

智能电网条件下的智能小区关键技术

林弘宇¹, 田世明²

(1. 哈尔滨工业大学 管理学院, 黑龙江省 哈尔滨市 150001;

2. 中国电力科学研究院, 北京市 海淀区 100192)

Research on Key Technologies for Smart Residential Community

LIN Hongyu¹, TIAN Shiming²

(1. School of Management, Harbin Institute of Technology, Harbin 150001, Heilongjiang Province, China;

2. China Electric Power Research Institute, Haidian District, Beijing 100192, China)

ABSTRACT: The orderly grid-integration of solar and other clean energy, the orderly charging of electric vehicle (EV), the implementation of synthetical management of various information related to power supply and consumption and service, the enhancement of power supply and service ability for residential community and improvement of power supply reliability are key objectives to be researched for smart residential community (SRC). On the basis of analyzing present situation of SRC and by means of synthetically utilizing advanced technologies of smart grid, the connotation and features of SRC are clarified; the business flow and information flow in SRC are analyzed and a flexible and interactive architecture of SRC is proposed, meanwhile the business functions and corresponding configuration are designed; a key technical structure for SRC is given and the integrated communication in SRC, interactive service, distribution automation of SRC, operation control of distributed generation and smart house are researched to support the development of key devices for SRC.

KEY WORDS: smart grid; smart residential community (SRC); residential area; distributed generation; interactive power supply service; smart house

摘要: 研究居民小区应用光伏等清洁能源有序并网、电动汽车有序充电技术, 实现各种供用电信息的综合管理和服务, 提供灵活便捷的自助用电服务, 提升智能小区供电服务能力, 提高供电可靠性, 是智能小区研究的重要目标。在分析智能小区现状的基础上, 综合应用智能电网先进技术, 明确了智能小区的内涵与特征; 对智能小区业务流、信息流进行了分析梳理, 提出了灵活互动的智能小区系统架构, 设计了智能小区业务功能和相应的配置; 提出了智能小区关键技术架构, 详细阐述了智能小区集成通信、互动服务、小区配电自动化、分布式电源运行控制、智能家居等技术, 以支持智能小区关键设备的研制。

关键词: 智能电网; 智能小区; 居民住宅区; 分布式电源; 互动服务; 智能家居

0 引言

目前, 对智能小区已经进行了很多研究, 取得了众多成果, 国家建设部发布了 CJ/T 174—2003《居住区智能化系统配置与技术要求》^[1], 规定了智能小区的功能和技术要求。随着我国经济的快速发展, 人民生活水平的提高, 智能电网技术的兴起, 电力用户期望居住区低碳环保、安全舒适、便捷快捷、能提供更高的供用电服务质量。开展智能电网条件下的智能小区关键技术研究正是为满足这一需求而开展的研究工作。

以信息化、自动化、互动化为基本技术特征的智能电网成为世界范围内的研究热点。利用分布式清洁能源、电动汽车、配电自动化、电力光纤通信等智能电网技术成果, 构建新一代智能小区, 可丰富现有智能小区的技术内涵, 增强其服务功能, 为用户提供安全可靠、清洁环保、便捷高效的居住场所, 集中展现智能用电成果, 提高终端用户能源利用效率, 引导用户参与电网移峰填谷。

本文将重点阐述如何构建智能小区的系统架构和通信网络, 智能小区业务功能及配置, 智能小区关键技术。

1 国内外智能小区相关技术现状

1.1 国外智能小区相关技术现状

文献[2]介绍了 2008 年美国在博尔德建设智能电网, 为每户家庭安装可编程家居控制装置和自动控制家居用能的管理系统; 介绍了美国西太平洋国家能源实验室提出的“电网友好”技术, 包括电网

友好的频率响应、电压响应和价格响应技术。该实验室研制的“电网友好控制器”可安装在冰箱、空调或热水器等家用设备中。法国、比利时、德国等欧盟国家 2006 年 1 月选择 1 000 户家庭住宅进行以住宅节能、减少碳排放为目标的实证研究。在日本开展的智能家居(smart house)研究项目中, 主要实现家庭能源管理系统(home energy management system, HEMS), 包括: 清洁能源发电接入, 电动汽车充电及储能控制, 电器用能可视化, 利用热泵、电磁炉技术实现供热水、厨房用能电气化, 家庭用电可通过电视机、互联网、智能手机实现信息查询和远程控制等。

