

[继电保护]

一种智能变电站二次安全防护系统的研制

文/国网宁夏电力有限公司检修公司 尹相国 吴占贵 杨拯
山东网联信息科技有限公司 李惠民 张晓明

智能变电站是电网智能化发展的重要基础，而智能变电站的二次安全防护系统，则是智能变电站自动化设计的关键部分，同时也是电网安全、经济运行的重要保障。介绍了智能变电站二次安全防护系统的架构及设计思路，并对其关键技术进行创新研究，试图为今后智能变电站二次安全防护系统的研制，提供可行性和参考。

随着我国经济的快速发展，国家电网将迎来更为广阔的发展空间。现阶段，电力需求量不断增高，电网结构日趋复杂，尤其是新能源的应用，给传统变电站带来了更大的挑战，要求变电站更加灵活可控，便于进行人机交互，并且能够提供多样化、多元化的个性服务。因此，变电站如何提供更加安全、可靠、优质的服务，就成了国家电网待以解决的重要问题。在现代科学技术的推动下，智能变电站一次设备、电力信息接口标准有了更为统一的发展，这使得变电站一次、二次设备之间可以进行交互融合，智能变电站控制方式也有了全新的发展，同时，为配电网自动化发展奠定坚实基础。因此，根据实践研究，设计了一种智能变电站二次安全防护系统，对今后智能电网的可持续发展，具有重要的参考和借鉴价值。

系统设计原理及作用

智能变电站防护系统是一种可靠、集成、环保的智能化设备，以数字信息化通信网络为基本要求，从而完成变电站的保护、二次保护、自动化控制、状态监测等功能，并可以根据业务需求，对受控电网进行实时控制、自动调节、数据采集、智能分析等功能。在智能变电站中，各类

智能电子装置实质上是功能各异的嵌入式计算机，这些嵌入装置中，通过复杂的通信网络报文进行交换，来实现各类业务功能。为实现报文的交换及确保智能电子装置的信息互通、互换，需要定义非常复杂的信息接口及信息模型。通信机制的虚拟化（虚端子/虚连接）及网络化的引入，使得智能站的二次系统间的关系变得更加复杂。

在变电站运行管理过程中，需要对二次设备进行检修测试，因这些设备间逻辑联系及信息模型的复杂性，很难就检修、测试活动对变电站运行的影响，进行科学、准确的评估判断，同时，部分关键保护功能依赖于跨间隔信息的接收及处理，关联影响关系复杂。出于安全原则，需要扩大停电检修面积，对变电站的安全运行带来不必要的影响。因此，该系统通过研究与反复试验二次设备的检修实际操作，自动分析和确定不同类型装置的改变对整个系统的影响，研制一套完备的、有效的智能化变电站检修隔离策略以及快捷简便的自动化执行方法，走出目前的技术困境，有效提高检修过程的可靠性与安全性。

系统架构设计

智能变电站二次安全防护系统，作为一个复

杂并且庞大的综合支撑系统，其中包含众多的智能组件以及电子装置组成，主要对电力设备运行状态进行实时监控和安全防护。在满足相关标准要求下，系统还将承担用电计量和风险预警等功能。依据智能电网的业务需求，本文设计研发的智能变电站二次安全防护系统，包含：测控装置、运行状态监控、智能检测终端等。其系统架构采用三层技术结构组成，分别为过程层、间隔层和站控层。如图1所示。

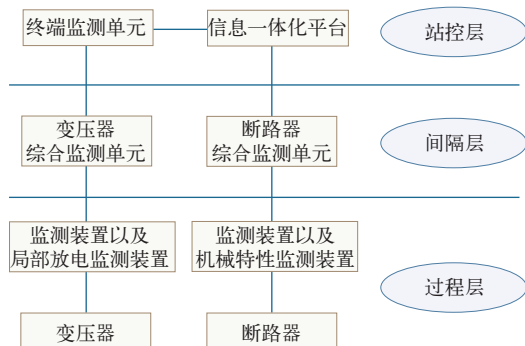


图1 系统架构示意图

过程层：主要由变压器、隔离开关、断路器和互感器等一次设备及组件构成。对变电站中的变压器及断路器等一次设备进行实时监测。对各电气设备的运行状态进行数据采集和整理，将数据信息转化为数字信息，然后采用IEC61850标准协议进行信息互联。

