硬件配置重复,全站接线复杂,信息共享不充分,缺乏全站系统层的协调和功能优化,整体投资成本较大、运行维护成本较高^[1-2]。

随着 IEC 61850 标准的推广应用,网络采样的应用使得全站信息共享成为可能,并推动了集中式保护等二次设备集成装置的出现。随着智能电网发展规划的提出,智能变电站成为今后发展的重点,而 IEC 61850 在数字化变电站建设阶段所取得的成果和积累的经验为智能变电站的发展建设提供了坚实的基础。由于网络采样对于外部对时有依赖,而且其运行的实时性和稳定性缺乏系统全面的检验以及长时间的验证,因此国家电网公司在 2010 年发布《智能变电站继电保护技术规范》,提出了保护“直采直跳”的要求,这在一定程度上减缓了集中式保护等二次设备集成技术的研究进程。

随着智能变电站试点工程的建设、投运以及智能变电站的推广建设,现有典型二次设备的整体性能不断得到提升和完善,在一定程度上促生了对相

关装置进行集成设计的思路,尤其是随着变电站智能化水平的要求不断提高,将全站二次设备进行集成已成为今后二次设备发展的趋势。2012 年初,随着“占地少、造价省、效率高”的新一代智能变电站的提出,建设“安全可靠、运行灵活、运维简便、节能环保”的新一代智能变电站成为今后发展的目标,而设备的集成恰好是减少占地面积、节约建设成本的重要途径,因此,在保障电网安全运行可靠的前提下,将现有成熟应用的功能、设备进行集成或整合符合技术和产业发展需求。

本文对智能变电站过程层、间隔层和站控层二次设备的各类集成方案进行讨论和分析,为今后智能变电站的发展建设提供参考。

1 过程层设备集成

过程层设备在 IEC 61850 标准中主要指一次设备,如互感器、断路器等,由于一次设备测量数据及开关状态信息的采集需要通过数字化传输,因此,合并单元和智能终端就成为一次设备的数字化接口设备,分别承担电压、电流数据采集以及遥信和开关控制操作等功能。从间隔层设备的角度看,合并单元和智能终端分别是数据的输入和输出设备。

在网络采样和网络跳闸方式(简称“网采网跳”)下,各自分别对应过程层的采样值(SV)网和通用面向对象变电站事件(GOOSE)跳闸网,也有将两者共网的模式,即 SV + GOOSE 共网,当采用 IEEE 1588 网络对时并将其融入共网模式下即成为行业中所说的“三网合一”(SV, GOOSE, IEEE 1588)。

收稿日期: 2013-02-26; 修回日期: 2013-09-03。

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”。

在“直采直跳”模式下,合并单元和智能终端仍然是数据的输入和输出设备,其区别就是取消了交换机,“网采网跳”模式下的通信链路变成了光纤连接。

随着合并单元和智能终端设备的大量应用,设备的整体性能逐渐稳定,同时也考虑到在同一间隔内,合并单元和智能终端均针对同一设备,将两者集成不仅能够为一次设备提供更好的数据输入输出服务,同时还能够减少设备数量、减少屏柜数量、节省屏柜空间、减少占地面积、节约设备成本、降低全站投资。合并单元智能终端集成方案如图 1 所示。

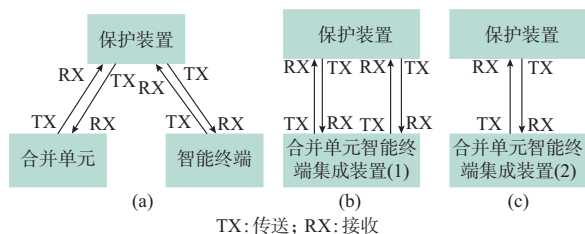


图 1 合并单元智能终端集成方案
Fig.1 Scheme of integration about merging unit and intelligent terminal