1.2 国内智能小区相关技术现状

1) 传统智能小区技术现状。

在智能电网技术应用于智能小区之前, 已经开展了多项研究。文献[3]主要介绍了小区抄表系统的组成、功能以及软硬件设计和安全设计等。文献[4]主要介绍用 Zigbee 无线通信系统实现智能小区水表、电表、热表、燃气表耗能计量信息的采集和自动管理。文献[5]针对智能小区内各机电设备通信协议不统一而使系统不能集成的问题, 提出了采用 BACnet 协议进行集成的方法。文献[6]详细阐述了基于 HFC 技术的智能小区的宽带接入方式。通过利用这些现代通信网络技术、计算机技术、自动控制技术、IC 卡技术, 通过有效的传输网络, 建立一个由住宅小区综合物业管理中心与安防系统、信息服务系统、物业管理系统以及家居智能化组成的住宅小区服务和管理集成系统。建有这些技术系统的小区即是本文所称的传统智能小区。

1999 年, 少量房地产开发商在建设楼盘时, 规划设计了智能化系统。2000 年, 大部分商品楼盘不同程度地开始建设智能化系统。国家建设部 2000 年批准了广州汇景新城、上海怡东花园等 7 个智能小区为国家康居示范工程智能化系统示范小区。随后, 我国的智能小区迅速发展。目前, 全国新建的居住区几乎都不同程度地建设了智能化系统, 特别是安防系统、宽带网及对讲装置。

2003 年, 国家建设部发布了《居住小区智能化系统建设要点与技术导则》^[7], 导则依据智能小区不同的功能设定、技术含量、经济投入等因素综合考虑划分为一星级、二星级和三星级, 并提出相应的配置要求。2005 年国家建设部重新修订该标准。同年 10 月, 国家建设部颁布了《居住区智能化系

统配置与技术要求》, 将智能化居住区定义为配备有智能化系统的住宅小区, 达到建筑结构与智能化系统有机结合, 并能通过高效的管理与服务, 为住户提供一个安全、舒适与便利的居住环境。居住小区智能化系统包含安全防范子系统、管理与监控子系统、通信网络 3 大子系统。其中安全防范子系统包括以下功能: 住宅报警、访客对讲、小区周界报警、闭路电视监控、电子巡更。管理与监控子系统包括以下功能: 水电气三表自动抄表、车辆进出管理、紧急广播、物业计算机管理、公共设施监控。通信网络包括电话网、有线电视网、宽带接入网、控制网、家庭网。

2) 新型智能小区技术现状。

国内智能小区应用智能电网技术方面开展了相关专项技术研究, 文献[8-9]在阐述智能配电网研发特点的基础上, 寻求一条既充分发挥当代电网作用又跟踪技术创新实现跨越式发展的研发路线。文献[10]在阐述自愈电网的基础上分析了分布式电源如何实现自愈供电。文献[11]对国内外配用电领域的智能技术进行了分析, 提出了智能配用电的关键技术。文献[12]分析了电价政策对智能用电的影响, 提出基于实时电价的智能用电系统框架, 阐述了功能需求。文献[13]介绍了上海世博园国家电网企业馆楼宇智能用电能量管理系统。文献[14]针对分布式清洁能源提出了家庭能源管理方法学, 所提出的方法既适用于单一智能住宅优化, 亦适用于多个智能住宅全局优化。文献[15]介绍了当前电动汽车充电站建设的 3 种典型模式, 在此基础之上设计了一种电动汽车充电站监控系统。该系统主要包括软件统一支撑平台、充电监控、配电监控、电池维护监控、快速更换设备监控等功能。文献[16]对国外几个主要家庭网络标准 DLNA、OSGi、Echonet、LonWorks 进行了对比分析。目前的研究尚未对智能电网技术应用到居民小区的系统架构、通信网络、功能配置、关键技术进行整体研究和阐述。

在智能小区实践方面, 2002 年中国电力科学研究院与沈阳供电公司研究和开发了基于全电力线的智能家居自动化系统。2009 年国网信通公司在北京莲香园小区和阜成路 95 号院开展了用电信息采集、智能家居及增值服务等示范展示工作, 为新型智能小区的研究和建设进行了前期探索。2010 年国家电网公司建设了北京、重庆、廊坊 3 个智能小区

