

文章编号: 1005-6548(2010)04-0287-05

中国智能电网发展模式及关键技术

董小瑞, 乔 琨

(山西省电力公司 运城供电分公司, 山西 运城 044000)

摘 要:随着“智能电网”概念的提出,大家对于发展智能电网的重要性和宏观意义认识高度一致。然而对于智能电网要解决的问题、电网的模式、服务的对象和要解决的关键技术等仍在探索。针对这些问题提出了构建大主干网下的智能化微网,协调我国因能源分布不均衡所必须的大电网与安全和可持续发展要求下的互联网式分布电网之间的矛盾。它对中国未来的智能化电网提供了一种可行的发展模式。

关键词:智能电网;分布能源;微网;关键技术

中图分类号:TM734 **文献标识码:**A

奥巴马的能源新政使“智能电网”成为全球能源界热议的焦点^[1-2]。为提高美国电网安全水平以满足不断增加的电力需求,美国能源部成立了负责输电的办公室(OETD),并提出了构建安全可靠电网的“Grid2030计划”。该计划旨在采用先进技术和先进材料、超导技术、电力电子控制技术、广域测量技术、实时仿真技术、分布式的微型燃气冷热电技术、储能技术、可再生能源发电技术等,构建全美骨干电网、区域性电网、地方电网和由分布式能源系统支撑的微电网等多层次电力网络构架,以保障整个电网的安全性、稳定性和负荷变化的应对性、供电的可靠性、电能品质的优良,提高能源利用效率,减少污染排放。

在欧洲,其电力发展模式是向分布式发电、交互式供电的分散智能电网过渡,更加强调对环境的保护和可再生能源发电的发展^[3-4]。目前这些国家和地区的电网是联合的,但由于交互式供电、柔性交流输电技术的发展,电网的发展方向在发生改变。其把天然气作为发电用能源,发电装机的增量或存量调整主要依赖新能源或可再生能源,电力需求趋于饱和,因此,他们能源发展终期目标是分布式发电,而不是强调电网规模的扩大。

1 中国电网现状

在中国,2020年发电总装机容量将超过16亿kW,煤、水、风等能源资源与生产力布局很不平衡,

这决定了中国必须走大规模集中开发、远距离外送电之路,这需要主干输电网的保障。因此,国网提出了“坚强电网”的概念。然而,一个“坚强的国家电网”仅靠特高压、超高压端的巩固是不够的,也难以确保“坚强”。

“8·14”大停电告诉我们,仅仅凭借电网自身的能力,即便采用更多的先进技术和设备,也无法确保供电安全^[5]。自然灾害、恐怖袭击等都可以随时使电力系统瘫痪。金字塔式的由上至下的电力系统,无法满足现代社会对电能品质、供电安全、能源利用效率、温室气体排放控制的要求。只有通过实施更有效的需求侧管理,建立各种各样的分布式能源系统,发展智能化的微电网^[6-7],调动更多的市场主体以及更大能源消费者积极参与,从用电终端响应供电安全和提高能效,才可能从根本上解决电力系统的安全性和可持续发展等难题。

2 我国智能电网可行的发展模式

2.1 智能电网要解决的问题

我们的智能电网要解决什么问题,这是目前需要弄清的一个焦点。智能电网要服务于终端用户,而不是仅仅服务于大电网。要首先从终端实现优化配置,要解决用户自己的可再生能源和分布式能源,以及资源综合利用发电设备的系统接入和电能利用,而不是数千公里之外的“风电三峡”、“光伏三峡”、“生物质三峡”的潮起潮落。智能电网要解决如

下问题:

(1) 精确供能——提高需求侧的节能效率。

通过电子感应、探测、遥控等信息技术对需求进行实时跟踪,并进行智能化分析、控制,实现高效精确供能。在人们需要的地方,按需求能源的形式,以实际需求的量度,有针对性地进行能源供应。比如,在有人的房间,根据室内的实际照度、使用者对色温的要求,进行适当的、有针对性的照明,就可以既满足人的需求,又将能源浪费控制在最低水平,摆脱长期以来靠人的自觉性节能的被动方式,使人们在生活中质量不受影响甚至更舒适的情况下,靠信息技术进步将能源节约下来。

(2) 电网自由接入——通过供需互动解决分布式能源及可再生能源并网。

太阳能发电、风电、燃料电池、生物质发电等可再生能源,其电力品质难以符合人们的需求,使可再生能源电力接入系统受到很大限制。对于传统的被动受电式电网,这样的电能大量接入系统,会对电网和其他电源的经济运行及安全构成威胁。如何通过能源供应和能源使用的互动,解决好可再生能源的优化利用,一直就是一个极大的难题。