间隔层：主要包括变压器综合监测单元和断路器综合监测单元；智能变电站二次安全防护系统的间隔层，则是由继电保护装置、监测组件和测控装置等二次设备组成，采用一个间隔的数据并且作用于该间隔一次设备的功能，从而实现与传感器、控制器等输入输出的通信控制。

站控层：包括终端检测单元和信息一体化平台，实现面向全站设备的监视、控制、警报以及信息交互功能，完成数据采集和监视控制等功能；由图1可知，二次安全防护系统的站控层在整个系统中具有重要意义。因此，站控层功能要高度集成，在一台计算机或者嵌入式装置实现，也可以分布在多台计算机或者嵌入式装置中，实现数据资源的共享。主要提供信息一体化平台，给在线监测装置和各个综合监测单元提供通信，从而实现对监测单元的数据采集和通信控制。

系统设计及关键技术

各保护装置之间的信息交互，主要由过程层

对数字信息进行网络传输，为确保变电站的安全性及稳定性，防止智能变电站二次系统异常失控，并由此导致变电站一次系统出现故障，需要重点增强变电站边界防护，优化内部安全控制措施，从而确保智能变电站安全、平稳地运行。基于上述原则，智能变电站二次安全防护系统的技术性指标，包括：安全分区、边界防护技术、MPLS-VPN技术、数字认证技术以及NAT转换技术等，降低智能电网系统的外部影响，防止二次系统崩溃及其他附带影响。下文对智能变电站二次安全防护系统及关键技术进行详细分析，研究如下。

1. 系统分层分区设计

智能变电站二次安全防护系统的分层分区，主要分为：实时控制区Ⅰ、非控制生产区Ⅱ、生产管理区Ⅲ以及管理信息区Ⅳ四个区域。如图2所示。

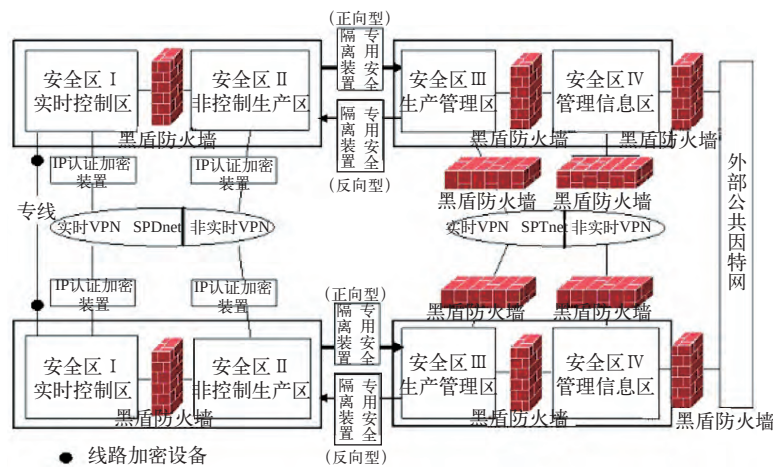


图2 系统分层分区示意图

分实时控制区Ⅰ：主要通过国家电力调度网络SPDnet平台进行VPN实时控制，其中包括：电源管理单元、分布式控制系统和远程终端设备等。

非控制生产区Ⅱ：通过SPDnet支持的生产VPN进行控制，主要包括：故障录波系统、变电站数据采集系统、电能计量系统等。

生产管理区Ⅲ：通过SPTnet平台（State Power Telecommunication Network），对生产管理区域进行控制，包括变电站二次设备监测系统、预警系统及综合管理系统等。

管理信息区Ⅳ：该区作为安全防护的必要措施，通过SPTnet向外部提供通信支持。SPDnet作为生产实时信息传输的网络，同时也是变电站二次安全防护系统自动化调度和指挥的支撑基础。主要任务是为变电站设备及主干线路的监控及通信传输

提供保障。本系统采用该项技术，对提升变电站输配电运作的稳定性、安全性具有重要意义。

2. 网络通信防护设计

智能变电站二次安全防护的重点之一，是加强生产控制区的安全隔离和管理信息区域之间的安全防护。实时控制区Ⅰ和非控制生产区Ⅱ，通过交换机进行传输连接，而数据传输过程中的SMV、GOOSE和MMS报文实时分析技术，全部采用符合IEC61850规则的数字化信号，通过光纤网络进行传递，与传统的电信号传递模拟量存在较大不同。目前，智能变电站光纤网络及所承载的二次回路信息，无法较为直观地进行可视化显示，给变电站工作人员检修效率和质量造成一定影响。因此，采用自动化信息计算技术，可实时、准确地解析出光纤网络中的数字信号，将其还原成检修人员熟悉的业务数据。可以有效确保工作人员可以直观、清晰地了解二次装置交互内容、相互关联情况和全站二次设备业务功能的正确性。