试点工程。在试点工程中,通过应用清洁能源接入、双向互动服务、停电快速响应、电动汽车充电、电力光纤到户(power fiber to the home, PFTTH)^[17]等先进智能电网技术,满足居民用户多元化、互动化的用电需求,支持“三网融合”服务,倡导节能、环保、低碳的生活方式。

2 智能小区的内涵及特征

2.1 智能小区的内涵

将智能电网技术应用于居民居住区而构建的新型智能小区,简称智能小区。智能小区采用光纤复合低压电缆(optical fiber composite low-voltage cable, OPLC)^[17]或电力线载波等先进通信技术,构造覆盖小区的通信网络,通过用电信息采集、双向互动服务、小区配电自动化、电动汽车有序充电、分布式电源运行控制、智能家居等技术,在小区安装智能电能表^[18]等关键设备,对用户供用电设备、分布式电源、公用用电设施等进行监测、分析、控制,提高能源的终端利用效率,为用户提供优质便捷的双向互动服务并支持“三网融合”服务,同时可以实现对小区安防等设备和系统进行协调控制。智能小区的建设,一方面,可以满足社会对于用电服务的多元化需求,实现智能电网经济高效、优质、节能环保的目标,达到节能和新能源利用的目的,并引导用户优化用能结构;另一方面,可推动社会资源共享,引导用户用电行为,响应电网错峰,实现移峰填谷,提高电网设备使用效率,推进和谐社会建设,创造未来的商用典范与新生活方式。

2.2 智能小区的特征

根据对国内外智能小区及其建设现状的分析,结合电网智能化规划,归纳提炼智能小区的特征如下:

1) 友好互动。

友好互动是智能电网的内在要求,实现电网运行方式的灵活调整,友好兼容各类电源和用户接入与退出,促进用户主动参与电网运行调节。通过部署自助用电服务终端、智能交互终端等智能交互设备,为用户提供业务受理、电费缴纳、故障报修等双向互动服务;实现对家庭用能设备信息采集、监测、分析及控制,通过电话、手机、互联网等方式实现用能设备的监控与互动,开展查询用电基本信息及三表抄收等其他增值服务。通过为用户提供优

化用电策略,引导用户用电行为,响应电网错峰,实现移峰填谷,提高电网设备的使用效率,实现更经济的电力供应。

2) 清洁环保。

在智能小区建设过程中,考虑电动汽车充电的需求。通过柔性充电控制技术的应用,在小区部署充电桩,按照电网运行需要合理安排充电时段,实现对电动汽车充电的有序控制,电力公司和用户能够灵活设置电动汽车的充电时间和充电容量,助力电动汽车真正走近大众。同时小区内根据自然条件尝试部署太阳能、风力等分布式电源,结合储能装置实现在负荷高峰时段或停电时段通过分布式电源向用户供电,达到鼓励用户消费清洁能源的目的。智能小区支持对太阳能、风力等分布式电源的并网控制。

3) 安全可靠。

智能小区供电网结构将得到加强,供电可靠性将显著提高。通过对小区供用电设备运行状况及电能质量的监控,实现故障自动检测,故障发生时向配电自动化系统和95598互动网站等报送或转送故障信息,电力公司及时获知故障情况,迅速地汇总、分析各方面信息,快速处理故障,尽快恢复供电。

3 智能小区总体架构

3.1 智能小区系统架构

智能小区系统架构是在通信网络支撑之下由各业务系统相互关联而构成的,如图1所示,业务系统包含用电信息采集、电动汽车充电、分布式电源管理、配电自动化、智能家居等;高速通信网络是智能小区的重要支撑,满足国家相关信息安全防护规的要求。主站系统内外网信息交换通过隔离装置实现双向数据交换。原则上,用电信息采集、电动汽车充电、配电自动化等业务接入电力公司内网;智能家居等接入电力公司外网。

用电信息采集系统是对用户的用电信息进行实时采集、处理和监控的系统,为其他系统提供基础的用电信息支撑。

智能用能系统通过家居智能交互终端及95598互动网站等多种途径给用户灵活、多样的互动服务,为用户提供信息查询、智能控制、用电策略辅助决策等服务,是实现智能用电增值服务的有效手段。分布式电源管理子系统完成小区分布式电源计量、监控和管理功能,包括分布式电源并网实时

