

智能配电网络研究

赵江河, 沐连顺, 苏剑, 陆汇文
(中国电力科学研究院, 北京市, 100085)

摘要: 针对国内配电自动化的现状, 本文提出智能配电网络这一新概念, 与现有系统有重要区别。文中建立了智能配电网基本架构和层次要素, 并提出智能配电网应建立统一信息交换模型, 以解决信息孤岛问题。

关键词: 智能配电网络, 配电自动化, 系统体系架构, 信息交互模型

一、引言

配电网是电力系统发、输、配 3 大系统之一, 经过近十几年的不断扩展已经变得相当复杂, 并且累积了大量各个阶段的技术产品, 这使得对配电网络进行管理以及掌握和预测电网的运行状况变得非常困难。随着配电网的发展, 管理上要求提供许多原来配电网设计时没有考虑到的功能和要求, 由于运行复杂程度的提高, 系统中的物理设备和逻辑设备的故障会使系配电统保持正常运行受到更大的挑战。为了满足即将到来的数字社会的供电质量需求, 必须对现有系统进行系统地分析, 包括原有基础构架的不足之处都需要革新。

二、国内配电自动化的现状

先进的配电自动化是实现智能配电网的基础和技术构架, 当今的配电自动化实践提供了大量的新技术和工程经验。国内的配电自动化经历了建设的高潮期、停滞期、到低潮期的发展过程, 配网自动化进程中存在不少缺陷。其原因是多方面的, 需求不明确、管理不到位、组织不确定、预期未实现是主要原因。

首先, 在建设高潮期对配电自动化的复杂程度认识不足, 没有制定统一的标准和规划。为实现故障处理这一基本要求, 常以几条线路做实验, 包括全自动化的或半自动化两种形式。随之而来的对一次设备的改造和更新, 尤其是通信设备的投入, 光纤电缆以及光端机设备的架设等等, 其费用昂贵, 往往是配电自动化的十几倍; 而对于故障率最高的接地故障, 在小电流接地方式时判别率低, 影响了故障处理的正确率。

其次, 由于调度自动化是信息孤岛, 处于下游的配电自动化系统很难得到已经由调度控制的配电出线的运行状态信息, 使得配电自动化系统的信息不全或是不能控; 加上计划停电安排困难, 导致配网自动化工程工期延长, 验收时得到满意结果的很少, 因此其推广受到了置疑; 近几年出现的“电荒”引起的频繁拉闸限电, 导致以提高配电网的可靠性和质量为目的的配电自动化事业进入低潮期。

尽管如此, 近年来的配电自动化实践仍有其重要意义。配电自动化连通了馈线上的设备, 扩展了设备间的信息交互; 变电站自动化为相关的保护、计划和维护人员提供了大量应用信息; 越来越多的电力系统的资产信息采用地理信息系统来存储和处理, 同时实现了自动化成图和设备管理, 使各种各样的数据和信息都得到了维护和管理。这些都为今后进配电自动化的进一步发展积累了宝贵经验。

三、智能配电网络的特征

当前配电系统的设计和结构基本上没有什么变化, 随着这些年的不断的有益开发, 配电系统在未来将会出现革命性的具有全新功能的具体设计方案, 这种发展前景可能将通过新技术、新系统、新概念的综合应用来实现, 最终在输电网和最终用户之间通过配电系统建立起一座桥梁。

今天的电力市场正在将电作为商品来出售, 而且是在老的、规划中没有考虑的配电系统上来完成这种交易, 可见更新配电系统的需求不是可以选择的, 而是势在必行的, 因为无论是消费者还是调节者都对系统更

