

2010年国际大电网会议 配电系统及分散发电组研究进展与方向

范明天

(中国电力科学研究院, 北京市 海淀区 100192)

Strategic Plans of CIGRE Distribution System & Disperse Generation (C6)

FAN Mingtian

(China Electric Power Research Institute, Haidian District, Beijing 100192, China)

ABSTRACT: In order to ensure to provide users with more green, clean and high quality energy sources in the future, the research emphases in power system home and abroad is being changed to the future development of power grids, in particular, the development of future distribution networks. Four strategic directions in the study of CIGRE from 2010 to 2020 and the research contents in ten technical research directions proposed in CIGRE2010 are presented in brief. The accomplished research items of CIGRE C6 (distribution system & disperse generation) from 2006 to 2010 and the research items that start from 2010 to 2012 as well as the follow-up research directions to which special attention should pay from 2013 to 2016 are emphatically described to offer reference for the research on smart grid in China. Considering the difference between the stage of distribution network in China and that in other countries, some problems to be taken into account from now on are pointed out and related suggestions are proposed.

KEY WORDS: CIGRE; smart grid; distribution system; C6 (distribution system & disperse generation); research progress; research direction

摘要: 为保证未来向用户提供更加绿色、清洁、优质的能源, 国内外的研究重点已转移到未来电网的发展, 特别是未来配电网的发展上。简要介绍了 CIGRE 2010—2020 年 4 个战略研究方向和 10 个技术研究方向的研究内容, 重点介绍了 CIGRE 配电系统及分散发电(C6)组 2006—2010 年已经完成的研究项目、2010—2012 年启动的研究项目以及 2013—2016 年关注的研究方向, 以期为我国开展智能电网研究提供借鉴与参考。考虑到国内外配电网发展的阶段不同, 还提出了今后应该考虑的问题及建议。

关键词: 国际大电网会议; 智能电网; 配电网; 配电系统及分散发电组; 研究进展; 研究方向

0 引言

我国与发达国家的配电网处于完全不同的发

展阶段, 发达国家的配电网已经基本完成布局, 而我国的配电网还处于快速发展阶段, 现有配电网的规模只是未来 20a 配电网规模的 1/3^[1]。为了保证未来向用户提供更加绿色、清洁、优质的能源, 目前, 国内外的研究重点已转移到未来电网的发展, 特别是未来配电网的发展上^[2-14]。

第 43 届国际大电网会议(CIGRE 2010)于 2010 年 8 月 23—27 日在法国巴黎召开, 大会阐述了现代及未来电网技术发展需求和趋势, 初步勾画出未来电网的远景^[15]。CIGRE2010 认为智能电网(smart grid)的定义过于宽泛, 提出了未来网络(networks of the future)的概念, 并指出新技术、新参与者、新的市场环境正在改变以化石能源为起点、以电网为传输媒介、以顾客消费为终点的传统价值链, 一个可接纳分布式发电(distributed generation, DG)、储能和电动汽车(electric vehicles, EV)等分布式能源的新价值链正在产生。CIGRE2010 以“未来电力系统技术及智能化需求”为主题, 提出了未来电力系统发展模式、现有电力系统的尽限利用、环境和可持续发展、电力企业与社会决策层的沟通四大发展战略。其中现有电力系统的尽限利用、环境和可持续发展都与电力系统的现状密切相关, 这说明未来电网的发展模式应该充分考虑电网现有的发展模式。根据四大发展战略, CIGRE2010 提出了主动配电网、信息的大规模交换、电力电子与高压直流输电(high voltage direct current, HVDC)的集成、储能装置的大规模安装、新系统的运行与控制、继电保护新概念、电网规划新概念、改善技术性能的新工具、增加地下电力设施、利益相关者知情权的需求这 10 个技术方向。

传统电力系统中发电机出力要跟随负荷的变化,而未来的电力系统可使负荷变化在很大程度上与发电相匹配。未来的电力系统将采用先进的传感器、通信、计算技术和控制方式,将低碳集中发电、局部能源网络和电力传输三者结合,以提高电力系统的整体性能。未来电力系统将发展成为一个由电力系统、通信网、互联网、电子商务网组成的高度互联、互动的复杂交互网络。