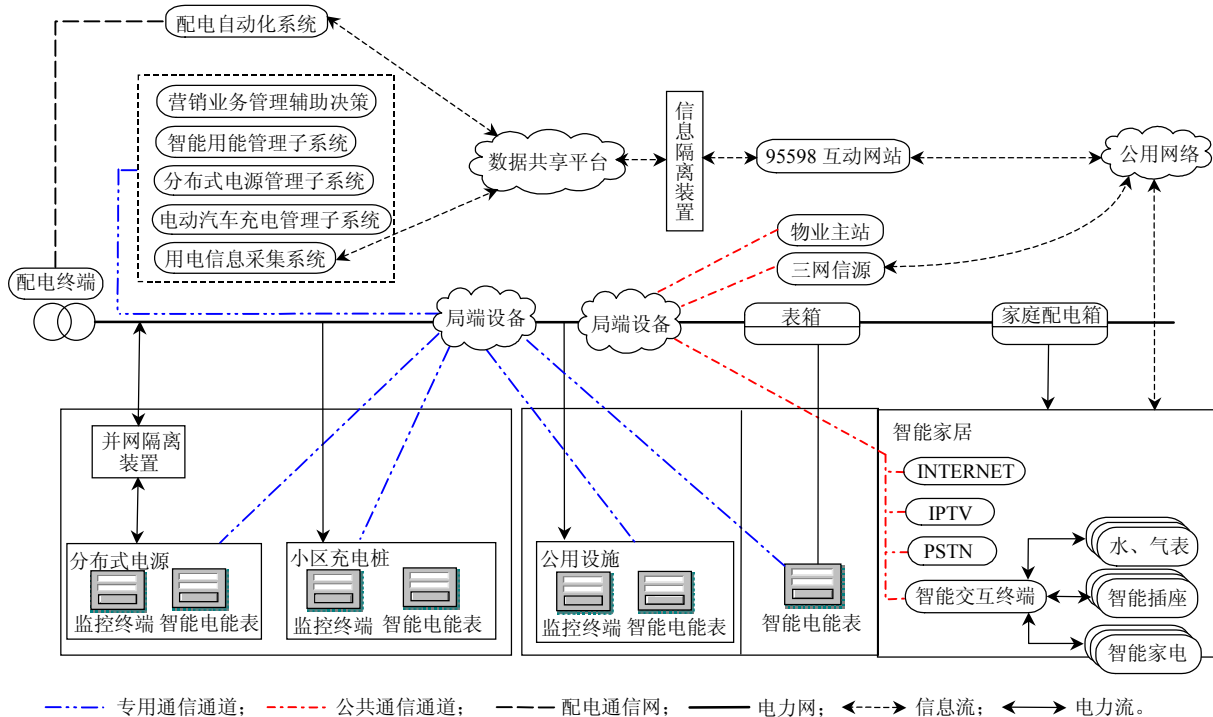


图 1 智能小区系统架构

Fig. 1 Structure of smart residential community

监控、计量、保护，并与营销业务管理系统实现信息交互，完成用户档案管理。

电动汽车充电监控系统完成小区充电计量、监控和管理功能，包括有序用电管理、计量管理、运行监控、充电记录，并与营销业务管理系统实现信息交互，完成用户档案管理。

小区配电自动化系统完成小区低压配电系统的关键设备监测控制、小区居民用户故障自动报修等，提高供电的可靠性和停电抢修服务的及时性，满足高质量的用电服务需求。

智能家居系统采集家用电器用电信息、远程控制家电起停；可通过自助用电服务终端等进行电费缴纳，并可通过 95598 互动网站进行交互；实现电力光纤到户，支持三网融合。

95598 互动网站是展示公司智能用电成果的窗口，通过营销数据共享平台，实现双向信息互动及业务互动，包括用电信息查询、在线支付、业务办理、网络坐席等业务功能，同时为智能小区/楼宇/园区、电动汽车充放电、能效监测等智能用电业务提供访问入口。

