

浅析 35kV 以下智能配电网建设的意义和技术规划

陈征宇, 杨淑文

(无锡供电公司, 江苏 无锡 214061)

摘 要: 该文从电网、用户不同角度三个方面阐明 35kV 以下中低压配电网智能化建设的意义。对系统架构和技术基础进行了探讨, 多层次分布式网络布局优先考虑光纤通信, 复杂的中压网络层则推荐应用基于 WiMAX 的无线智能配网通信架构。同时建议将无线宽带基站结合变电站一起建设, 最后指出各方统一认识、汲取新技术, 增强信心和决心是共建坚强的智能配网的关键之所在。

关键词: 智能电网; 监控终端; 无线宽带

0 引言

在国民经济飞速发展的今天, 随着人民生活水平的不断提高, 互联网广泛应用, 物联网应运而生, 对供电可靠和电能质量提出了更高的要求。国网公司已经明确提出建设坚强的智能电网的要求。智能电网很大程度上依赖于用户、设备、供电部门之间专用通信网络的设计。通信和计算机网络技术是实现自动化控制和信息交互的关键。在发、输、变、配、用电各个环节中, 配电网是直接面向用户, 是电力系统实现其最终价值的阶段, 建设智能配网成为当务之急。

据统计, 配电网(电压等级 110kV 及以下)占据整个电网 60% 的投资和 20% 的运行成本, 有 80% 的用电故障是配电网造成的。同时配电网越来越复杂, 如何提高对其管理的水平成为一个迫在眉睫的课题。^[1]

1 35kV 以下智能配电网建设的意义

配电网智能化正是解决这些问题的最好方法。它通过广泛应用的分布式智能设备、通信系统和自动控制系统, 对设备的运行状况进行实时监控, 进行数据采集、整合和分析挖掘, 实现电网各成员间的无缝连接和实时互动, 达到对整个电网运行的优化管理。作为智能配电网的基础, 35kV 以下的中低压配网智能化建设不仅不能被忽略而且具有相当重要的意义, 主要体现在以下三个方面

1.1 加强供电可靠性, 提高电能质量

1.1.1 以低压馈线自动化为例

一种方式是现有设备的改造。在负荷开关或断路器现场装设监控终端并接至配网监控中心主机。在线路发生故障的时候, 现场监控终端收集故障信息传送到监控中心, 由监控中心主机分析判断再发出一系列分合闸指令来处理故障, 这个过程很短, 大大缩短了停电时间。

这个过程既可以采用交互式, 给出故障位置和相应处理策略, 供调度决策使用, 也可采用自动式, 不需人工干预, 反应速度更快。

另一种方式是直接安装智能开关。智能开关既可以无需通讯线路实现电网的自动诊断故障、自动隔离故障段、自动恢复非故障段的供电, 也可以与通讯系统相接, 通过子站与主站的控制单元实现遥测、遥控自动化。分段模式的开关功能有: 延时合闸, 失电分闸, 合闸闭锁。联络模式的开关功能有: 延时合闸, 时限闭锁, 脉冲闭锁, 两侧来电闭锁, 一侧来电闭锁, 闭锁自动解除。

遥信接口可监视开关装置, 正确指示开关的分/合/接地的位置。设有备用电池以便在失电时操作开关装置。遥控接口可通过一个开放的协议与控制中心通讯, 也可通过不同的通讯介质如无线电, 光纤等进行通讯。合理选用通讯的方法是快速重组电网的一个重要因素。^[2]

1.1.2 配网故障处理与网络重构 DA

主站根据各配电终端检测到的故障信息, 结合变电站的继电保护信号、开关跳闸等故障信息, 启动故障处理程序, 确定故障类型和发生位置。采用声光、打印事件等报警形式, 在自动推出的配网单线图上通过网络动态拓扑着色的方式明确的表示出

故障区段。主站提供事故隔离和恢复供电的预案，辅助调度员进行遥控操作。

1.1.3 线损管理

系统通过 FTU 自动采集各条线路和用户计量点读数；通过 TTU 公用配变安装采集终端对运行信息数据，包括五个功率因素、开关量等，通过软件分析，得出最高和最低理论线损值。然后对线损较高的线路进行改造，合理制定降损计划，指导电网运行。