针对合并单元和智能终端的集成,目前较为典型的方案有两种。一种是两者简单的集成(如图 1(b)所示),共同安装于同一个机箱,该方式对设备的改动较少,可以节省屏柜空间,设备硬件上仅节约一块电源板,经济效益较为有限。另一种是两者从功能上进行深入整合(如图 1(c)所示),对新的集成装置进行重新设计和开发,将两者共性功能如电源、人机接口、网络通信口进行集成,将两者的对时功能、遥信采集功能进行整合,将合并单元承担的电压并列和切换功能进行改进,同时从系统的角度对合并单元模块和智能终端模块的 CPU 资源进行统筹规划,更好地实现设备内部资源的共享,提高装置的整体智能化水平。此种方案下 SV 和 GOOSE 共网口传输可将“直采直跳”模式下光口数量减少一半,不仅可有效降低设备的硬件成本,也可降低全站设计的复杂程度,经济效益显著。

2 间隔层设备集成

间隔层设备主要包含常见的保护装置、测控装置,同时也包含相量测量单元(PMU)、电能质量监测设备和稳定控制设备等,由于间隔层设备应用最为广泛,相关经验也最为丰富,因此,针对间隔层设备的集成方案也最多。

2.1 保护测控集成装置

本文所讨论的保护测控集成装置是针对 110 kV 及以下电压等级,主要基于安全可靠的原

则,同时也考虑了现有运行管理方式。从传统变电站、数字化变电站到智能变电站,保护测控集成装置已有较为成熟的应用,各网省公司也具有成熟的运行维护经验。尤其是 10 kV、35 kV 电压等级的线路间隔,由于广泛采用开关柜的方式,因此保护装置通常都安装于开关柜上,由于开关柜面板的空间有限,若保护、测控装置同时安装将变得困难,同时也增加了调试安装难度,因此,为进一步减少设备数量,在 10 kV 和 35 kV 线路间隔通常采用保护测控集成装置。在传统变电站中,通常在保护采样板件中增加一组测量用电流互感器实现测量数据的采集,同时增加一块控制输出板件提供一组遥控操作节点以实现测控装置的控制功能。即使是采用了电子式互感器,保护测控集成装置同样能满足要求。

而在 110 kV 线路间隔中,虽然采用户外空气绝缘的敞开式开关设备(AIS)方式,但也可采用保护测控集成装置,一方面因为 110 kV 线路保护装置配置的保护功能并不太多,其实现原理也相对简单,另一方面也由于其电压等级不高,在该电压等级集成能够更好地体现其经济效益。目前 110 kV 及以下电压等级的保护测控集成装置也有广泛应用的基础。

针对 220 kV 及以上电压等级的线路间隔,由于电压等级较高,保护的功能配置也较为复杂,在其基础上实现集成不仅面临技术上的风险,同时也面临运行检修的压力。因此,目前在 220 kV 及以上电压等级应用保护测控一体化装置的变电站并不多,目前主流的方式仍然是保护、测控各自双重化配置。

2.2 集中式保护装置

IEC 61850 标准的应用推动了网络采样技术发展,可以实现全站信息共享,这给母线保护带来了重大改变,由此将其扩展,文献[3-4]提出了集中式保护装置(也可称为“集成装置”),通过网络采样实现全站信息的共享,并通过网络跳闸实现对多间隔的保护功能。文献[5]针对 35 kV 变电站设计开发了集中式保护装置,通过多块板件(线路保护插件、主变保护插件等)实现集中式保护,并对其实时性进行了验证,满足工程应用的需求,现已在变电站运行。由于对网络采样和网络跳闸带来的延时不确定性,国家电网公司对继电保护提出了“直采直跳”的要求,这在一定程度上给集中式保护装置带来了影响。但文献[6]针对“直采直跳”方式也开发出了集中式保护装置并将其应用于 220 kV 变电站,其差异就是将网络采样的交换机替换成多间隔的采样传输光纤。通过目前集中式保护试点应用的情况来看,“网

采网跳”或者“直采直跳”都不影响集中式保护装置的实现,而且集中式保护能够有效减少变电站设备数量,减少屏柜、电缆数量和占地面积、节约变电站建设成本。而且随着装置 CPU 性能的不不断提升,多间隔的数据处理对保护动作影响较小且逐渐降低,采用集中式保护装置冗余配置的方式能有效提高变电站运行的安全性和稳定性。但由于集中式保护涉及的运行维护较分布式模式复杂,而且装置内部参数配置、模型文件等管理方式也与目前有较大差异,此种集成装置对当前运行管理模式冲击较大。因此,笔者认为集中式保护的发展有待于现有运行管理方式的改进和提升。同时考虑到安全可靠的基本原则,建议仍先在 110 kV 及以下电压等级试点应用,待设备稳定可靠,同时也积累了成熟的运行管理经验后再逐步推广应用。

