

[配电自动化]

基于IEC 61850的分布式能源配电自动化系统通信

文/郭秀容
中核第七研究设计院有限公司

在分布式能源配电自动化的调试及维护工作中，若要精简操作步骤、减少复杂环节，则需要在IEC 61850的基础上创建一个兼容即插功能的配电自动化系统。首先探讨了IEC61850的逻辑节点在分布式能源配电自动化系统中的具体运用，然后参照“柱上开关馈线自动化终端”的设计案例，创建了配电自动化系统通信模型，并通过实验操作论证了其系统通信的可行性及有效性。

配电自动化系统通信的内部组成是非常复杂的，其中涉及很多现场自动化终端设备。它们在通信系统的作用下实现有效衔接，同时和配电自动化系统主站实现信息交互。

IEC 61850为分布式能源配电自动化系统通信研究提供支持，让分布式能源配电自动化系统的运行有了统一的标准，促进各类智能电子设备之间的有效衔接。由于IEC 61850的技术愈发成熟，其逐渐在分布式能源配电站自动化、监控应用、水电和风电等领域得到广泛运用。在实际操作中，需要将其与分布式能源配电自动化系统相结合，并设置统一的数据模型、服务接口，让主站和配电终端、各类配电终端之间实现有效衔接，克服衔接不稳定等障碍，减轻维护压力。

基于IEC 61850的分布式能源配电自动化系统通信概述

1. IEC 61850概述

IEC的全称是国际电工委员会，经IEC编制的针对配电站自动化系统通信的协议等，又称为配电站系统通信，它阐释了在配电站自动化系统中不同类

型设备之间、设备和系统之间的信息或数据传输的协议条例，使用范围集中在配电站及配电制动系统的通信范围内，发挥着较强的市场应用潜力。

与传统的配电站自动化系统通信对比，IEC的优势非常明显：①标准化。IEC 61850属于国际标准的通信协议，在不同企业、品牌等设备中实现无缝衔接，最大化减少系统集成费用；②开放性。IEC 61850协议借助于网络通信技术实现，兼容若干种网络协议，发挥较强的开放性，更加灵活地和其他系统实现信息交流与融合；③稳定性。IEC 61850协议存在较强的错误处理功能，容错性也非常强，增强信息传递的稳定性；④高效性。IEC 61850协议兼容动态数据传输等功能，促使数据传输实现高效应用，达到动态响应等目的，配电站的运行效率大大提升。

2. 结构设计

分布式能源配电自动化系统是按照分层的结构特点进行设计的，包括主站层与终端设备层两层结构，仅需要在通信系统中配置配电子站层，当作数据收集的一个重要设备，同时发挥数据统一传输等功能，具体如图1所示。

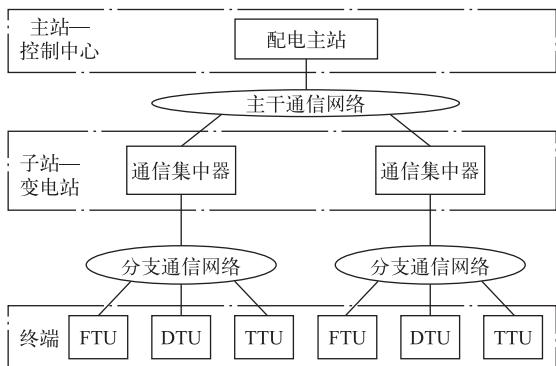


图1 分布式能源配网自动化系统结构图

根据图1，主站处在控制中心的位置，属于该系统的一个重要组成元素，兼有SCADA、馈线自动化等功能。子站处在变电站的位置，称作网络汇接设备，发挥着承上启下的作用，把零散在线路中的配电终端数据整合在一起，一并传输给主站，由主站下达指令。

3. 通信网络

分布式能源配网自动化系统通信引入的是分层IP网络，包括主干与分支两部分。前者配置的是高速光纤网络。目前，大部分供电单位敷设的是SDH主干网络，承载的是>100 Mbit/s的宽带，符合配网自动化的运行要求。后者主要把分散在其他的终端设备，统一集中在变电站，其设备类型多、覆盖面广，通信网络的质量对整个系统的运行效果带来影响。由于光纤价格的逐步下调，光纤网络逐渐变成了一个最常见的应用形式。现今，在工业领域中，以太网、以太无源光网络在分布式能源配网自动化通信系统中得到全面运用。

4. 通信系统的逻辑模型

通过逻辑层面进行分析，根据IEC 61850中信息分层方式，包括主站层、馈线层、终端层和过程层4层。主站层属于分布式能源配网自动化系统的一个核心元素，对整个系统展开动态性地监控、定位和隔离等；馈线层完成对一条中压馈线的有效监控，彰显出若干个终端互相配合的特点；终端层与现场自动化智能设备相互衔接；过程层动态性地完成信息监测、操控和驱动等任务。