采集终端所采集的电能量信息主要包括：

负荷数据（有功、无功、功率最大、最小值、最大需求量）、电量数据、抄表数据、工况数据（终端运行工况、开关状态、电能表运行工况等）、电能质量数据（电压、功率因素、谐波、频率等）、异常告警信息（计量装置异常信息、用电异常信息、终端通信异常信息）、变压器异常信息（过负荷、三相不平衡度、低电压、高电压、温度异常等）、电能表异常信息（失压、断相、掉电等）

1.1.4 无功补偿系统

可根据线路和配变运行情况，合理投入高低压无功补偿装置，优化运行方式，有效防止功率因素过低或过补的情况，改善电压质量，实现配网经济运行。

具体过程是在终端内部集成有低压无功补偿控制器，输出电容器组投切控制信号。当出现过电压、欠电压、电压谐波越限、电压断相等情况终端能切除以保护电容器。终端还能统计累计投入时间和次数及累计补偿的无功电能量。

1.2 对于用户来说可以提高效率降低成本

站内监控可以通过现场的监控终端如 DTU 实现对各节点、设备、大用户的实时四遥功能，减少运行人员数量，减少人为失误，节约人员工资成本，甚至可以实现无人值班。

监控终端包括出线开关终端、分段开关终端、联络开关终端、开闭所开关终端、小区配变开关终端等，其基本的功能是信息的采集和处理、接受并执行遥控指令、事件记录及上报、闭锁功能、电源失电保护、参数设置、自诊断、自恢复、通讯功能。^[2]

其主要特点：

交流采集，可检测电压、电流、频率、功率因数、有功功率、无功功率、视在功率、电能等高精

度的数据。

具有强大的通讯功能，支持多种通讯规约，开放的通讯方式。

具有遥控功能。

1.3 对用户的集中监控、管理以达到运行的优化

1.3.1 通过扩展的 SCADA 系统的功能加强管理，优化运行

主要功能如下：

1.3.1.1 数据采集、存储和处理

有从 FTU、TTU、DTU 终端上传的信息，也有通过信息交互总线从 EMS 系统数据交换获取。数据包括开关、隔离开关、接地开关等状态量，电流、电压、功率等模拟量，也有 GPS、直流电源、UPS 等相关数据。

将所有实时状态数据自动存入动态信息数据库。对模拟量设置报警上下限，当数据越限时生成报警记录。开关、通道状态遥信变位时报警。在人机工作站报警窗口实时报警并提供事件查询窗口。

1.3.1.2 操控功能

能实现人工置数、标识牌操作、闭解锁操作、远方校验、远控远调功能。其中人工置数能进行有效性检查。能提供锁住、保持分闸、合闸、警告、接地、检修等自定义标识牌功能。可以通过人机界面对一个对象设置或清除标识牌，在遥控之前先检查对象的标识牌。单个对象能设置多个标识牌，所有标识牌都存档记录。远方校验能校验设备操作是否与当前状态匹配，是否与保电计划冲突，是否涉及到双电源用户，是否与电气操作规程矛盾。系统联络大图和线路单线小图之间的对应依据拓扑关系自动对应、同步、切换方便。

1.3.1.3 扩展以下功能

（1）微机装置投退和定值修改功能^[2]：根据电网的实际运行情况，可通过遥控方式进行远方微机装置功能的投入或退出。修改微机装置的某些定值。

（2）五防设置功能：SCADA 系统里五防操作的可设置功能和拓扑网络着色功能

（3）通过网络拓扑分析，支持图形的线路动态着色功能和潮流方向标志功能：可实现线路检修停电着色，线路开关的分、合闸着色，线路带电着色，线路过压着色，线路电压等级着色，用动态流动的虚线或箭头等方式显示潮流方向。

（4）故障录波分析功能：能搜集带有故障录

波功能的 FTU 的数据, 对其进行分析并给出波形。

(5) 故障计算功能:

