

Research of the Smart Power Utilization System Framework Based on Hierarchical Distributed Structure

Yu Shen, Hongen Tan, Dichen Liu, Bo Wang, Yuqing Gong

School of Electrical Engineering, Wuhan University, Wuhan, 430072, China

Email: whushenyu@163.com

Abstract: The development of domestic and foreign smart power Utilization system is studied in this paper. According to the physical composition of the smart power utilization system and the actual characteristics of the distribution network, a new framework of the smart power utilization system is proposed in this paper. This framework can meet the variable needs of practical power demand, and can be upgraded based on electricity distribution network structure. The level of this framework is clear. This framework is easy to be standardized and carried out step by step.

Keywords: Smart Grid; smart power utilization system; hierarchical distributed structure

基于分层分布式的智能用电体系结构的研究

沈 毓, 谭洪恩, 刘涤尘, 王 波, 龚宇清

武汉大学电气工程学院, 武汉, 中国, 430072

Email: whushenyu@163.com

摘 要: 本文研究了国内外智能用电体系的发展, 根据智能用电体系的物理组成和配电网的实际特点, 研究并提出了分层分布式智能用电体系结构。该体系结构能满足灵活、多变的实际用电需求并能够根据配电网用电结构进行升级, 且层次清晰, 便于分步骤实现和标准化。

关键词: 智能电网; 智能用电体系; 分层分布式

1 引言

为应对能源、环境、气候、技术、经济、社会等各方面挑战, 美国和欧洲率先进行了智能电网的研究和建设, 我国也提出要建设“坚强智能电网”^[1-8]。智能电网的实现可分为智能发电、输电、变电、配电、用电、调度这几个环节。但是传统用电体系存在不易实现互联互通、没有统一平台、数据不能统一集中、维护困难、与其他系统接口不统一的问题。为了实现建设智能电网的目标, 需要提出智能用电体系结构。

智能用电体系是利用当前和未来先进的传感、通信、控制和信息技术使整个用电体系构成一个各环节都更加有效、经济和安全的技术体系。智能用电体系相对传统电网, 提高了用户用电效率, 使用户管理与交互服务标准规范体系更健全, 增加与用户交互的信息量和增值服务, 构建以信息化、数字化、互动化的智能用电体系。

智能用电体系不仅仅对已有电网进行升级换代, 它已经成为电网和电力工业发展的必然趋势。通过电力流、信息流、资金流^[6]的一体化融合, 可实现家庭

储能单元和不同特征电力用户的灵活接入和方便使用, 能极大提高电网的资源优化配置能力, 大幅提升电网用电环节的服务能力, 改变终端用户用电模式, 提高用户用电效率。

2 智能用电体系结构研究的国内外现状

2.1 国内现状

在当前能源有效利用需求加剧的情况下, 我国智能电网建设步伐正在加快。国内正在开展智能电网各个部分的试点工作。杭州与北京、厦门、银川, 是全国 4 个智能配电网建设的试点城市, 未来 5 年, 杭州将建成智能配电网。天津中新生态城智能电网综合示范于 2010 年 4 月 7 日开工建设, 其中智能用电包括用电信息采集系统、双向互动营销体系、智能用电小区、楼宇、家居。能够实现: 通过信息技术对需求进行实时跟踪, 并进行智能化的分析、控制, 实现精确就近供电。当你在房间里, 电网的智能系统会根据天气、室内光谱, 自动调控照度, 并且就地将最近处的电输送给你, 而不是从数千公里之外的坑口电厂或

三峡调配输电,从而把能源浪费控制在最低甚至零的水平,减少二氧化碳的排放。未来,我们的家庭和即将开建的天津生态城居民家中,可能拥有两只电表或一表两用,一只表计量用电量,计算你该向电力部门缴纳的电费,而另一只电表则用来记录你家各分布式电源通过智能网络上传给电网的电量和售电收入。

2.2 国外现状

日本智能电网,主要特征是积极地利用家庭进行太阳能发电。东京电力和关西电力等电力公司开始投资构建智能电网(Smart Grid),目标除在所有家庭安装智能电表(Smart Meter)实现AMR外,还计划加强送变电设施及蓄电装置^{[1][8]}。

