

[变电站]

智能变电站的结构分析及几点认识

文/ 中油电能供电公司变电运行部 张 婧

阐述国内智能变电站的发展过程，通过与综合自动化变电站系统结构的比较，分析应用智能变电站后综合自动化系统产生的变化，智能变电站建设给各专业带来的影响及可能遇到的问题，为同行从业者提供参考。

国内智能变电站的发展过程

在中低压变电站建设中，各种电流和电压互感器的成本仅占变电站建设成本的很小一部分。但随着我国超高压电网的建设，对变电站的绝缘水平要求相应提高，使得变电站一次设备成本中很大一部分都用于绝缘材料，尤为突出的是大量采用的电流互感器和电压互感器价格大幅增加。因此，如能够研制出直接将模拟信号转换为数字信号的电子式互感器，用光纤连接互感器和相应的二次设备，就可以很好地解决互感器的绝缘问题，从而大大降低变电站的综合造价。

在变电站应用电子式互感器后，二次回路传送的信号由原来的模拟信号转变为数字信号，这种变化改变了二次回路设备和传输通道的构成，使得数据传送网络化成为可能，保护装置也不再需要处理模拟信号。再加上对开关操作控制的数字化改造，就产生了最初智能变电站模型（或称为数字化变电站）。

智能变电站定义及典型结构

1. 智能变电站的定义

智能变电站是采用先进、可靠、集成和环保的智能设备，以全站信息数字化、通信平台网络化和信息共享标准化为基本要求，自动完成信息采集、检测、测量、

控制和保护等基本功能。还具备支持远程控制、智能调节和在线决策分析等高级功能的变电站。

智能化变电站通常可认为由三大智能系统构成，分别是实现保护、控制、测量和通信的综合自动化系统、实现一次设备各种运行数据实时在线监测的系统和实现变电站内运行辅助设施实时监测的智能辅助系统。本文着重论述智能变电站综合自动化系统与传统综合自动化系统在结构和设备上发生的变化。

2. 智能变电站的典型结构

智能变电站的典型结构一般包括三层两网结构，三层分为设备层、间隔层和站控层；两网主要指站控层网络和过程层网络。过程层包含有一次设备和智能组件构成的智能设备、合并单元（以下简称 MU）和智能终端（以下简称 ST）。站控层主要指通信系统、时钟系统和调度自动化等子系统，用于全站或一个以上一次设备的测量和控制，包含数据采集和监视（SCADA）、操作闭锁以及电能量采集、保护信息管理和同步相量采集等功能。间隔层一般包括测控装置、继电保护装置等设备，实现与各种智能传感器、远方输入/输出设备和控制器之间的通信。

3. 智能变电站的设备和结构变化

与传统综合自动化变电站相比，智能变电站硬件设备的变化主要有二次互感器的变化、增加 MU 和 ST 设

备、数据传输方式的变化和继电保护装置硬件的变化三方面。软件上的区别主要体现在各种高级应用方面以及通信规约方面。

（1）二次互感器的变化

二次互感器由原来的电磁式变化为电子式，这给二次回路结构带来了质的变化。为了节省二次光缆，引入了 MU 和 ST；为使数据共享在保护、测控和故障录波等设备与 MU 和 ST 设备之间增加了名为过程层网络的 SV 网交换机。采样值网（Sampled Values, SV）实现电流电压数据的网络采集和传输功能。面向通用对象的变电站事件（Generic Object Oriented Substation Event, GOOSE）实现测控、保护、故障录波等装置的状态信息的采集和开关操作信号的传输。

（2）MU 和 ST 设备

增加 MU 和 ST 设备的主要原因在于它们可以将多路数据编码后合成一路数据，通过串行通道，实现传统综合自动化变电站大量电缆实现的数据传送功能，传统综合自动化变电站则采用了大量的电缆。

（3）数据传输方式变化

数据传输方式的变化又体现在两个方面，一是数据传输通道的变化，由原来的电缆发展成了光缆；二是为了使数字信号网络化传输，增加了过程层网络交换机。

（4）继电保护装置的变化

传统综合自动化变电站的继电保护装置接收到模拟信号后，需通过装置内部的电流/电压变换器将大电流高电压变换成能够满足采集要求的小电流低电压，再通过 A/D 转换变为数字信号，进行处理，从而完成数据采集；传统变电站保护装置需要通过开入/开出采集模块采集断路器位置数据。智能变电站将交流采集模块、A/D 转换模块和开入/开出模块都下放到过程层设备，继电保护装置中只剩下微计算机和电源模块。由于智能变电站的保护装置需与网络交换机连接，因此，增加了 SV 模块和 GOOSE 模块。

（5）智能变电站的通信规约及高级应用

1) 智能变电站的通信规约。智能变电站采用 IEC 61850 通信规约，它面向对象建立模型，是国际电工委员会（IEC）TC57 工作组制定的《变电站通信网络和系统》系列标准。采用标准化通信规约的目的是在变电站

需更换保护测控等装置时，无论任何厂家，设备之间均可通用。传统变电站在这一点上还存在一定的缺陷。

2) 智能变电站的高级应用。为了实现电网智能化，智能变电站开发了多项高级应用，主要有一体化五防和全景信息平台、一体化故障信息子站、故障信息分析决策、智能报警、分布式状态估计和辅助系统等高级应用。充分利用智能变电站的高级功能，不仅可以提高变电站运行操作的可靠性，而且在电网出现负荷不均、设备异常和电网故障时，智能变电站可以给出变电站的全景数据并给出相对合理的处理意见，为处理异常、故障提供可靠数据保障。