本文认为,我国在进行未来电力系统发展的研究时,有必要系统地了解发达国家关于未来电网发展的过去、现在和将来的基本研究发展方向,在跟踪国际新概念和新技术的同时,考虑我国配电网的发展阶段,考虑在哪些方面有可能突破。

1 相关概念与术语

目前,配电系统与智能电网等相关领域出现了许多新的术语,本文建议采用如下基本术语^[16]:

1) 分布式发电(distributed generation),其中包括分散发电(dispersed generation)。分布式发电较分散发电规模大些,可接入输电网;分散发电只适合接入配电网。

2) 可再生能源(renewable energy resources, RES)。

3) 分布式储能单元(distributed energy storage, DES)。

4) 需求侧集成(demand side integration, DSI),即重点推进提高用电效率的所有活动,包括对需求的反应和提高能源使用效率的活动。

5) 分布式能源(distributed energy resources, DER),包括与配电网集成的 DG、DSI、EV 等。

6) 微网(microgrids),如与低压配电网互连的小型、模块化电源以及可连接到主网或自主运营的新型电力系统均可称为微网。

7) 主动配电网(active distribution network, ADN),即内部具有分布式或分散式能源且具有控制和运行能力的配电网。

8) 智能配电网(smart distribution network),即基于分布式智能技术的具有创新型管理和控制系统且能够整合分布式能源和微网的配电网。

2 配电系统及分散发电组主要的研究任务

由于目前的技术成本较高,现有配电网的设计和运行准则难以适应 DG 的大量接入等现实问题,因而目前 DG 在电力系统中占发电容量的比例仍低

于 10%。

配电系统及分散发电组(C6 组)于 1999 年开始研究分散发电对电力系统的影响。分散发电的概念正不断地对多个方面产生影响。C6 组研究的主要任务是根据分散发电所具备的一些技术特点,为新技术的发展制定相应标准,改善效率、降低网络成本和降低对环境的不良影响,推动、促进和交流配电系统与 DG 集成等相关领域的技术进步。在 CIGRE2010 上, C6 组在其特别报告中对以下问题进行了讨论: 1) 集成分布式能源的配电网规划和运行; 2) 需求侧集成; 3) 边远和农村地区电气化的新概念和技术,涉及大规模集成 DER 或 RES 对可靠性的影响、DER 或 RES 可以提供的辅助服务、支持 DER 或 RES 的监管制度、具有高 DER 或 RES 渗透率的配电网、工作经验和演示、基于新概念和 RES 的微网与先进网络所提供的概念和机会、融资计划和提供供电服务的方法、系统升级和接入网络的实践经验。

C6 组于 2007 年提出了 DER、DSI 和 ADN 的概念。C6 组定义的 DER 包括分布式发电和可再生能源、储能、电动汽车和需求侧集成。在 ADN 中, DER 是可控的,运行人员可以通过改变网络拓扑控制网内潮流,使 DER 在适当的监管和并网协议下为系统提供一定的支持。

3 2006—2010 年 C6 组已完成的研究项目

2003 年以来, C6 组已启动了 9 项研究项目,研究并制定了 DG 接入配电网及智能配电网相关的技术和经济标准。C6 组已经完成的研究项目如下: 1) 分散发电的接入和保护; 2) 分布式发电系统的分析、设计和验证的计算工具和技术; 3) 分布式发电对于输电和发电系统的技术及经济影响; 4) 大规模波动发电的集成; 5) 需求侧集成; 6) 分布式能源和微网组件的技术标准化及商业标准化; 7) 电能储存系统。

4 2010—2012 年 C6 组启动的研究项目

4.1 主动配电网的规划和优化方法研究

传统配电网如果没有大规模的投资,单靠现有配电网技术,配电系统很快会达到不能再接入新的分布式发电和可再生能源的极限。现在,人们已经意识到:主动配电系统和微网均有可能以较低的费用接入更多的 DER(如各种类型的发电机、易控的负荷、储能设备),主动配电网和微网可以在提供许多

商业机会的同时, 不给环境带来负担。目前学术界和工业界几个前沿的研究项目正致力于研究新型的配电系统, 并建立示范工程和实物测试系统, 以证明新型主动配电系统的可行性和可带来的效益。