马耳他公布了和IBM公司达成的协议,双方同意建立一个“智能公用系统”,实现该国电网和供水系统数字化。IBM及其合作伙伴将把马耳他2万个普通电表替换成互动式电表,这样马耳他的电厂就能实时监控用电,并制定不同的电价来奖励节约用电的用户。

最早规模最大的智能电网位于意大利。为适应电力市场化形势,提高电网管理与用户服务水平,ENEL于1999年启动了使用智能电表取代传统机械表的“Telegestore”项目。共安装智能电表3000多万块,数据集中器35万多个,总投资额达21亿欧元。该系统投运以后,应用效果良好,每年可节约运营成本4~5亿欧元,减少峰值负荷300多万千瓦,占原峰荷的5%^{[1][10]}。

韩国电力公司于2000年开始应用自动抄表系统,在济州岛已对部分低压用户实现了基于ZigBee技术和PLC技术自动抄表系统。已有的AMR使用了PLC和无线通信技术,应用了配电线报文规范(DLMS)。韩国电力公司负责执行AMI项目,项目于2009年6月启动,计划于2011年5月结束。计划分为四个部分来构建:智能表计、家庭需求响应管理、智能能源公用事业网络和信息数据管理系统^{[1][11]}。

3 基于分层分布式的智能用电体系结构的研究

智能用电体系是智能配电网的重要组成部分。智能用电体系目前还没有严格的定义,综合国内外电力公司、研究机构和专家学者的研究和讨论,提出的智能用电体系就是利用当前和未来先进的传感、通信、控制和信息技术使整个用电体系(用电、配电、调度)构成一个各环节都更加有效、经济和安全的技术体系。

3.1 智能用电体系整体框架

现代电力系统已形成一个多层次网络结构,在地域上呈分布式,在电气上却联为一体的大系统^{[1][13]}。从智能用电体系的物理组成上看,智能用电体系可分为4个主要组成部分,分别是:智能设备;通信网络;数据管理系统和高级应用。

传统用电体系存在不易实现互联互通、没有统一平台、数据不能统一集中、维护困难、与其他系统接口不统一的问题。根据已有用电体系的不足和电网的实际特点,提出分层分布式智能用电体系结构。

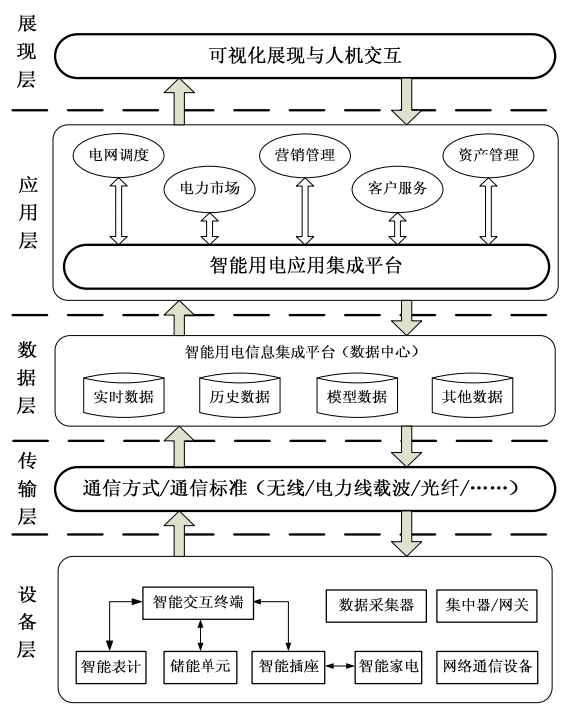


图1 智能用电体系结构整体框架

该体系结构从智能电网的信息流向出发,自下而上地将智能用电体系按照逻辑分成设备层、传输层、数据层、应用层和展现层,如图1所示。能满足灵活、多变的实际用电需求,并能够根据现有配电网用电结构进行升级,且层次清晰,便于分步骤实现和标准化。

3.2 分层分布式智能用电体系结构的分析

下面分别对智能用电体系结构的设备层、传输层、数据层、应用层和展现层的功能及原理进行了分析和论述。

(1) 设备层。设备层是智能用电体系的实际物理体现,主要包括智能电子装置(如智能表计、智能

家电、智能插座、智能交互终端等)、网络通信设备(如电力猫、数据采集器、集中器/网关等),以数字化设备为实际综合体的形式存在。在设备层中,通过各种智能电子装置 IED 如智能表计、智能家电、智能插座、智能交互终端等,完成对用电计量信息、电器状态信息的采集和对控制信号的分析与执行能力。