可以对各种方式进行故障计算, 如: 基于实时态的在线故障计算, 确保开关的正常运行、基于研究态的离线故障计算, 校验电气设备的性能。

对称短路和各种不对称短路故障的计算。

各种断线故障的计算。

同杆并架线的跨线短路故障的计算。

能处理电力系统的复合故障计算和分析研究。

能直接在单线图上给出故障电压电流的相分量和序分量。

适用于任意结构的配电网络, 如辐射状、网络状、多环网络等; 并可以处理系统的多重故障。

能进行系统的实时分析, 与故障分析、系统的在线潮流、防误操作等模块紧密集成, 根据 SCADA 系统采集的实时信息, 采用软件智能方式对全网进行实时分析和判断, 准确判断故障位置, 保证系统安全。

(6) 故障隔离和恢复功能:

充分利用 FTU 的采集数据, 利用电压、电流的突变量来对故障进行定位判断, 使定位准确、快捷。

根据网络的实际连接方式和负荷水平, 对多种故障恢复方式进行安全性和网络线损坏等经济性的校核比较, 在确保系统安全性的前提下, 给出最佳的故障恢复方案, 使配变负荷的分配尽可能平均、尽可能减少停电次数、电压质量尽可能好等多种目标。

经防误操作校核, 恢复方案可以直接提交 SCADA 系统进行自动遥控处理, 或者供调度员手动执行, 二者可以方便设置。

1.3.1.4 其他功能

以毫秒级精度记录主要断路器和保护信号的状态、动作顺序及动作时间, 形成动作顺序表。能对 SOE 信号进行检索查询, 包括日期、时间、设备地址、时间内容和设备名。主站按设备动作的时间顺序, 将 SOE 保存到历史数据库中, 能显示和打印。系统具有数据的追忆功能, 对于电网模型和图形 CASE 保存和管理功能, 以正确反映事故发生的电网模型和接线方式, 并在次基础上反演当时发生的事件序列。还有对时、打印和统计分析功能。能统计高负载率的线路和配变信息, 丰富配电网的管理手段, 提高配电网的工作效率。

1.3.2 地理信息系统 GIS 和 SCADA 系统相结合

电网设备拓扑及网络结构由 GIS 统一管理, 由 GIS 通过信息交互总线向配电自动化提供设备拓扑等图形数据和其他设备参数。可以更进一步的实现以下多种功能:

故障自动检测、隔离和恢复。

当过载或维护时, 自动平衡负荷。

对变电站和馈线的监视实时显示在带街区图的图形显示器上。

给出设备的连接信息。

打印各种数据、记录和报告。

模拟仿真。

1.3.3 配网与 EMS 的信息集成整合

通过信息交互总线与 EMS 系统互联, 实现资源共享。向配网主站提供实时数据、变电站图形和拓扑, 同时从交互总线上获取需要的信息, 包括馈线电气单线图、拓扑图、实时数据、历史数据等大量交互信息。

1.3.4 配网与 PMS 的信息集成整合

主站根据交互总线完成线路拼接、拓扑校验、线路割接、相关属性维护等功能。结合从 EMS 系统获取变电站内接线图, 在配电自动化主站实现馈线模型和站内模型拼接, 从而得到 10KV 完整的配电网模型。

1.3.5 需求侧分析和可再生能源接入

通过对用户侧行为进行统计预测分析, 根据用户侧需求调整电网供求关系, 以提高用户侧管理水平。通过对可再生资源的利用, 建立分布式能源站, 实现社会和自然环境的可持续发展。

1.3.6 WEB 发布功能

将 SCADA 数据及时发布, 让配网运行人员能通过浏览器浏览配网的实际运行状态, 及时对自己管理范围内的设备和本职工作进行调整。主要包括实时数据和图形浏览、系统运行状态浏览、报表浏览和权限限制。客户端只需使用浏览器, 实现免维护, 自动实现图形、设备和配电网模型的同步。