数据交换平台提供智能小区所需互动信息，与用电信息采集系统、营销业务管理辅助决策系统、充电管理系统、分布能源管理系统、用能管理系统等实现信息交换。

3.2 智能小区通信网络

小区通信网是指智能小区内部的通信网络，由电力相关业务和公用业务相关通信网构成。电力相关业务通信网主要完成小区用电信息采集、双向互动服务、小区配电自动化、分布式电源及电动汽车充电管理通信。公用业务相关通信网主要完成电话、有线电视、互联网、公用电力设施管理、家庭智能设备管理等通信，参见智能小区通信网络结构（见图 2）。小区电力相关业务通信网络覆盖变压器出口至用户电表、电动汽车充电桩、分布式能源站点、小区公共用电设施等，并可向下延伸用于接入用户。

一般来说，小区通信网须满足实时性、可靠性、安全性要求。在设计小区通信网时，满足国家和电网公司信息安全防护规定。

4 智能小区业务功能分析

通过对智能小区业务需求分析，提炼总结九项功能：用电信息采集、双向互动服务、小区配电自动化、需求侧响应、电动汽车有序充电管理、分布式电源的接入与控制、“三网融合”服务、智能家居及综合展示等。一般来说，“三网融合”服务、智能家居属电力拓展业务或增值业务。如表 1 所示。

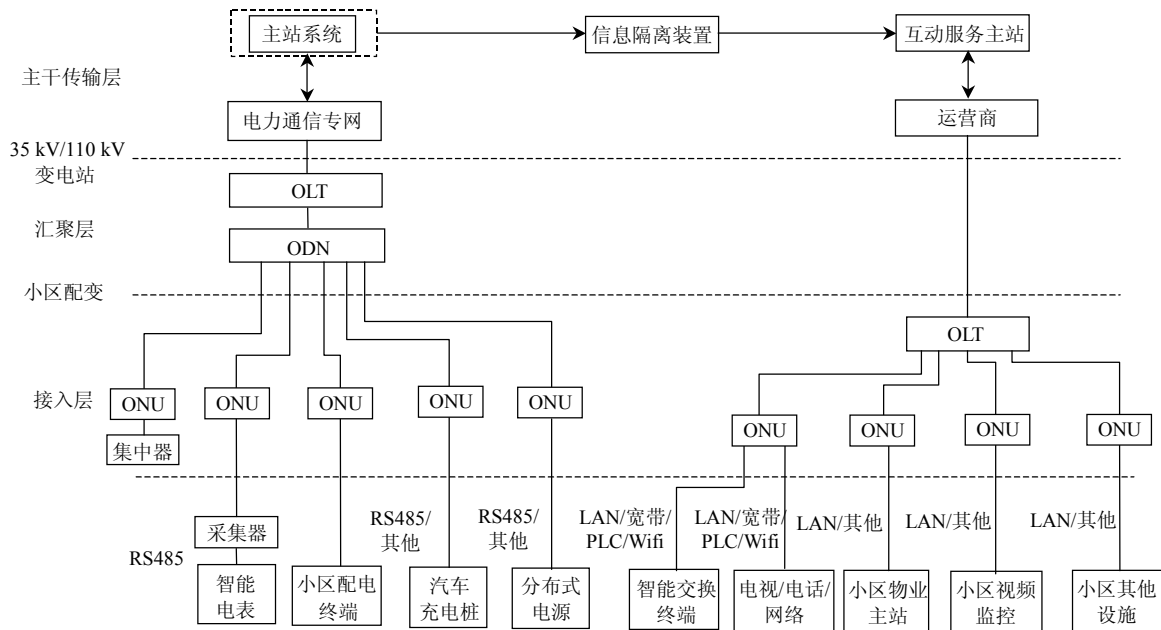


图 2 智能小区通信网结构

Fig. 2 Communication network topology of smart residential community

表 1 智能小区业务功能及配置

Tab. 1 Business functions and configuration of smart residential community

序号	功能	配置
1	用电信息采集	智能电能表, 采集设备
2	双向互动服务	自助用电服务终端, 95598 互动网站, 智能交互终端
3	小区配电自动化	配电监控终端, 配电自动化系统
4	需求侧响应	智能用能系统
5	电动汽车有序充电	充电桩(含计量、监控装置)、电动汽车充电管理系统
6	分布式电源接入与控制	分布式电源及储能设备, 计量装置, 分布式电源并网管理终端、系统
7	“三网融合”服务	光纤复合低压电缆, 光纤通信设备
8	智能家居	智能插座, 智能家电, 电网友好型控制器
9	集成展示平台	在智能小区构建的集成展示平台