配电终端设备模型

现今，基于IEC 61850的建模技术在变电站自动化系统中的应用愈发常见及成熟，将其与分布式

能源配电自动化系统相结合，并给予建模分析，其内部组成有柱上开关FTU、环网柜FTU和开闭所DTU三个。

配电终端的建模必须要通过IEC 61850中全部的逻辑节点进行衔接，增强模型的一致性。在分布式能源配电自动化系统中，还包括部分小电流接地保护等专用功能，必须和配电网及配电线路的实际特征相互融合，给予信息建模，逐步引入新的LN。

具体可以参照柱上开关FIS设计，创建配电终端设备模型如图2所示。将其划分成LD1、LD2、LD3三个逻辑设备，所有设备都包括LLNO与LPHD这两个非常重要的逻辑节点。前者主要包括物理系统信息、控制和质检等；后者属于物理装置的公共信息建模，例如自检等。LD1兼有基础SCADA功能，发挥遥控、遥测等作用，涉及到的逻辑节点主要包括CSWI(开关控制)、TCTR(电流互感器)和GGIO(通用输入输出)等。LD2兼有保护与故障监测等作用，涉及到的逻辑节点主要包括SFTD(短路故障分析)、SSTD(单相接地故障分析)等。LD3兼有智能电源管理等特点，涉及到的逻辑节点主要包括ZBTC(电池充电管理)、ZPWR(电源控制)等。

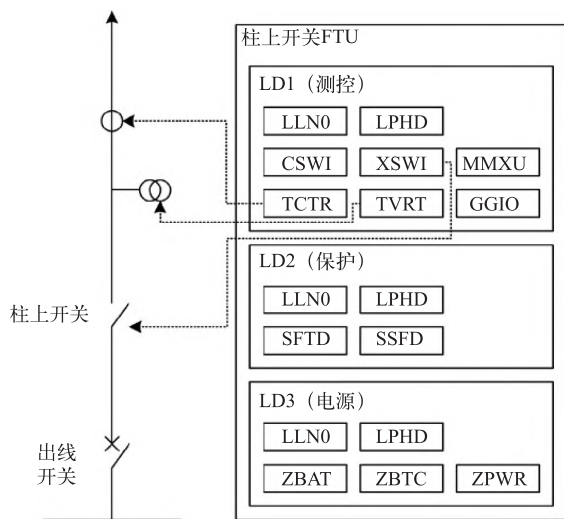


图2 柱上开关FIU信息模型

信息交互模型

IEC 61850阐释了相对完善的抽象服务接口，对应基本模型规范与信息交互服务两个模型。后者

组成复杂，一般有服务器模型、取样至传输模型和通用变电站模型等。在对抽象通信服务接口技术进行定义的过程中，IEC 61850使其与通信规约相互脱离，引入了最先进的通信技术。所以，在IEC 61850的分布式能源配电自动化系统中，模型主要有两个。

1. 主站和终端的信息交互

在主站和终端之间，信息交互一般是利用服务器模型来实现的。数据传输是通过IEC 61850的报告模型来完成，不但实现正常数据的传递还能促进异常数据的高效发布。

2. 终端和终端的信息交互

终端与终端层之间的信息交互需要借助于通用GSE与服务器两个模型来实现。前者面向通用对象的变电站事件及状态事件，借助于广播的方式对传输延时有着非常严格的限定与制约；在馈线层与终端层之间，其网络属于分支结构，在相同的分支网络中IED通常数量有限，若要增强部分馈线层的高速功能，一般选择GSE模型，其应用一般限定于馈线层的内部，有效地预防主干网络的阻塞。

服务映射

服务器模型的应用现今备受关注的映射模式有映射-制造业报文规则、映射至IEC60870-5-101/104和映射至Web SERVICES三种。

1. 映射-制造业报文规则

制造业报文规则属于具有开放性的一个协议标准，属于应用层的组成元素，一般适用于生产设备之间的信息传输，制造设备等实现互相操作。在IEC 61850-8-1中详细阐释，明确了服务器模型映射-制造业报文规则的具体实现模式。其底层选择的是TCP/IP协议，对应的是ASN.1编码格式。所以，这应该是现今变电站自动化中一个应用非常广泛的实现路径。对此，映射-制造业报文规则的创立需要借助于SISCO的MMS软件来完成，一般可以看作是MMS的C语言应用编程接口，完成MMS的核心服务，兼容各类流行的网络环境，对于嵌入式环境中的相关问题解决来说是能够带来启发与帮助的。

借助于制造业报文规则来实现信息通信，其对应的数据流量非常大，尤其是分布式能源配电网自

动化系统通信终端来说，其数量繁多，对网络带宽的要求极其严格。目前的通信网络是否能够满足这一需求，必须进行详细论证。并且，由于SISCO的制造业报文规则的创建，必然能够大大提升其对配电网终端硬件及软件的运行需求，促使投入成本增加。

2. 映射至IEC 60870-5-101/104

完善IEC 61850和IEC 60870-5-101/104之间的互换，IEC创建了信息通信的导则IECIEC61850-80-1。其中概述了IEC 61850的信息模型，明确了与IEC60870-5-101/104的映射步骤及对应的信息类型。