新有要求。这个需求的目标是支持配电系统的性能和可靠性大幅度的提高，革新配电系统以更灵活的电力调节方式实现先进的配电自动化。

本文所述的智能配电网络可作为未来配电网的发展趋势具有以下特征：

首先，智能配电网络是基于数字电网的。数字电网主要指利用现代计算机、电子和通信技术，构建的一个基本覆盖整个区域电网的监控测量系统。只有在对配电网进行全面测量、控制的基础上，才能够实现智能化管理。此外，数字电网需要一系列规范模型来描述，这将在第5节详述。智能配电网络支持未来多种能源形式的接入电网的在线控制，即对分布式能源的有效管理，如未来的太阳能、风能等主要绿色可再生能源的接入，同时支持小规模水电和燃料电池发电的接入。这种电力资源的多样化增强了电力需求侧管理的能力，也增加了能源使用的安全性，并支持对未来的能源可持续发展的需要。

智能配电网络体系架构下的未来电力系统的前景：

- (1) 电力系统建立起大量自动化的输、配电系统，它们以一种相互平等协作、高效可靠方式运行；
- (2) 电力系统通过“自愈”这种电网恢复技术处理电网的紧急状况，并且满足能源市场和电力市场的商业应用；
- (3) 支持商业决策和综合运营；
- (4) 应用软件和系统的可扩展性、可量测性、灵活性；
- (5) 支持与用户沟通的工具；
- (6) 满足严格的环保要求；
- (7) 适应有益的竞争压力。

实现以上所述特征需要建立一个坚强的高性能信息基础和一个稳固的基础构架。

四、智能配电网络的体系构架

智能配电网络的组成要素也应该是智能的，本文将其划分为设备、通讯、控制（应用）3个层次。以下分别介绍。

（一）智能设备

1. 智能开关

智能开关组成智能配电网的最基础的设备。智能开关与传统的开关有较大区别，主要表现在其控制回路上，传统的开关设备往往不能满足自动控制的需要。智能开关设备除具备故障识别和隔离功能，它还具有如下特点：

- (1) 高性能、高可靠；
- (2) 免维护；
- (3) 硬件软件化；
- (4) 具备在线监测和自诊断功能；
- (5) 提供网络化远动接口；
- (6) 功能自适应。

从目前的形势看，传统的、功能单一的一次配电开关设备将逐步被淘汰。因此，着眼于配电系统的全局利益，开发智能一体化开关已势在必行。

2. 电子式电压/电流互感器

传统的电磁式电流电压互感器由于工作原理的固有缺陷，使之难以完成计算机技术对电流电压完整信息进行数字化处理的要求，难以实现电网对电量参数变化的在线监测。例如传统 CT 已暴露出了一系列内在缺陷，如大故障电流导致铁芯饱和、二次输出端开路导致高压危险等；与其相比，电子式电流互感器 ECT 则具有许多截然相反的优点，如无磁饱和；无二次输出端开路导致高压的危险；体积小、质量轻。故用 ECT 取代现在普遍使用的电磁式 CT 已成为必然趋势。

(二) 智能通信网

智能配电网络的核心概念是所有的在连接到通信网络的设备最终能够实现彼此间完全通信, 因此通信网络建设尤为重要。智能配电通信网应具有支持多介质混合通信能力, 并且在多介质条件下具有路由选择的能力, 以解决线路故障或阻塞下通信的问题。同时, 通信应网络具有智能网管, 发现潜在的问题和堵塞网络安全漏洞。

通用信息模型和服务使得传递信息变得更容易更经济, 而且在跨越功能和宿主边界时不会产生信息失真。这种信息模型和自我描述允许计算机网络迅速的适应新的技术、新的应用和新的设备。

(三) 智能网络控制和应用

智能网络控制是建立在自动控制和人工智能的基础之上的, 主要功能是对配电网络进行故障处理、运行优化和提供辅助决策等。与智能开关控制相比, 它是基于整个网络的。网络控制和各种应用在控制中心可以实现。智能配电网络控制中心提供能让监控装置的信息为大家所共享的环境, 这种系统环境(即插即用式)要求更成熟的协同工作能力。具有这种性能的应用环境, 使新插入的设备和应用软件能够在现存的系统中自动地互连, 并立即进入协同配合的工作状态。这对系统协同工作能力的期望更高, 因为这在系统管理中简化了人为的管理和成本。虽然系统达到这样的能力对人是一种解放, 却要求系统之间有更高程度的内部辨识能力。