5 智能小区关键技术

5.1 总体介绍

一般来说, 智能电网条件下智能小区关键技术包括用电信息采集、双向互动服务、小区配电自动化、电动汽车有序充电控制、分布式电源(含小区微电网)运行控制、智能家居以及小区集成通信技术、信息安全防护等技术。小区通信技术及安全防护技术等是支撑性技术, 需求侧响应一般归为管理机制类支撑技术。为节省篇幅, 用电信息采集、有序充电控制、信息安全防护等技术在此不做论述。

5.2 小区集成通信技术

小区通信技术是智能小区不可缺少的重要技术支持手段, 为系统安全、可靠运行提供信息传输通道和技术保障。智能小区主要通信技术有:

1) 光纤复合低压电缆技术。光纤复合低压电缆技术是将光纤单元复合在低压电缆中, 使电力电缆具有电力传输和通信能力双重功能的技术。利用光纤复合低压电缆技术, 可经济、快速地推进低压配电通信网的建设, 解决目前低压配电通信网相对薄弱的问题。

2) 电力线宽带通信技术。电力线宽带(broadband over power line, BPL)通信技术是指使用频率在 2~30 MHz 之间、通信速率在 1 Mbps 以上的电力线载波通信技术, 其调制解调多采用各种扩频通信技术、正交频分复用(orthogonal frequency division multiplexing, OFDM)技术等。

3) 以太无源光网络(Ethernet passive optical network, EPON)光通信技术。基于以太网方式的无源光网络系统由局端的光线路终端(optical line terminal, OLT)、用户侧的光网络单元(optical network unit, ONU)以及光分配器(optical distribution network, ODN)组成, 是采用点到多点结构的单纤双向光接入网络系统, 上、下行使用不同工作波长(上行 1 310 nm, 下行 1 490 nm)。EPON 可提供上下行对称的 1.25 Gbps 的带宽, 并可升级到 10 Gbps。

5.3 互动服务技术

互动性是智能电网的重要特征之一。智能小区双向互动服务技术包含自助用电服务终端技术、95598 互动网站互动技术以及智能交互终端交互技术。

1) 自助用电服务终端技术。自助用电服务终

端将自助缴纳电费、故障报修、预付费电表卡自助充值、自助历史记录查询、多媒体业务信息查询、自助打印、用能策略制定等功能合为一体，为用电用户提供轻松、方便、快捷、安全、可靠的缴费手段，关键技术包括网络营销技术、通信技术、设备实现技术、安全技术等。

2) 95598 互动服务技术。利用互联网及短信、电话、邮件、传真等多种途径给用户灵活、多样的交互方式，实现与用户的现场和远程互动；使用户可根据各自需要查询供用电状况、电价电费等信息，实现各类智能用电设备远程控制和管理；提供用能策略、多种方式缴费、业务预受理、故障报修，更方便、快捷地为用户提供服务。

3) 智能交互终端技术。智能交互终端是实现家庭智能用电服务的关键设备，通过利用先进的信息通信技术，对家庭用电设备进行统一监控与管理，对家庭用电信息等数据进行采集和分析，指导用户进行合理用电，调节电网峰谷负荷。此外，通过智能交互终端，可为用户提供家庭安防、社区服务、互联网服务等增值服务。

5.4 小区配电自动化

小区配电自动化技术主要包括小区低压配电系统运行监控、居民用户停电监测与报告、无功电压控制等。小区无功电压控制目前主要是在变压器低压侧安装无功控制设备。

1) 小区低压配电系统运行监控。实现小区低压配电系统关键设备及公共用电重要设施的实时信息采集、状态监测和状态自动报警功能。

2) 居民用户停电监测报告。小区配电自动化系统通过用电信息采集系统实现小区居民用户停电故障的监测及快速报告。

中压配电自动化技术相对比较成熟，但是不能简单移植，应根据小区实际需要，以保证高供电可靠性、提高供电服务质量为目标，优化小区低压配电自动化功能的设计和实现。

5.5 分布式电源运行控制

小区分布式电源是小区微电网的重要组成部分，小区微电网即是由小区各种分布式电源、储能单元、负荷以及监控、保护装置组成的集合体，具有灵活的运行方式，即能在并网运行和孤岛(自主)运行 2 种模式间切换。小区分布式电源(微电网)主要关键技术有快速通信、运行控制与能量优化管理、故障检测与保护、电力电子等技术。