IEC 61850-80-1对信息对象模型的映射效果不错，但不兼容服务模型。所以，一些偏重信息模型自描述暂时未实现。因为在IEC 61850和IEC 60870-5-101/104之间对应的模型不统一。部分无法映射的内容一般选择的是Web Services、文件传输等，由此实现IEC 60870的功能拓展。

3. 映射至Web SERVICES

Web SERVICES是整合所有孤立点，实现互相通信创建一种接口。配置的是Internet中统一、开放的标准，例如XML、Web Services描述语言等，在兼容以上标准的操作系统环境下广泛运用。在进行软件组件、应用程序等分析的过程中，利用标准的HTTP协议完成通信任务。

因为Web SERVICES是在Internet的基础上形成的，兼容PC与服务器，占用的内存空间比较大。利用文本的自我描述实现信息互换，任一数据交换都对对应着很多文本描述，网络传输需要耗用更多的带宽；要满足电力系统对数据动态化的运用要求，Web SERVICES对网络资源提出的要求非常严格。如果分布式能源配电自动化系统出现故障，在短时间范围内出现很多突发信息，要将其传输出去必须要耗用较长的时间，不能满足该系统对信息数据动态化的需求。所以，Web SERVICES通常不适用在配电站内进行动态性的信息传递。在配电网自动化系统中能够创建信息模型，实现数据的动态化传输。

4. 映射方式对比

对比分析常见映射方式的优缺点，整理出相关信息，见表1。

表1 常见映射方式对比分析

	代码量	CPU占用	实时性	网络占用
映射-制造业报文规则	大	高	好	高
映射至IEC60870-5-101/104	小	高	一般	高
映射至Web SERVICES	小	低	好	低

5. 映射至Web Services +IEC 60870-5-104

经过统计分析常见的映射方式发现：Web Services与传输信息模型相兼容，而IEC 60870-5-104则适用于数据的动态性传输。所以可以借助于Web Services +IEC 60870-5-104的映射方式来达到某一应用目的。具体来说，把FTU中的信息模型存储于控制中心区域，每次在创建通信衔接之后，利用信息模型的版本号来判断信息模型是否有了变化或调整。如果出现了变化或者调整等，则需要利用Web Services来创建信息模型，如果没有从变化，则能够直接发挥IEC 60870-5-104获得动态信息的目的。

试验系统

论证本文所创建的FTU信息模型与映射方式的可行性，搭建了对应的试验系统，其组成包括主站与2个FTU两部分，主站和FTU通过IP通信实现互动。试验系统组成结构如图3所示。

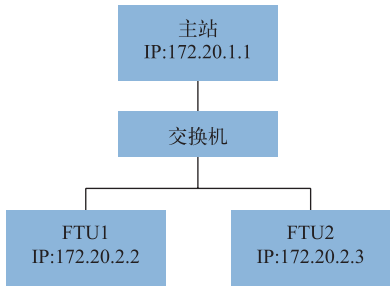


图3 试验系统组成结构

在主站中，配置的是Windows XP操作系统，通过开源工具g SOAP创建Web SERVICES的FTU信息模型，借助于Visual C++编程完成IEC60870-

5-104的主站和FIU之间的动态信息互动。

FTU原型样机在分布式配电网自动化系统监控单元中的应用需要借助于Web SERVICES模型信息交互、IEC 60870-5-104动态信息传输等。其中引入嵌入式的操作系统u Clinux C语言编程，借助于g SOAP完成模型信息交互等任务。

总之，通过测试，FIU正式通电运行，在2 s后主站能够实现模型信息的获取与整理，并对其数据实现动态通信交互，满足配网自动化通信等要求。

结束语

在分布式能源配电自动化系统通信中，主站与终端的通信基于IEC 61850实现，这是现今的一个重要设计方向。通过面向对象的建模方法、统一的配置语言等增强各类设备之间的可行性与有效性，减少通信配置数量，安装调试的流程精简与高效。所以，基于IEC 61850的通信服务映射满足基于分布式能源配电自动化系统的设计要求。在该系统中借助于Web SERVICES映射和IEC 60870-5-104映射相融合的策略，实现信息的动态化传输。EA

(收稿日期：2024-2-28)

参考文献

[1] 王伟亮，蒙锋，彭勃，等．基于中压宽带载波技术的配电自动化通信系统[J]．自动化技术与应用，2023，42 (1)：113-116+120．
[2] 高瑾，赵忠海．无线窄带数据通信技术在配电自动化系统中的应用[J]．集成电路应用，2022，39 (12)：130-131．
[3] 张琼．基于EPON技术的配网自动化通信方案的构建思路[J]．电子元器件与信息技术，2022，6 (6)：130-132．
[4] 段宏坤，程涛，吴佩洪，等．光纤自动切换保护装置在电力通信系统中的运用分析[J]．云南电力技术，2022，50 (3)：66-68+76．

欢迎订阅 欢迎投稿 欢迎刊登广告