2.3 集成测控装置

集成测控装置与集成保护装置(集中式保护装置)类似,主要针对现有变电站保护和测控分开配置存在设备数量大的现状而提出。现有 220 kV 及以上电压等级的变电站保护和测控分别配置,且多采用冗余的方式。由于测控装置对实时性要求较继电保护装置低,因此就考虑以分段母线为间隔,将接入同一母线间隔的所有测控装置进行集成,形成一套集成测控装置来实现多间隔稳态数据的测量和控制功能,同样,为提高集成测控装置的可靠性,也可采用冗余配置的方式来实现,使设备总体数量大幅减少,经济效益十分显著。采用集成测控装置一个突出的优势就是当测控装置实现五防联锁功能时,之前需要通过网络获取其他间隔的测量或者状态信息变成了装置的内部信息,因而实现更为容易。但本方式给后续的运行维护带来的挑战和影响较大,尤其是参数配置、配置文件管理等,目前尚未有相关产品试点应用。集成测控仅是设备集成的一种方式,相对于集成保护,两者有一定的互补性,甚至可将两者再次集成形成集成式保护测控装置。总体上看该方式仅是针对多个测控而进行了简单集成,若从变电站整个结构体系来看,即考虑一次、二次设备,笔者认为以间隔为对象的集成是变电站真正的发展趋势。

2.4 多功能测控装置

目前变电站稳态数据主要由数据采集与监控(SCADA)系统采集,动态数据主要由广域测量系统(WAMS)采集,暂态数据主要由继电保护、故障录波系统采集,各系统相互独立,时标不统一,数据不能共享,不利于事故分析及调度系统的状态估计等高级应用,增加了变电站数据采集的反复投资和设

计的复杂程度。上述三态数据(稳态、动态和暂态)都是源自于同一间隔,但因为不同的应用需求被分成了三路不同的采集通道,能否以测控同源技术为基础,将其采样通道进行整合,进而实现同一间隔内三态数据的统一采集、数据时标的统一标识和信息标准化传输呢?文献[7]提出的三态测控装置对现有测控、PMU 和故障录波的功能进行了整合,形成了一个多功能的测控装置,不仅有效减少了设备数量,节约了屏柜空间,简化了全站的设计,而且从 SCADA 监控系统的数据源头对数据时标进行了统一和同步,能够有效保障数据质量,为变电站和主站的高级应用提供支撑。

随着三态测控的应用,一些网省公司提出,既然三态测控实现了采集通道的共用,现有计量和电能质量检测的功能是否也可与之整合,进一步提高三态测控的集成度。从技术角度上来看,非关口的计量数据和电能质量监测数据的采集是可以与之集成并将其功能加入三态测控装置,于是多功能测控装置就出现了。一定程度上,多功能测控将变电站间隔层内非保护功能的相关设备进行了有效集成,其经济效益十分明显,但设备集成的同时给运行维护带来了挑战。由于测控装置运行维护的风险相对继电保护装置要低,因此多功能的测控虽然增加了运行维护的复杂程度,但对运行的安全稳定性影响有限,现有的计量、电能质量分析等功能也较为成熟,将其与三态测控进行集成形成的多功能测控在功能应用上较易实现,但对新装置硬件的稳定性和可靠性提出了更高的要求,这是多功能测控装置推广应用存在的关键问题。笔者认为,相对于继电保护,将监控领域的相关测量功能进行整合符合今后发展趋势。而多功能测控的发展将为智能组件的发展创造条件。