为了创造一种即插即用的环境, 使得应用软件集成运行, 有些原则是必须遵守的。第一, 这些应用程序交换信息时必须使用通用的信息语义; 第二, 这些应用程序彼此与谁连接以及交换的信息都必须遵守公共规定的一组机制。第一个必要条件强调要交换“什么”数据, 第二个必要条件旨在解决“如何”来交换响应的数据。也就是说只有在应用程序双方都建立和接受相同的协议才有可能实现完全的即插即用。

五、智能配电网信息交换模型

(一) 模型标准

智能配电网的重要特征和实现的关键在于能够使用一系列通用模型规范来描述智能配电网架构以及各部分信息交换的内容。信息交换关系模型见图 1。

一个信息模型被描述为相关的真实世界对象的集合。这个模型对于每一个对象和它们之间的相互关系规定了唯一的名字和定义。通常而言, 使用通用信息模型的意义包括:

- (1) 消除信息孤岛的存在;
- (2) 使得安装和维护任务实现了自动化, 极大降低了维护工作量;
- (3) 使制造商不同的设备之间的互操作变得简单易行。

在智能配电网中可以使用的模型和标准包括:

1. CIM模型

EPRI/IEC 制定的通用信息模型(CIM)描述了电力系统运行应用软件的典型数据, 这些数据包括在EMS和SCADA系统中, 同样也可用于智能配电网描述中。该模型属于基础模型, 用于通用的设备描述, 例如资产管理系统。最近CIM模型已经扩展到预约输电和能源时间安排信息方面。

CIM模型(IEC61970系列标准)包括相关的控制中心应用信息模型即:

- (1) 能量管理系统(EMS);
- (2) 拓扑分析;
- (3) 状态估计;
- (4) 电力潮流;
- (5) 安全分析;
- (6) 数据采集监控系统(SCADA);
- (7) 网络规划。

2. IEC61968

IEC61968 是基于 CIM 模型的配电管理系统（DMS）的模型标准，这一信息模型较全面描述了配网管理业务，其应用模型包括：

- （1）管理系统（AMS）；
- （2）作管理系统（WMS）；
- （3）施工管理；
- （4）配电网络管理；
- （5）地理信息系统（GIS）；
- （6）停电管理。

3. IEC61850

IEC61850标准是关于变电站网络通信和系统的标准，可用于配电网设备的描述。在现有和新的变电站或开闭站内智能电子设备（IED）已经承担了标准的保护、控制、监视和记录功能，并在不断增加新的功能。IED在变电站系统中正在走向集成化，典型的要求是在变电站中不同功能的设备要按标准的协议通信。

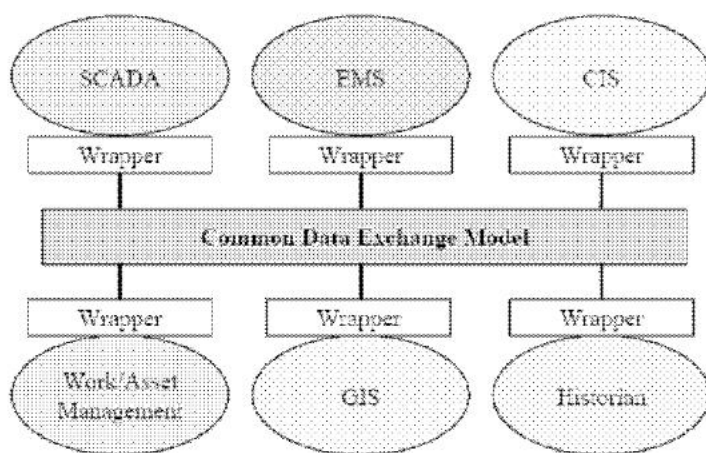


图1 信息交换关系模型

（二）智能配电系统中的信息交换原则

实现电力系统各种类型数据协同使用，并做到透明处理是摆在我们面前的巨大挑战，智能配电系统信息交换遵循以下原则：

1. 基于网络和连接的体系框架

为了将大量设备连接在一起工作，基于 IP 的网络通信技术是很好的解决方案。不过它在电力系统中的应用对其通信网络的可靠性有特殊的要求，包括无线访问、配置的改变和服务的质量都需要认真考虑以满足要求。