4. 智能变电站的其他结构

智能变电站典型结构为全数字化结构，通常适合于新建变电站使用。除此以外，为适应常规变电站改造，通常还可以采用另外两种结构。一种是就地数字化结构，适用于保留部分传统互感器，只将部分互感器更换为电子式互感器。这种方式需要在合并单元中增加 A/D 转换模块，将互感器的模拟信号转换为数字信号。另一种结构是传统采样、GOOSE 跳闸模式，适用于不更换传统互感器，仅更换智能开关的情况。

对智能变电站的几点认识

与综合自动化变电站相比，智能变电站的一次设备和二次设备都有了很大的变化。采用智能变电站对电网运行、检修和管理会产生较大的影响

1. 智能变电站主要优势

1) 智能变电站互感器由原来的电磁式变化为电子式，解决了传统电磁式互感器磁饱和问题，同时电流及电压量转化成数字信号，互感器也不存在带载能力的限制。

2) 智能变电站的 MU 和 ST 设备将多路数据编码后合成一路数据，同时数据传输通道由原来的电缆发展成了光缆，不仅节约了电缆使用量，而且避免了通过控制电缆产生的电磁干扰。

3) 智能变电站采用统一的 IEC 61850 国际标准通信规约，实现了不同厂家的保护测控装置互换使用，解决了技术垄断和售后服务的壁垒。

4) 智能变电站的强大信息平台不仅能为遥测、遥

（下转第 45 页）

针对跨越园林的新建农网，在特定的适宜情况下，还可以考虑高跨方案，大大减轻后期的运维保护工作。

(3) 动物引发故障的防治措施

农村配电网鸟类防治措施有：挡鸟类如用防鸟刺，引鸟类如用人工鸟巢，驱鸟类如用旋转风车等。防鸟措施应结合生态稳定性，拆除鸟巢，并非一味拆除，应据实情差别对待。如杆塔上距导线较远鸟巢，既不影响线路安全，又能驱走其他鸟类，应该原位保留。防治蛇鼠类，封堵其侵入电力设备的漏洞，巡查老旧设备缺陷，及时改造或更换；运用技术手段如红外测温等进行设备在线监测，以便及时发现问题，防患于未然；定期开展驱赶蛇鼠类专项治理活动。

2. 设备因素导致故障的应对措施

1) 老化设备，应及时检修，消除隐患；或更新换代，增大容量以符合当今需求。绝缘子是否破损，可以目测以及用望远镜观察，若是，应更换。为了减少和消除绝缘子污秽闪络事故，常常采用定期清扫导电污秽物的办法，或者采用防尘绝缘子。采用加长型合成绝缘子有利于防止雷电闪络故障。

2) 防雷、短路和过负荷保护是任意一台配电变

压器的基本设置。短路保护借助熔断器，三相不平衡检测利用钳形电流表，变压器油的检测包括油位、油温、油色和漏油等方面。

3) 避雷器和接地引下线在每年雷雨季节前认真检测。避雷器不合格，立即更换；接地引下线应采用钢筋或扁钢，不得用铝线。

3. 人为因素导致故障的应对措施

污染农网的秸秆焚烧行为控制，需要搞好宣传，提高农民认识，出台政策，严格管控；还需要研制合理方法处理秸秆，如收割机安装秸秆粉碎设备，让秸渣肥田，实现循环利用。为便于田间机械作业，清除电杆拉线造成的障碍，可以根据情况改用直身拉线、高桩拉线或铁塔取代电杆等措施。

农村配电网的规划设计，需要精准分析覆盖区域不同位点用电的具体情况，合理配置和优化低损耗、高效率的新型变压器，应对无功补偿，安装相应电容器，并将农网与周围城网融合，与上级电网衔接进行整体规划设计，同时考虑稳步上升的农村经济态势，面向未来，综合设计，确保农网运行安全可靠。EA

(收稿日期：2020.08.24)

(上接第 42 页)

信和遥控等远方测控提供数据支撑，而且在电网出现故障时，可以给出变电站的全景数据和相对合理的处理意见，为运行人员迅速处理电网事故，正确决策，提供了可靠的数据保障。

2. 智能变电站带来的影响

1) 基于 IEC 61850 的智能化变电站的二次系统设计，需要设计人员熟悉各种“功能逻辑节点”，以便能够了解物理设备如何通过逻辑节点连接实现所需功能。

2) 智能化变电站的安装、调试过程是系统网络化和数字化的过程。继电保护人员需充分理解保护的配置，利用 IEC 61850 规约的特点，创新测试方法，设计出完善的测试方案，能够同时测试通信、信息同步等多项功能。

3) 智能化变电站的建设给现场验收工作带来了新的形式要求，不仅要验收系统中的硬件、软件，还包括系统中使用的说明文档、设备的配置参数文档、系统数

据和信息模型文档等项目。

4) 以 IEC 61850 为核心的新设备，通过灵活的软件配置实现各种组合的功能，这就要求配置信息得到可靠的保管和管理；如管理不完善，会对日后的维护工作带来难题。

结束语

智能变电站是极具发展前景的一项综合技术，是未来变电站建设的趋势。从当前技术现状看，尽管智能变电站技术还存在一些不足，但选用的风险远小于当年油田选用综合自动化变电站的风险。应本着积极准备，循序渐进的方式，择机建设一座智能变电站，不断积累运行经验，为打造永恒电力，助力百年油田提供强大的技术支撑。EA

(收稿日期：2020.06.29)