3. 二次安措优化设计

该系统在设计过程中，对于目标装置的接收数据，首先切断本侧数据集对应的入口软压板，然后再切断对侧装置该数据集对应的出口压板，实现完全隔离；对于目标装置的发送数据，需要先切断对侧装置的入口压板，再切断本侧的出口压板。通过以上方案设计，可以实现较为智能和自动化的安措生成系统，并通过可视化技术，实现安措的预演和分析，并实现电子化的安措序列输出，以方便现场自动化工具基于此进行安措到位的信息校验。可大大缩短二次设备检修过程的周期，增加系统隔离的安全性和可靠性，缩短检修停电时间。

基于预置规则的智能变电站二次安全防护系统，主要依据智能电网相关标准作为指导，综合考量各种因素，采用预制规则的方式，建立各装置的安措序列的基准库，参照电网及装置的各项运行参数为输入参考量，进行安措规则实例化，快速地生成符合当前智能站设备的安措隔离方案，并提供二次安全防护的安措序列校准及修正界面。当前，在SCD的信息中，并没有将二次装置的软压板和其控制虚端子直接关联起来。因此，只能通过压板名称，粗略判断出压板的主要功能，无法精确知道软压板与虚端子的控制关系。通过研究软压板和其控制的虚端子关联关系及IEC61850语义，对于基于标准IEC61850规范建

立起来的SCD，可以根据模型的标准值自动建立两者的关联；对于相对不太规范的SCD，可以通过模糊匹配的方式，尝试自动关联软压板及虚端子。通过建立起压板与虚端子之间的映射规则，并构建一套智能和实用的配置软压板及虚端子关联的工具，结合可视化移动检修终端（如图3所示），可有效减少手工编制安措序列的难度和工作量。基于预置规则的可视化隔离安措生成技术、安措执行过程的可视化校验技术以及一键式安措恢复校验技术，有效解决了目前智能变电站投运后，检修和改扩建工作中由传统人工逐项进行、效率低，而且容易出错的隔离实施问题。

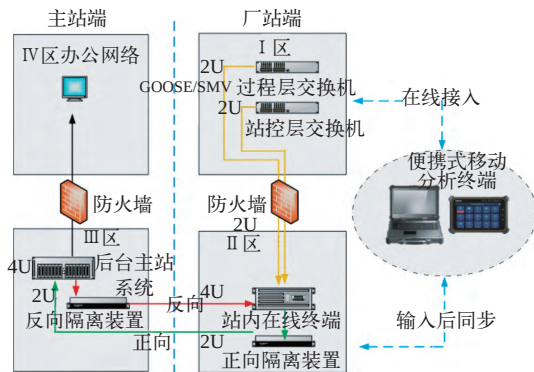


图3 “一键式”隔离移动可视化终端示意图

结束语

综上所述，智能变电站二次安全防护系统的设计重点，是确保变电站电气设备运行状态的监控以及电网线路的安全传输。尤其是在互联网时代，数据信息的传输、接收、共享，主要依靠信息化虚拟平台，随着电力系统自动化程度的提升，供电企业对数字信息化的依赖程度越来越大。目前，集成化、标准化是智能变电站未来发展的主要趋势，主要包括：线路保护集成、保护测控一体化、站域控制与保护、组网方式标准化、装置模型标准化。本文分析智能变电站二次安全防护系统的实现原理，然后针对安全分区、安措策略进行深入研究，通过对智能站二次装置业务关联性的认识和理解，正确执行检修工作中的隔离操作，此外，本系统通过实地测试和试运行，显著提高了变电站运行的可靠性和稳定性，通过移动可视化终端设备，增强变电站检修维护的覆盖范围和工作效率，从而有效提升了供电企业的经济效益，对于全面提高智能站的运维检修能力，也具有极其重要的作用。EA

（收稿日期：2018.07.18）

（编辑：朱金凤）