2 35kV 以下配电网自动化现状以及智能化的技术规划

2.1 现状

现状是 35kV 以下的属于中压接入层范畴, 以 PLC 和 GPRS 无线公网等网络。由于不同区域发展

水平不一致，信息传送通过各自特定的协议，子系统之间不能交换信息，形成了大量的“孤岛”，覆盖范围有限，作用有限。而且通信网与业务绑定，造成资源浪费，成本增加。载波带宽较窄，GPRS 公网安全得不到保证。

通信节点数量巨大、类型繁多、分布不均匀，难以组成一个系统。而且室外环境恶劣、电源供应困难，要求通信设备和网络更高的可靠性并且是无源的。

所以一个地区只有尽早对结构、通信网络、电气设备进行统一长远的规划才能逐步改变这些现状。

2.2 35kV 以下智能配电网系统结构规划

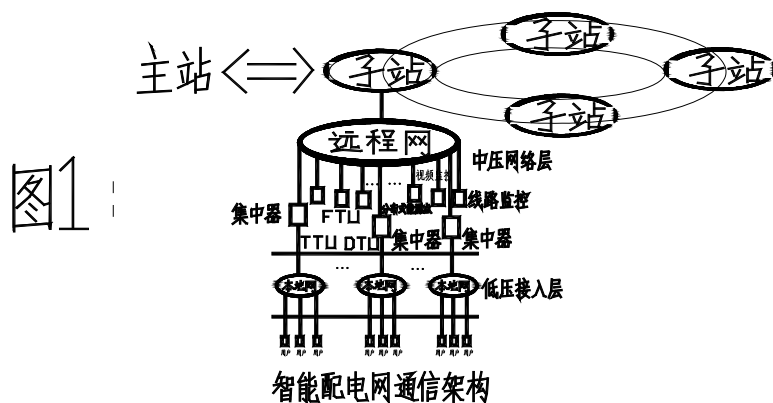


图1 智能配电网通信架构

2.2.2 横向

在底层终端，同一个配电台片内的监测装置可与抄表系统共用一个FTU或几个配电台片以RS485连接后与通信干线相连。

在上层 DA/DMS 主站可将用电管理、抄表计量、用户信息、配变监测、用户投诉、停电管理、配电图资（AM/FM/GIS）系统等作为其子系统集成在一起，与 MIS、负控、SCADA/EMS 等现有系统联网。使这些系统既独立又能共享互联，便于扩充。^[3]

2.3 通信系统和一二次设备的规划

主站和二级站，二级站和电缆网的开闭站之间应优先选用光缆通信。但是也应结合实际采取多层次分布式的各种网络组合，而不是单一网络。

中压网络层各种通信方式的比较和选择如下^[1]。

目前应用的有 PLC、GPRS 公网、WiMAX 无

2.2.1 纵向

配网根据城市规模、信息流量和通信网结构等情况，可设置自动化主站（市级）、自动化子站（区级）、配电终端多层次架构。20kV、10kV 可作为此结构的中压接入层，其自动化系统采集的各类信息起到承上启下的重要作用。

配网结构复杂的城市，在市局主站信息未能完善之前，可以区级的子站作为主站与终端直接通信，遥信量、模拟量采集覆盖面大。主站和子站之间尽量采用工业以太网和无源光纤以太网（EPON）结合组网方式。EPON 硬件由光线路终端（OLT）、光配线网（ODU）和光网络单元（ONU）三大部分组成。

线宽带专网、EPON 光网四种方式。某些配网自动化试点地区汇聚层（即主站和变电子站之间）采用光纤通信，中压接入层则采取光纤与 GPRS 无线公网相结合的模式。重点区域用工业交换机以太网和无源光网 EPON 实现三遥，一般区域使用 GPRS 实现两遥功能。虽然能满足双向通信要求，但是 GPRS 速率有限不能满足视频监控要求。而且 GPRS 采用分组交换方式，用户不固定占有无线信道，实时性差更新慢成为 GPRS 致命的弱点。只有 EPON 和 WiMAX 能满足所有业务要求。而 WiMAX 经济成本远低于 EPON，在选择合适的频段并采取抗干扰等措施的前提下可以重点考虑，应用前景广阔。