2.5 智能组件

智能组件是智能高压设备的组成部分,由测量、控制、监测、保护、计量等全部或部分智能电子设备(IED)集合而成,通过电缆或光缆与高压设备本体连接成一个有机整体,实现或支持对高压设备本体或部件的智能控制,并对其运行可靠性、控制可靠性及负载能力进行实时评估,支持电网的优化运行,通常运行于高压设备本体近旁^[8]。智能组件涉及一次设备智能化,从一次设备今后的发展趋势来看,笔者认为将二次设备进行整合并将其功能模块融入一次设备将是未来的发展趋势。但当前及今后一段时间内,限于国内一次、二次产业长期分离的现状以及二次设备融入一次设备涉及的绝缘、电磁干扰等问题,二次设备功能以智能组件的形式运行于高压一次设

备本体附近将是切实可行的方案,且目前已有智能变电站工程试点应用。智能变电站变压器智能组件、智能开关组件等先后在新建或改造变电站试点运行,推动了智能组件的发展,但考虑到继电保护装置的特殊性,目前的智能组件均未包含保护功能,具体的监测功能只有简单的一部分,一次设备的状态监测仍然由独立的状态监测装置或者主 IED 来实现。

由于智能组件涉及当前二次设备所有功能,因此行业内也有人提出五大功能(测量、控制、监测、保护、计量)是否都具备才是智能组件,从现有智能组件的定义来看,实现部分功能也是智能组件,可以认为当前保护装置、测控装置等都是智能组件。智能组件的集成度远大于上述几种间隔层设备集成方案,随着技术的发展,笔者认为智能组件最终要融入一次设备,因此其集成将涉及过程层、间隔层的集成,如此未来的变电站将只有设备层(过程层和间隔层合一)和站控层。但从目前来看,先从过程层、间隔层进行设备集成是智能组件发展的重要过程,且前述多功能测控装置就是间隔层设备(保护除外)深度集成的一个典型。笔者认为,在 110 kV 可实现保护测控集成的前提下,开发出含测量、控制、监测、保护、计量在内的智能组件将是今后切实可行的发展方向,相对于保护测控集成、集成测控装置和集中式保护装置,该方式以间隔为基础,将更具有代表性,更能代表今后的发展趋势。

2.6 故障录波与网络分析仪集成装置

故障录波装置的功能在智能变电站环境下并未有大的变化,但其数据接入方式却发生较大改变,主要因为当前数字化采样的出现。网络分析仪主要是用来接入通信网络,便于变电站运行监测或者事故追踪分析,并不是变电站的标准配置设备,目前在实际工程招标中属于选配。提出故障录波和网络分析仪集成装置的出发点是因为采样数据的网络化传输,即当采用网络采样时,两个设备具有相同的接入数据源,两者集成可减少设备和屏柜数量。此种集成方案从设计角度看是合理的,但涉及装置的具体性能和专业管理方面就显得不太合适。

两种设备数据存储的频率不同,故障录波装置主要关注于故障前后,其磁盘读写操作较少;网络分析仪则是随着运行装置不停地采集数据并频繁读写装置的磁盘,因此从长期运行的角度看,网络分析仪的磁盘出故障的概率相对故障录波装置高,将两者集成会给故障录波装置带来隐患。

从专业管理的角度看,故障录波装置的重要性远大于网络分析仪,即使在变电站内部同时配置了

这两套装置,其数据的管理归口部门也不同,故障录波归于保护,网络分析仪归于自动化,将两者集成会给后续的运行维护管理带来混乱。

另外,从数据采集角度看,故障录波关注的是保护装置采集的故障暂态数据,而网络分析仪更多关注的是稳态运行数据,尤其是在当前保护采用“直采直跳”模式下,网络分析仪监视的都是上送数据给测控装置的过程层 SV 网或者 GOOSE 网以及站控层制造报文规范(MMS)网,两者在数据采集源头上丝毫没有共性或者可共享的应用需求,因此此种集成方式笔者暂不建议采用,但可试点应用并积累相关的运行维护经验。