设备层中拥有智能电子装置功能各不相同,但它们都具有数字化和网络化的特点。数字化是指,智能电子装置无论数据采集、通信和控制都是以数字的形式完成。网络化是指,智能电子装置支持标准的网络通信功能。在智能用电体系的初始阶段,智能电子装置一般以数字化终端的形式存在,完成信息采集和控制功能。随着技术的进步,可将多种功能的智能电子装置集成为一个装置,实现电网用电设备的集约化和简单化。

(2) 传输层。智能用电体系具备的功能要求信息传输的速度快、准确性高。对用电数据采集和控制是通过传输层来完成的。智能用电体系的数据传输有设备层中的智能电子装置间的通信、智能电子装置与数据采集器间的通信、数据采集器与数据采集主站间的通信、数据采集主站和调度中心间的通信的通信四个方面。智能用电体系通信网络须满足实时性、可靠性、安全性要求。

智能电子装置间的通信方式主要是低压电力线载波或采用无线方式实现数据传输。智能电子装置与数据采集器间的通信可采用光纤复合电缆或 RS485 串行接口。数据采集器与数据采集主站间的通信可采用光纤或电力线载波通信技术。数据采集主站与调度中心之间的数据传输层,应不但能容纳目前电力系统中不同传输网承载的通信业务,而且必须适应智能用电体系所需的大容量、高可靠性、高实时性的数据通信要求。

用电信息采集、小区配电自动化、分布式电源及电动汽车充电设备与系统的通信网络应采用光纤专用通道,与其它通道隔离。

(3) 数据层。能用电体系数据层对应着图 1 中的信息集成平台(数据中心),主要实现智能用电体系海量数据汇聚、存储和共享。数据中心的数据源可以是用户侧智能系统在线采集的信息,也可以是后台各种应用系统生成的信息。因此,数据中心集中的数据从对象上看有用户信息、电网信息、拓扑信息、图形信息等;从时间维度上看有实时数据、准实时数据、

历史数据等;从应用角度看有调度信息、营销管理信息、资产管理信息等。

数据层中拥有智能用电体系的模型中心,是建立智能用电体系跨越数据中心实现高度信息共享的关键。通过对数据中心的电网用电基础数据,进行有效提取和优化集中,参考 IEC61850 标准建立统一模型。在此基础上,合理规划数据存储,建立综合数据平台和应用集成总线,为高级应用模块开发提供模型一致、内容丰富的电网用电基础数据和接口规范、服务标准的应用集成支撑。

(4) 应用层。应用层的基础是建立应用集成平台,在该平台中完成对数据层中各数据的提取和集成,为应用层中的各应用模块抽取数据并且能够协调各功能子模块的功能处理与结果展示。

对电网用电实时数据、历史数据进行不同层次的分析应用,是基础数据进行分析优化是电网提升系统安全、经济和稳定水平的关键点。在智能用电体系应用层开展四个层次的应用分析,如图 2 所示。

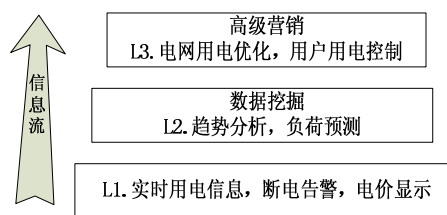


图 2 应用层

(5) 展现层。展现层中拥有以可视化技术实现的丰富友好的交互界面。调度员可以通过界面监控电网的用电状况、电网规划等。对整个电网系统的内在运行和健康状态以及外在环境因素进行真实地刻画,通过图像处理 and 现实技术最大程度地提高电网的可视度。

可在展现层中建立电网的信息门户系统。通过门户系统提供信息综合和展示服务。在门户系统内部从多个数据源获取数据,对外实现统一的输出和展现机制,完成分析结果共享,为用户提供一站式信息访问服务。门户系统也应同时支持分层报告体系,满足不同层次管理和运营的需求。