(3) 需求侧管理^[8-10]——提高终端响应能力。

靠人的积极性进行需求侧管理,电力紧张时,需求侧管理成为拉闸限电的代名词;电力过剩时,需求侧管理成了电力促销,“保增长”的手段。在目前电力体制的利益格局下,需求侧管理对于优化用电结构、平衡系统运行的作用难以发挥,也难以奏效。依靠信息智能控制技术,将需求侧管理融入到每一个电器产品设计和系统的构建上,并使终端与电网及分布式能源进行响应和交流,可以从根本上解决需求侧管理希望解决的问题。比如,一座建筑、一个工厂有无数个电动机,电梯、水泵、风机都要电动机运行。电动机启动时的电流是运行中电流的 5~7 倍,如果同时启动将占用大量供电系统的负荷容量。如果通过智能控制,将电动机启动时间错开,就可以节约大量的装机容量和相关投资。

(4) 为蓄电式交通工具和蓄电式农机的大规模使用提供优化控制平台。

未来的交通动力系统将依靠电力提供能源,大力发展蓄电式交通工具和蓄电式农机,减少对石油资源的依赖,将成为全世界的必然趋势。燃油为交通工具提供动力的能源转换效率在 15%~20% 之间,很难再大幅度提升。而电能转换动能的效率可达 90%,加之蓄电池充电放电效率在 90%。电动汽

车的能源利用效率在 32%~47%,较燃油汽车提高 1~2 倍以上。但是,大量的蓄电式交通工具和农机在什么时候充电才能既不增加电网负荷,又能利用多余的电能,还能作为电网调节和安全的重要组成部分,成为必须进行管理的问题。所以,我们需要一个智慧而聪明的电网,充分利用彼此的优势,弥补不足,实现资源的优化整合。

(5) 为智能化电器和信息家电建立一个创新的平台。

发展智能电网,电力线数字化通信的应用将不可避免^[11]。按目前的技术,使用 220 V 电线可以达到 200 M 带宽的通信速度,而大多数电话线的通信速度仅为 2 M,少数用户可以得到 10 M 带宽的电话线通信服务,即使到 2012 年达到 20 M 的带宽,也远不及电力线目前的水平。如果将电力线作为局域信息交互平台,互联网、数字视频电话、数字电视都可以借助这一通道,几乎无成本地普及信息化。人类正在从互联网走向物联网,而电力线最适合将各种电器设备链结在一起。

2.2 大主干网下的智能化微网

在我国,一方面由于能源产地和需求地极不平衡,为促进电源集约化建设和规模化经营,减少投资和运营成本以及跨地区联网的现实需要,必须建立特高压、大电网;另一方面是由于对大电网崩溃后可怕后果的担忧,采用分布式发电的智能电网成为新能源和可持续发展需求下必须的发展方向。为了发挥大电网的优点,并整合分布式发电的优势,削弱分布式发电对电网的冲击和负面影响,本文提出了构建大主干网下的智能化微网的电网发展模式^[12-13]。

如下图,给出了智能微型电网的一种形式,其具体的结构随负荷等方面的需求而不同。但是其基本单元应包含微能源、蓄能装置、管理系统以及负荷。其中大多数微能源与电网的接口都要求是基于电力电子的,以保证微电网以单个系统方式运行的灵活性和可靠性。

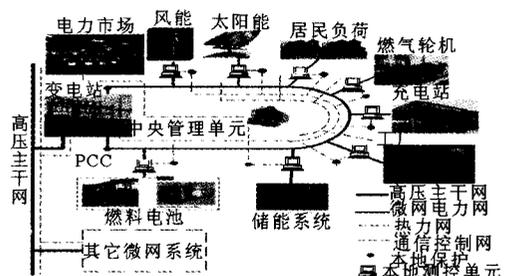


图 1 从分布式发电走向微型电网

以这种方式组织分布式电源而形成的微型电网的重要优势来自于它对周围的配电网呈一个可自我控制的独立个体,并便于实现终端用户电能质量管理和能源的梯级利用。它遵循电网规则,并能给电网提供更多的价值。它可作为可中断或可控负荷,以减少网络拥塞和其他威胁。可进入独立运行状态,保证微型电网内重要负荷和敏感负荷的供电安全性。它将实现对每一个用户及每一个电网节点的监视和控制,确保从电源到用电器之间实时、高速、双向的电力潮流及相关数据信息流。分布智能、宽带通信、监视和控制以及自动响应,使人、电器、楼宇、工业过程与电力网络之间的接口没有缝隙,可进行实时的互动、互助、互补和相互交易。如在该电网中,用户可以通过调节用电秩序,关闭或启动燃气、燃料电池等,控制需求侧和蓄电设备(电动汽车)调节等多样化手段,解决分布式可再生能源的自由接入和精确供能。