3 站控层设备集成

站控层设备主要包括监控主机、数据通信网关机、数据服务器、综合应用服务器、操作员工作站、工程师工作站、PMU 数据集中器和计划管理终端等设备,这些设备是组成一体化监控系统的重要组成部分。在站控层,设备的集成并不明显,反而是一体化监控系统对全站的数据流向、应用功能进行了梳理和整合^[9],一方面减少了站控层设备的数量,优化了全站的数据流向,提升了全站的智能化监视和管理水平,另一方面着眼于未来技术的发展趋势,具有较好的可开发性和维护便利性,同时也能够为当前“大运行、大检修”提供有效的支撑,能够更好地为调度主站提供支撑,通过与主站紧密的信息交互和功能的协同互动,全面提升变电站的整体智能化水平,提高变电站运行的安全性和可靠性。

从系统集成的角度看,一体化监控系统将传统监控系统内保信子站系统、五防闭锁系统等进行了集成,将其全部融入了一体化监控系统的监控主机。监控系统实现保信子站的功能其优势比较明显,不仅可以节省一套独立的子站系统,降低建设成本,最为关键的是有利于为智能告警和事故综合分析等高级应用功能的实现提供更加完善的数据。五防闭锁由监控系统实现,不仅可以节省传统五防闭锁系统的设置,节约建设成本,其突出优势是取消了传统变电站防误系统和监控系统之间的通信,五防闭锁功能能够直接从监控系统数据库获取数据和图形,节省了工作量。

4 工程应用分析与总结

变电站二次设备的集成在当前智能变电站工程中也有较多应用;过程层合并单元和智能终端装置集成目前在 110~500 kV 智能变电站都有应用,尤其是在 220 kV 及以上电压等级变电站,通过两者

的集成,过程层设备的数量减少一半,屏柜数量和空间都大幅降低,经济效益十分显著。从个别已经投运的变电站来看,设备整体运行状况良好,但由于运行时间较短,后续还需要继续观察。

间隔层众多集成方案中,应用最为广泛和成熟的就是保护测控一体化装置,尤其是 110 kV 及以下电压等级的变电站。在 IEC 61850 标准还未在国内推广应用时各网省公司都大量采用了此种方式,经过多年的运行,积累了成熟的运行管理经验,保护测控一体化装置的整体性能也不断得到提升和改善,已成为当前 110 kV 及以下电压等级的主流方式。集中式保护装置目前在辽宁、广西等个别站进行了试点,总体应用较少。集中式测控装置目前并未见相关应用的报告,还停留在研发设计阶段。多功能测控装置目前主要是三态测控,仅将测控和 PMU 以及故障录波的功能进行了集成,目前在延安 750 kV 等第一批、第二批智能变电站试点站项目以及当前新建智能变电站中得到广泛应用。而在此基础上集成非关口计量、电能质量监测的多功能测控装置则在新一代智能变电站试点功能中得到了应用。智能组件涉及的变压器智能组件、智能开关组件当前也有较多的试点运行,国内一次设备主流厂家分别与二次设备厂家成立合资公司开发智能组件,比较典型的是特变电工与四方、西开与南瑞继保等,相关组件产品已通过检测,后续将会批量应用。故障录波和网络分析仪集成装置目前也有工程进行了试点应用,但总体应用较少。

站控层涉及系统层面的集成,主要是一体化监控系统的出现,目前各主流厂家均已开发出一体化监控系统并通过检测,今后的智能变电站要求统一采用一体化监控系统。

因此,从当前工程应用实际来看,在安全可靠的基本原则下,笔者认为过程层的合并单元智能终端集成、保护测控的集成是当前阶段较为切实可行的方案,但两种集成方式均应限定电压等级,建议在 110 kV 及以下电压等级集成,待总结了相关运行经验以后再逐步向更高电压等级推广。目前,该方案已在新一代智能变电站试点工程中得以推广应用。

智能组件设备可根据实际情况,在上述两种集成方式成熟应用的基础上再进行集成,即实现 110 kV 及以下电压等级过程层设备、间隔层设备的集成,实现以间隔为对象的综合智能组件,笔者认为这将会是智能变电站今后的发展方向。而对于 220 kV 及以上电压等级,智能组件可在间隔层逐步集成但保护功能建议暂不要涉及,笔者认为在多功能测控的基础上融入状态监测的功能将会是

220 kV 及以上电压等级间隔层二次设备集成的一个方向,如此将形成保护、自动化专业(监控)相对应的两大间隔层设备,后续是否需要过程层也一并融入形成综合智能组件则需根据实际工程应用的效果再行考虑。而对于站控层,推广一体化监控系统不仅切实可行,也能兼顾今后的发展趋势。