2. 安全和访问控制

数字社会的管理多元性和资产归属的各异性，迫使电力系统的应用通过公共通信网络提供给第三方使用，这种应用跨越组织边界并面临与竞争对手共享通信资源，同时还会通过内部组织的网络和外部网络建立对用户的联络沟通，所有这些都迫使电力系统的操作面临巨大的安全问题。因此，必须考虑加密和认证，加密和认证的技术有很多，应选择适当的策略解决电力系统区域内的安全问题，并确保与其他组织一起来建立可共享的安全管理服务。

（三）智能配电系统数据管理

配电管理系统数据采集的数量和能力正在呈指数性的增长。原因之一是现场的设备安装越来越多，二是现场的设备变得越来越“智能”，它们既可以采集电力系统的特性值也可以执行相应的计算和处理，其结果是衍生数据越来越多。

数据的管理是一个十分复杂的课题, 包含许多方面的技术和解决方案。主要有: 数据的精确度、数据的采集和记录、数据的访问和查询, 跨系统的数据交互, 数据的维护、备份、事件记录和安全。

数据维护同样是一个复杂的课题, 包括以下服务:

- (1) 数据的确认和数据交换;
- (2) 保证数据是及时更新;
- (3) 管理对时间敏感的数据流和由多个不同用户及时访问的数据;
- (4) 管理跨系统的数据组合和同步;
- (5) 管理数据交换的数据格式;
- (6) 管理事务的完整性 (数据备份和回滚的能力);
- (7) 数据项名字的管理 (名字域空间和命名规则);
- (8) 数据的精确度;
- (9) 数据的采集;
- (10) 数据的入口;
- (11) 数据的存储和访问管理;
- (12) 跨多系统的数据组合;
- (13) 数据库的维护管理;
- (14) 数据的备份和时间记录。

相对于用户的应用软件必须能够做出适当调整, 其关键应用软件包括:

- (1) 电价;
- (2) 荷管理;
- (3) 宅用户的应用软件, 如负荷控制以响应实时电价的激励;
- (4) 供用户的能源管理和在系统紧急状态下的负荷控制;
- (5) 为了提高能源的利用效率获得自动的评估和推荐方案, 由用户来选定消费的负荷;
- (6) 控制和性能评估住宅区侧的发电效率和经济性;
- (7) 电能质量的评估和控制。

六、结论

本文根据国内配电自动化的现状, 提出了智能配电网的新概念, 分 3 个层次介绍了智能配电网的体系架构, 并对智能配电网信息交换模型进行了讨论, 希望能为配电自动化和未来配电网智能化的发展提供借鉴。

参考文献

- [1]. The IntelliGrid Architecture Framework of EPRI .
- [2]. STUDIES OF DISTRIBUTION OPERATIONS TO AID IN DETERMINING OBJECT MODELS FOR DISTRIBUTED ENERGY RESOURCES of EPRI.
- [3]. Smart Grid: Fewer Blackouts, More Greenbacks for the Northwest , Patrick Mazza.
- [4]. IEC61970-301:2003, IEDT, EMS-API-Part 301: Common Information Model (CIM) Base.

作者简介 赵江河 (1957—), 男, 高级工程师, 主要研究方向为调度自动化和配电自动化, 城市供用电自动化。中国电力科学研究院, 电话: 010—62913143, 传真: 010—62913143, 电子邮件: 62913201@163.com。