另外,微型电网能提供优良的电能质量和其他辅助性服务,如电压支撑、向外馈送电能甚至提供黑启动能力。其主要框架结构是由集中式发电和远距离输电骨干网、地区输配电网、以微型电网为核心的分布式发电系统相结合的统一体,能够节省投资,降低能耗,提高能效,提高电力系统可靠性、灵活性和供电质量。该微网可能形成如下的发展模式:

①大型社区热电冷联供模式,以清洁燃料及屋顶光伏和吸热系统做能源,提供制冷、采暖、生活热水的集中空调设备。实施“庭院式”热电冷联供,充分利用储能设备和低谷电力资源为用户的交通工具蓄电。

②是大企业联动模式。部分大型钢铁企业和化工企业在生产过程中,将产生大量热能,将热能转化为电能,不仅供自身使用,也输送到厂区之外供附近居民使用。依托信息化、数字化和精确快速的测量和计算方法,使其与各种清洁能源系统相互提供冗余备份容量,相互提供安全保障。

③是园区联动模式。在工业园区内,广泛采用太阳能面板构成园区厂房外墙、屋顶和安装微型风电机组,建设废弃物品回收利用站,有针对性地发展垃圾处理技术,变垃圾为燃料,建立“生态园区”。

3 智能电网发展需要的关键支撑技术

在智能电网中,不限制于仅使用某方面的技术,而是将基于现代新材料技术、计算机软硬件技术、自动控制技术、传感器技术、电力电子器件技术、高温

超导技术、信息技术、分布式发电技术以及现代通信技术的综合,为现代电网提供各种类型先进的测量、监视、保护和控制的电力设备,对传统电网进行升级改造,构造一个更加经济、安全、可靠、环保的电网。

智能电网的实施,是必须采用上述各种技术来支撑所需的属性的。这些技术不少是在电网中已采用或是正在完善的技术,这些技术包括如用于提供输电系统稳定的静止无功补偿器(SVC)和可控串联补偿(TCSC)技术;用于输电系统稳定控制的广域测量系统(WAMS)中同步相量(PMU)技术;优化配电网络运行的配电自动化系统中的馈线自动化(FA)技术和自动抄表(AMR)技术;改善配电网电能质量的静止无功补偿器(SVC/STACOM)和有源滤波器(APF)技术;大型风电场接入电网技术等等。根据美国能源部下属国家能源技术实验室对“现代电网”中技术方面定义和分类,对其支撑的关键技术可分为五类:

①集成的通信技术。智能电网应建立起高速的、全面集成的高速双向通信技术架构,使智能电网变成一个动态的、交互的,用于实时信息和功率交换的超级架构的网络。采用通信系统的开放式架构,可以对网络智能传感器和控制装置、控制中心、保护系统和用户建立一个安全的“即插即用”的应用环境。

②传感、计量和测量技术。在智能电网中,采用各种先进的传感器,结合双向通信的智能表计与监视系统,用以监视用户端用电状况、电网设备的健全状态与网络安全状态,提供智能电网安全经济运行的最基础的功能。

③先进的电网设备。先进的电网设备对电网的远行特性起着积极的作用。它包括超导输电电缆、故障电流限制器、复合导线、灵活交流输电系统设备(FACTS)、先进的储能装置、分布式发电装置、先进的变压器和断路器、智能电器、先进的保护控制设备等。

④先进的控制方法。电力系统自动控制可实现对电网的快速诊断,并对特定的电网瓦解或停电提供周密的解决方案。通过从所有电网主要设备中收集数据,输入到计算机的进行算法运算,可监视这些电网设备,并通过以确定性的和随机的观点分析数据去进行诊断和提供解决方案。先进的控制方法应支持诸如分布式能源和需求响应调度、配电自动化和变电站自动化、自适应继电保护、能量管理、市场定价、电网模拟、操作员显示和先进的可视化系统。

用于先进的控制方法的三类技术包括:分布式智能代理(控制系统)、分析工具(软件算法和高速计算机)和运行应用(SCADA、需求响应等)。

⑤决策支持和人机接口。智能电网中使用信息系统技术,应能使操作和管理人员在日益增加的可变因素下利用这些工具来减少复杂性,保持电网的高效运行。在某些情形,可供操作员作出决策的时