如图 2 所示，WiMAX 无线网络由核心网、用户基站（SS）、基站（BS）、中继站（RS）、用户终端设备（TE）组成。基站通过有线方式与变电子站相连。变电子站指 35kV 以上站，将基站直接设在变电子站是个经济高效的选择。

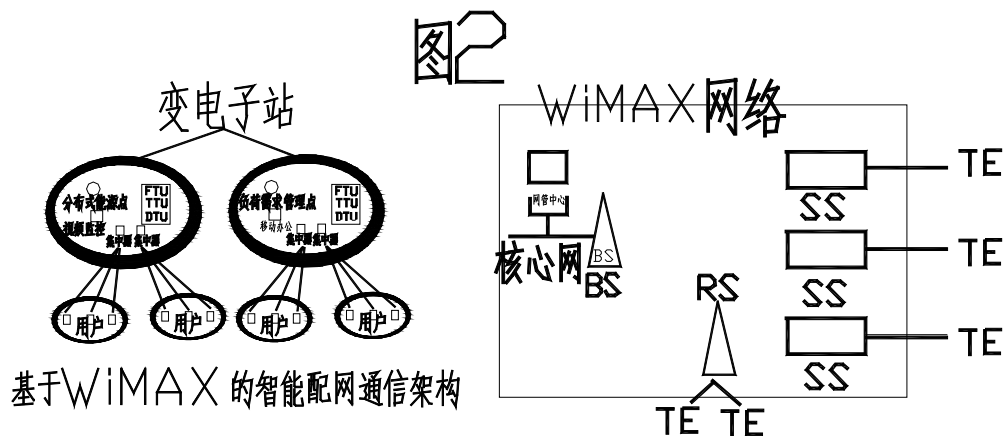


图 2 基于 WiMAX 的智能配网通信架构

因为国内起步晚，人们担心该网络的通信能力和抗干扰能力，多半是因为不了解它的相关技术造成的误区。其实 WiMAX 工作在 2-11GHz，采用正交频分复用、正交频分多址、混合自动请求重传、自适应编码、自适应天线系统和多输入多输出等多种技术提供高速率，并且抗干扰能力很强。所以 WiMAX 是以高速著称，在美、日等国得到广泛应用。WiMAX 还可提供固定发送周期和固定包长，以保证很高的实时性。

WiMAX 唯一的挑战的就是国内频段分配资源有限，只能选择 5.8G 免费开放频段工作。但是可以采用蜂窝簇等多种技术提高系统容量和频率利用效率。该网络能支持 VOLP、视频数据、FTP 等多种业务类型。基站覆盖范围可达 6-10km，接入速率高达十几 M，远超 GPRS。而且该网兼容性好向上可以和 IP 协议相连，向下可以和其他接口相连，并设有安全密钥保证安全性。

新上的一二次电气设备应按超前的原则，满足智能配电网遥控等功能的要求，以免再次整改，重复建设。

3 结束语

为共建我们坚强的智能电网，35kV 以下智能

配电网的建设是无庸质疑的，也越来越得到人们的认同，也标志着我们生活质量的现代化，是时代的必然趋势和潮流。它既为供电各部门最大限度的掌握信息、共享信息，也为运行、管理、决策提供依据。

但是对于现状我们并不乐观，很多用户乃至供电部门是否能统一认识、提高认识、汲取新技术，增强信心和决心是建设 35kV 以下智能配电网成败的关键。

参考文献：

- [1] 李得利.智能配电网通信系统探讨与性能分析[D].重庆:重庆大学, 2012.
- [2] 陈海波.电力系统在配电网运行管理中的应用[J]. 中国新技术新产品,2010 (24) .
- [3] 余伯略, 10kV 配电系统自动化建设与规划研究[J].机电信息, 2011 (30) :37-38.

作者简介：

陈征宇 (1977-) 男，江苏宜兴人，助工，从事电力设计工作；

杨淑文 (1967-) 女，江苏宜兴人，高级技师，无锡供电公司用检。