5 结语

本文所述二次设备集成方案从技术角度看并不困难,但各类集成装置给变电站的运行、管理和维护带来巨大影响,现有的管理模式并不能适应这一改变,而这也恰恰是影响电网安全运行的重要因素。技术的发展总是超前于管理经验的发展,因为高效可靠的运行管理模式需要经过长时间的考验和标准化的流程才能固化并最终提高电网运行的安全可靠水平。本文所讨论的二次设备集成方案虽然较多,然而限于目前的运行管理水平实际可行的还较少,但可为今后的技术发展和设备开发提供参考。

同时,也希望运行管理人员能够结合新技术、新设备积极探索新的运行管理方式,共同推动变电站智能化的建设发展。相信随着智能变电站二次设备功能不断改进、完善以及在工程应用中运行管理经验的积累,变电站内部的二次设备的逐步集成将是今后的发展趋势。

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] 薄志谦,和敬涵,董新洲.电力系统的集成保护[J].电力系统保护与控制,2005,33(14):6-10.
BO Zhiqian, HE Jinghan, DONG Xinzhou. The integrated protection for power network[J]. Power System Protection and Control, 2005, 33(14): 6-10.
- [4] 董新洲,丁磊.数字化集成保护与控制系统结构设计方案[J].电力系统保护与控制,2009,37(1):1-5.
DONG Xinzhou, DING Lei. Research on design of digital integrated protection and control system[J]. Power System Protection and Control, 2009, 37(1): 1-5.
- [5] 樊陈,黎山平,高春雷.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. Design of integrated low and medium voltage digital substation automation system[J]. Automation of Electric Power Systems, 2010, 34(13): 84-87.
- [6] 刘东超,王开宇,胡绍刚.基于数字化变电站的集中式保护[J].电力自动化设备,2012,32(4):117-121.
LIU Dongchao, WANG Kaiyu, HU Shaogang. Integrated protection based on intelligent substation[J]. Electric Power Automation Equipment, 2012, 32(4): 117-121.

[7] 黄国方,徐石明,周斌.新型变电站综合测控装置优化设计[J].电力系统自动化,2009,33(19):77-79.

HUANG Guofang, XU Shiming, ZHOU Bin. Optimization design of a new synthesized measuring and control device for substations[J]. Automation of Electric Power Systems, 2009, 33(19): 77-79.

[8] 国家电网公司.智能变电站技术导则[S].2009.

[9] 樊陈,倪益民,窦仁晖.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. Interpretation of relevant specifications of integrated supervision and control systems in smart substations[J]. Automation of Electric Power Systems,

2012, 36(19): 1-5.

倪益民(1967—),男,高级工程师,主要研究方向:电力系统自动化。

杨 宇(1980—),男,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 代长振)

Discussion on Integration of Secondary Devices in Smart Substations

NI Yimin¹, YANG Yu², FAN Chen¹, GUO Yanxia³, DOU Renhui¹, HUANG Guofang²

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

2. NARI Group Corporation (State Grid Electric Power Research Institute), Nanjing 211106, China;

3. State Grid Corporation of China, Beijing 100031, China)

Abstract: With the ever-increasing application of secondary equipment, the integration of secondary devices will be the trend of smart substation. Different schemes for the devices of the process level, bay level and station level are discussed, with emphasis on the integration of the merging unit (MU) and intelligent terminal in the process level. The integration of the protective, measuring and control devices, the concentrated protective devices, the integration of measuring and control devices, the multifunction measuring and control devices, the intelligent components, the integration of the fault recorder and network analyzer are elaborated. The integration supervision and control system at the station level is described. The current application of the different integrated devices in the smart substation is reported, the scheme for the integration of the merging unit and intelligent terminal, the integration of the protective and measuring control devices are recommended for trial application only on the premise that the voltage is 110 kV and below. It will be useful to the construction of smart substations.

This paper is supported by State Grid Corporation of China.

Key words: device integration; IEC 61850; integrated supervision and control system; merging unit (MU); intelligent component; smart substation