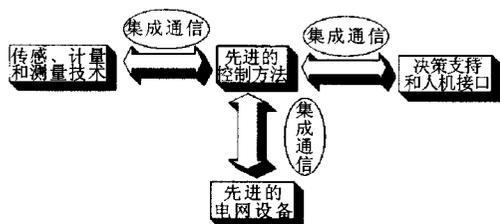


图 2 智能电网关键支撑技术相互关联特性
间缩短到秒级的水平。因此,现代电网需要非专门化的、无缝的、实时使用的应用和工具,以满足电网

操作和管理人员作出快速决策的需要。带有改进接口的决策支持将扩展决策至所有等级的电网,它包括用户级的电网。

4 结 语

我国的电力系统应该朝着集中式与分布式发电系统有机结合的供能系统方向发展。其主要框架结构应该是由集中式发电和远距离输电骨干网、地区输配电网、以微型电网为核心的分布式发电系统相结合的统一体,微型电网将成为分布式发电在区域配网内渗透的主要载体形式,而成为地区配电网制式和电力系统的基本构件。集中发电与分布式微型电网相结合可以节省投资和减少投资的风险,降低能耗,提高能效,提高电力系统可靠性、灵活性和供电质量,将成为 21 世纪电力工业的重要发展方向。

参 考 文 献:

- [1] 肖世杰. 构建中国智能电网技术思考[J]. 电力系统自动化, 2009, 33(9): 1-4.
- [2] Research Reports International. Understanding the Smart Grid, RRI00026[R]. 2007.
- [3] The National Energy Technology Laboratory. A Systems View of the Modern Grid[M]. Pittsburgh, PA, USA: NETL, 2007.
- [4] CHRISTIAN S. 未来的电力网[J]. 华东电力, 2007, 35: 1-7.
- [5] European Commission. European Technology Platform Smart Grids: Vision and Strategy for Europe's Electricity Networks of the Future [EB/OL]. [2008-10-10]. http://ec.europa.eu/research/energy/pdf/smartgrids_en.pdf.
- [6] 王成山, 王守相. 分布式发电供能系统若干问题研究[J]. 电力系统自动化, 2008, 32(20): 1-5, 31.
- [7] 鲁宗相, 王彩霞, 闵勇, 等. 微电网研究综述[J]. 电力系统自动化, 2007, 31(9): 100-107.
- [8] 韩晓平. 未来 20 年中国能源技术发展方向之一[J]. 沈阳工程学院学报, 2005, 1(2): 13-15.
- [9] 王明俊. 自愈电网与分布能源[J]. 电网技术, 2007, 31(6): 1-7.
- [10] 周明, 李庚银, 倪以信. 电力市场下电力需求侧管理实施机制初探[J]. 电网技术, 2005, 29(5): 5-1.
- [11] 胥兵, 罗刚, 甘兵, 任益光, 等. 新一代数字电力线载波的几个问题探讨[J]. 电力系统通信, 2003, 9: 22-24, 32.
- [12] 王守相, 李晓静, 肖朝霞, 等. 含分布式电源的配电网供电恢复的多代理方法[J]. 电力系统自动化, 2007, 31(10): 61-65.
- [13] 卞海红, 万秋兰, 徐青山. 可再生能源微网发电系统的可行性研究[J]. 电力需求侧管理, 2008, 10(5): 10-13.

Research for Orient Mode and Key Technology of China's Smart Grid

DONG Xiao-ruì, QIAO Kun

(Yuncheng Power Supply Company, Yuncheng 044000, China)

Abstract: With the proposition of "smart grid" concept, Its importance and significance we has reached a high consensus. However, we are not very clear with the solution, the objects, the grid mode and the key technology of the smart grid. The paper proposed a solution to coordinate the contradiction between the large grid which is necessary for China's energy unbalanced distribution and Internet-style distribute power grid which is suit for and sustainable development and security requirements. The solution is to develop a distribute microgrid which is connected by main high-voltage grid. It provide a orient mode for future smart grid of china.

Key words: smart grid; distributed energy; micro grid; key technology

[责任编辑:张勇强]

(上接第 286 页)

A Method for Computing the Installed Capacity of the Generators in a Hydroelectric Station

WU Guo-shang¹, WU Jie-kang², HUANG Huan², MO Shi-xun²

(1. Yulin Power Supply Bureau, Guangxi Electric Power Grid Co., Yulin 537000, China;

2. School of Electrical Engineering, Guangxi University, Nanning 530004, China;)

Abstract: A method for modeling hydro energy, hydro-mechanical-electric coupling and optimum installation capacity of a large-scale hydroelectric plant is presented in this paper. This paper also presents a method for computing the optimal installation capacity of a hydro plant by maximizing the ratio of electric energy produced in a scheduling period and the water volume consumed by generation. Among these constraints, width, depth, controllable drainage area, allowable generating unit number, water flow and volume available of a reservoir is taken into consideration. A study example with several simulation cases is carried out to illustrate flexibility, adaptability, applicability of the proposed method.

Key words: hydroelectric station; installed capacity; inflow; flood flow

[责任编辑:张勇强]