1) 快速通信技术。微电网的运行需要在采集不同特性的分布式电源信息的基础上，通过配网级、微电网级、单元级各控制器间的通信来实现。以电力电子器件为接口的分布式电源与常规同步机的特性有很大差别，因而在微电网的运行控制与能量管理过程中对通信技术的可靠性和速度提出了更高的要求。

2) 运行控制与能量优化管理技术。通过综合当地的热电需求情况、气象状况、电价、燃料消耗、电能质量要求、需求响应^[19]要求等情况做出决策。为每个分布式电源单元控制器提供功率和电压设定值；使运行成本与损耗最小；使分布式电源单元的运行效率最高；提供微电网故障情况下孤岛运行与重合闸的逻辑控制方法。

3) 故障检测与保护技术。分布式电源的引入使得微电网保护控制与常规电力系统中的保护控制在研究对象和控制方法、策略上有很大不同，如除了过压及欠压保护外，还包括反孤岛和低频保护的特种保护技术。

4) 电力电子技术。电力电子技术是分布式发电的关键技术之一。根据微电网的特殊需求，需要研究适用的电力电子技术并研制新型电力电子设备，如即插即用型并网逆变器、静态开关和电能质量控制装置。

5.6 智能家居技术

从智能用电角度看，智能家居技术包括智能插座、家电接口、用电可视化技术等。

1) 智能插座技术。智能插座是一种家庭信息采集控制设备，该设备在监测家用电器工作状态，获得状态信息的同时兼插座使用，并具有监测控制能力，使住户随时了解自己家电的工作状态。

2) 智能家电接口技术。智能家电是指在家庭内部通过通信接口能够对其实现智能化管理及远程控制的家电设备。智能家电不仅具备传统家电的全部功能，而且通过通信和控制模块提供信息交换功能，优化人们的生活方式，增强家居生活的安全性，配合智能交互终端实现集中管理和控制。通过家庭通信网关实现家庭用电信息的双向远程交互。

3) 用电可视化技术。通过计算机、95598 互动网站、智能交互终端或数字电视机、智能手机等多种手段展示家用电器的每天分时段耗电量、日/月用电及节电统计信息等。

6 结论

本文总结了智能小区技术现状,提出了适应我国国情的智能小区系统架构和通信体系;针对智能电网条件下的智能小区建设实际要求,提出了智能小区功能配置需求和关键技术,并对小区通信技术、互动服务技术等关键技术进行了详细论述;研究成果已经应用于实际,指导智能小区试点工程建设。

目前智能小区建设过程中还存在信息集成度不够、用户自主响应能力不足、设备及与运维成本偏高等缺点,在今后的工作中可进一步优化设计、提升性能,探索智能小区建设运营模式。