3. 结论

智能用电是实现智能电网的一个重要环节。本文研究了国内外智能用电体系的发展现状,根据智能用电体系的物理组成和配电网的实际特点,本文提出分

层分布式智能用电体系结构。该体系结构从智能电网的信息流向出发, 自下而上地将智能用电体系按照逻辑分成设备层、传输层、数据层、应用层和展现层。

该智能用电体系结构能满足灵活、多变的实际用电需求并能够根据现有配电网用电结构进行升级, 且层次清晰, 便于分步骤实现和标准化。同时将应用网络服务等技术, 以便使智能用电体系可数据集中、统一平台、并与其他系统进行接口双向互动, 且能在智能用电体系结构的基础上实现更高级应用。

References (参考文献)

- [1] http://en. Wikipedia. org / wiki / Smart_grid.
- [2] EPRI. IntelliGrid: smart power for the 21st century. Palo Alto, CA, USA: EPRI, 2006.
- [3] JIANG Zhenhua, LI Fangxing, QIAO We. A vision of smart transmission grids, Proceedings of IEEE Power Engineering Society General Meeting, July 26–30, 2009, Calgary, Alberta, Canada.
- [4] YU Yixin, LUAN Wenpeng. Smart Grid[J]. *Power System and Clean Energy*, 2009, 25(1): P7-11 (Ch).
余贻鑫, 奕文鹏. 智能电网[J]. 电网与清洁能源, 2009, 25 (1) : P7-11.
- [5] Zhang Wei, Shen Chen, Lu Qiang. Framework of The Power Grid System Part One Development of Power Network Monitoring from Centralized to Distributed Processing[J]. *Automation of Electric Power Systems*, 2004, 28 (22) : P 1 - 4 (Ch).
张伟, 沈沉, 卢强. 电力网格体系初探(一) 电网监控从集中计算到分布处理的发展[J]. 电力系统自动化, 2004, 28 (22) : P 1 - 4 .
- [6] Zhang Boming, Sun Hongbin, Wu Wenchuan, Guo Qinglai. Future Development of Control Center Technologies for Smart Grid[J]. *Automation of Electric Power Systems*, 2009, 33(17): P21-28(Ch).
- [7] Uluski R W. Interactions between AMI and distribution management system for efficiency/ reliability improvement at a typical utility[C]. IEEE Power and Energy Society General Meeting – Conversion and Delivery of Electrical Energy in the 21st Century, 20–24July, 2008.
- [8] Zhao Zunlian. Development and Prospect of China Power System[J]. *Electric Power*, 2004, 37(1): P1-6(Ch).
赵遵廉. 中国电网的发展与展望[J]. 中国电力, 2004, 37 (1): P1–6.
- [9] Song Jing, Tang Jing, Xiao Feng. Development and Analysis of Smart Grid at Home and Abroad[J]. *Electrotechnics Electric*, 2010(3): P1-4(Ch).
宋菁, 唐静, 肖峰. 国内外智能电网的发展现状与分析[J]. 电工电气, 2010 (3): P1–4.
- [10] Xu Bingyin, Li Tianyou, Xue Yongduan, Jin Wenlong. Smart Distribution Grid Lecture(4) Interactive Feature and AMI[J]. *Distribution & Utilization*. 2009, 26(6): P19-23(Ch).
徐丙垠, 李天友, 薛永端, 金文龙. 智能配电网讲座第四讲互动功能与高级量测体系[J]. 供用电, 2009, 26 (6): P19–23.
- [11] Yang Il-Kwon, Jung Nam-Joon, Kim Young-II. Status of advanced metering infrastructure development in Korea[C]. Transmission and Distribution Conference and Exposition: Asia and Pacific, T and D Asia, 2009.
- [12] Xiao Ying, Yang Jiaquan. Present Situation Analysis of Urban Power Distribution Automation[J]. *Yunnan Electric Power*, 2009, 37(1) : P42–43(Ch).
肖盈, 杨家全. 城市配网自动化现状[J]. 云南电力技术, 2009, 37(1) : P42–43.
- [13] Chen Tang, Zhao Zukang, Chen Xingying, Hu Daliang. Distribution System and Automation[M]. Beijing: China Electric Power Press, 2002.
陈堂, 赵祖康, 陈星莺, 胡大良. 配电系统及其自动化技术 [M]. 北京: 中国电力出版社, 2002.