参考文献

- [1] 国家建设部. 居住区智能化系统配置与技术要求[S]. 2003.
- [2] 刘振亚. 智能电网技术[M]. 北京: 中国电力出版社, 2010: 9.
- [3] 孙亚蕾. 远程抄表系统在智能小区中的实践与应用[J]. 仪表技术, 2010(2): 28-30.
Sun Yalei. Practice and application of remote automatic meter reading system in intelligent housing estate[J]. Instrumentation Technology, 2010(2): 28-30(in Chinese).
- [4] 牛斗, 朴勇猩, 王婷婷. 智能小区远程抄表系统的实现[J]. 微机计算机信息, 2010(11): 105-107.
Niu Dou, Piao Yongxing, Wang Tingting. Realization of smart home automatic meter reading system in intelligent residential area [J]. Control & Automation, 2010(11): 105-107(in Chinese).
- [5] 王惠中, 宿忠娥. 基于 BACnet 的智能小区监控系统的设计[J]. 电子测量技术, 2009(11): 4-7.
Wang Huizhong, Su Zhong'e. Design of the intelligent community monitoring system based on BACnet[J]. Electronic Measurement Technology, 2009(11): 4-7(in Chinese).
- [6] 莫林玉. 利用 HFC 网建设智能小区的解决方案[J]. 光通信技术, 2009(8): 58-60.
Mo Linyu. Solution of using HFC network to construct intelligent district[J]. Optical Communication Technology, 2009(8): 58-60(in Chinese).
- [7] 国家建设部. 居住小区智能化系统建设要点与技术导则[S]. 2005.
- [8] 王明俊. 智能配电网研发路线探讨[J]. 供用电, 2010, 27(2): 1-5.
Wang Mingjun. The development paradigm of smart distribution grid[J]. Distribution & Utilization, 2010, 27(2): 1-5(in Chinese).
- [9] 王明俊. 智能电网热点问题探讨[J]. 电网技术, 2009, 33(18): 9-16.
Wang Mingjun. Some highlights in relation to smart grid[J]. Power System Technology, 2009, 33(18): 9-16(in Chinese).
- [10] 王明俊. 自愈电网与分布能源[J]. 电网技术, 2007, 31(6): 1-7.
Wang Mingjun. Self-healing grid and distributed energy resource [J]. Power System Technology, 2007, 31(6): 1-7(in Chinese).
- [11] 田世明, 周昭茂. 智能电网技术研究[C]//中国电机工程学会供用电自动化学术年会. 云南丽江: 中国电机工程学会, 2009.
- [12] 殷树刚, 张宇, 拜克明. 基于实时电价的智能用电系统[J]. 电网技术, 2009, 33(19): 11-16.
Yin Shugang, Zhang Yu, Bai Keming. A smart power utilization system based on real-time electricity prices[J]. Power System Technology, 2009, 33(19): 11-16(in Chinese).
- [13] 朱彬若, 张慎明, 王虎. 楼宇智能用电能量管理系统设计与实现[J]. 华东电力, 2010, 38(4): 520-522.
Zhu Binruo, Zhang Shenming, Wang Hu. Design and implementation of intelligent building electricity energy management system[J]. East China Electric Power, 2010, 38(4): 520-522(in Chinese).
- [14] Albert Molderink, Vincent Bakker, Maurice G C, et al. Domestic energy management methodology for optimizing efficiency in Smart Grids[C]//IEEE Bucharest Power Tech Conference. Bucharest, Romania: IEEE, 2009: 1-7.
- [15] 严辉, 李庚银, 赵磊, 等. 电动汽车充电站监控系统的设计与实现[J]. 电网技术, 2009, 33(12): 15-19.
Yan Hui, Li Gengyin, Zhao Lei, et al. Development of supervisory control system for electric vehicle charging station[J]. Power System Technology, 2009, 33(12): 15-19(in Chinese).
- [16] 刘云, 张红. 国外家庭网络技术标准进展分析[J]. 信息技术与标准化, 2005(3): 23-26.
Liu Yun, Zhang Hong. Analysis the progress of the foreign home network technology standard[J]. Information Technology and Standardization, 2005(3): 23-26(in Chinese).
- [17] 栗宁, 孙慧皎, 冯春芳, 等. 光纤到户关键技术及运营模式研究[J]. 电力系统通信, 2011, 32(5): 123-128.
Li Ning, Sun Huijiao, Feng Chunfang, et al. Research on the key technologies and operation mode of PFTTH[J]. Telecommunications for Electric Power System, 2011, 32(5): 123-128(in Chinese).
- [18] 王思彤, 周晖, 袁瑞铭, 等. 智能电表的概念及应用[J]. 电网技术, 2010, 34(4): 17-23.
Wang Sitong, Zhou Hui, Yuan Ruiming, et al. Concept and application of smart meter[J]. Power System Technology, 2010, 34(4): 17-23(in Chinese).
- [19] 余贻鑫, 栾文鹏. 智能电网述评[J]. 中国电机工程学报, 2009, 29(34): 1-8.
Yu Yixin, Luan Wenpeng. Smart grid and its implementations [J]. Proceedings of the CSEE, 2009, 29(34): 1-8(in Chinese).



林弘宇

收稿日期: 2011-09-07。

作者简介:

林弘宇(1972), 男, 博士研究生, 高级工程师, 主要从事电力营销、能效管理、智能电网技术研究工作;

田世明(1965), 男, 硕士, 高级工程师, 中国电机工程学会高级会员, 主要从事智能用电、电力系统自动化方面的研究与开发工作, E-mail: laotian@epri.sgcc.com.cn.

(责任编辑 李兰欣)