现有配电系统中, 配电网规划的目的是在规划阶段解决运行问题, 如容量匹配(不考虑控制问题), 而在主动配电网中, 规划应该综合考虑运行和控制问题, 以获得智能电网的经济价值。

C6 组启动的主动配电网的规划和优化方法研究具体包括如下内容: 1) 调研主动配电系统规划技术的研究现状; 2) 了解规划方法的需求; 3) 确定主动配电规划的短、中、长期模型, 如技术模型, 经济和市场模型; 4) 建立主动配电系统的可靠性评估模型; 5) 研究适合不同场景和管制机制的主动配电系统的扩展、升级规划算法, 其中包括 DES 和 DG 的优化定容和定址方法和模型, 以及微电网及多微电网接入的设计。

4.2 电动汽车接入电力系统的研究

未来将有大量的插入式混合动力车和纯电动汽车接入电网。就电力系统而言, 电动汽车可以被视为简单的负荷或动态的负荷(储能设备)。如果将电动汽车看成是一种简单的负荷, 可很容易地预见到已经重载的电网中将出现的阻塞问题和辐射状电网中的电压问题。如果没有采取合理的负荷管理策略, 这些问题所带来的损失甚至可能大于使用电动汽车所带来的经济、环境效益。如果将电动汽车看成是动态的负荷(储能设备), 则大规模采用电动汽车所带来的潜在效益将会更大。在这种情况下, 汽车对电网供电(vehicle to grid, V2G)的概念应运而生, 这种方案可为车主提供额外的收入。现今许多公司正计划大范围的发展电动汽车, 因此尽可能早地在未来电力系统中对智能电动车管理的实施进行规划十分重要。在这种新型电网中, 为了在保持有效管理电网的同时减少对传统储能设备的需求, 平衡可再生能源的出力, 有必要采用分布式智能来控制电动汽车。

C6 组启动的电动汽车接入电力系统的研究具体包括如下内容:

1) 研究各种电动汽车大规模接入对未来输电和配电网的影响, 包括对负荷曲线、发电计划、潮流模式(网络损耗、阻塞水平和电压曲线)、电能质量及 CO₂ 排放的影响。研究电动汽车的应用对提高间歇式可再生能源渗透率的潜在作用。

2) 为了在不大幅改变现有网络和设备的情况下发展电动汽车, 研究系统运行人员可采用基于智能电网概念的控制方式, 研究并提出发展各种标准化技术(网络接口、计量、通信等)的建议。

3) 研究电动汽车对发电和电网结构规划的影响, 同时评估由于电网中间歇式可再生资源 and 电动汽车的同时出现所需的或电网方面可以延迟的投资。

4) 确认将电动汽车纳入电力市场的最适当方式, 其中包括评估智能电表时如何将电动汽车的存在考虑在内。

5) 调研并总结电力企业在电动汽车接入电网方面的实际经验、试点项目和研究成果。

6) 调研电动汽车充电系统和接口的标准化工作的相关信息。

7) 为评估电动汽车大规模接入的影响, 确定所需的研究模型和分析工具。

8) 确定未来电动汽车中电池的充放电能力和用户可能的需求, 以此来确定充放电二者之间的差距和机会, 如在快速充电(5min 或者更短时间)、中速充电、过夜的慢速充电 3 种情况下展开研究。

9) 从电网运营商和制造商收集关于电动汽车的技术、管理政策以及支持机制方面的信息, 以此来预测这种技术在未来的发展状况。

4.3 智能电表的技术、监管、标准和未来需求研究

智能测量(smart metering)的实现被认为是建立 ADN 的第 1 步。这是因为智能测量如果被发展为高级量测体系(advanced metering infrastructure, AMI), 将会给包括能源部门、电网运营商以及用户在内的各方利益相关者创造不同的价值。

目前, 能够支持 AMI 的商业系统已经存在, 但这些系统之间缺乏相互支持与协调。因此如果有开放的相关标准被广泛应用, 不同生产厂家的系统以及设备之间的兼容性将得到保证。

C6 组启动的智能电表的技术、监管、标准和未来需求研究包括如下内容:

1) 对不同国家在 AMI 方面的规范方法进行总结, 包括应用标准, AMI 开发技术、原理需求以及发展目标等。

2) 在世界范围内对 AMI 的发展前沿以及实际进展状况进行调研, 评估和比较已有的 AMI 标准和体系结构(包括以可编程逻辑控制器为主的通信技术解决方案、兼容性、通信协议以及数据结构等),

并绘制 AMI 技术路线图。

3) 对目前应用最广泛的通信标准和协议进行调研,比较并给出评价意见,如 IEEE/IEC 提出的技术标准、Zigbee、Homeplug 以及 Wifi 等。兼容性与安全性作为评价主要考虑因素。

4) 对已经应用于 AMI 的技术进行测试。

5) 收集考虑未来用户需求的各项智能电表功能并对不同功能进行分析。家庭能源管理系统(home energy management systems)以及接入电网的智能家电、负荷、混合动力汽车和智能测量关系紧密,C6 组在这个领域的建议将会对政策制定者、公共事业部门以及制造商提供引导与帮助。

4.4 微网的发展路线图研究

微网是一个包含分布式电源、储能装置和可控负荷的低压配电网络,它可与大电网并网运行,也可脱离大电网孤网自治运行。微网能给用户和电网带来很多显著效益,如提高能源利用率、降低能耗、减小对环境的影响、提高供电可靠性和网络运行效率等。在智能电网中,微网被作为一种新型的配电网络结构,它通过将众多小型分布式电源(容量一般小于 1MW)集合到低压配电网络,来充分发挥各个分布式电源的优点。

C6 组启动的微网发展路线图研究包括如下内容:

1) 定义并阐述微网的概念,研究其与商用或示范性虚拟电厂(virtual power plants, VPP)、主动配电网络等其他概念的区别。

2) 微网的市场管理,包括如何实现微网效益以及微网的运行由谁负责等问题。

3) 微网的控制元件和控制方法,包括微网的运行、已有的控制技术、微网偏向孤网运行的可行性、微网孤网运行的技术实现、需求侧管理、储能装置的投入时间等。

4) 发展微网的必要性,微网能给国家和世界带来的社会、技术、环境和经济方面的利益以及微网自身的效益,如满足特殊用户需求(停电损失等)。

5) 微网发展路线图,包括可替换的电力结构方案、最适合微网运行商业模式、微网的哪种效益能被量化等。

4.5 农村地区电气化研究

该项目主要研究低负荷密度地区利用可再生能源的新型供电模式及其与传统模式相比在技术、经济和政策方面所面临的机遇与挑战,主要研究内

容如下:

1) 微网在新农村电气化建设中的应用。

2) 结合可再生能源发展的需求以及农村电网的结构特点,可再生能源的接入方案和发展模式研究。

3) 各种融资方案和服务交付方式。

4) 农网系统接入分布式电源和微电网的升级改造技术原则。

5 2013—2016 年 C6 组关注的研究方向

C6 组未来主要关注以下方向^[17]:

1) 分析电力需求的发展,确定在需求侧集成中 DG 应满足的要求和应起到的作用。

2) 调研和总结考虑 DER、RES、DSI 等的主动配电网规划技术。

3) 评估 DER 的成本效益,其中包括确定 DER 可提供的附属服务。

4) 调研各国为了评估含 DER 的配电系统所采用的对标方法,包括需考虑的问题、所采用的指标和比较方法等。

5) 研究配电公司或配电运营商对 DER 集成的要求,梳理国际上所采用的配电网法规,指出“即插即用”DER 的功能、特性和技术要求,以推动终端用户和系统客户对 DER 的使用。研究 DER 的智能技术和管理系统,包括基本概念、控制功能、不同国家的研究项目和示范工程,总结现有技术的发展情况,提出新的信息资源和信息技术利用方式。研究在低负荷密度区域通过电网建设或新能源利用的方式供电所涉及到的相关技术、经济和组织问题。

6 结论和建议

为了在世界能源的有效利用、电力系统的可持续发展上做出贡献,在开展未来电网的研究过程中,本文认为:我国未来配电网新增规模是现在的 2 倍,需要考虑以何种模式发展的问题;我国用户停电时间一般为 9h,需考虑仅依靠分布式能源接入和“智能化技术”能否提高我国供电可靠性的问题;在我国电网建设方面尤其要考虑在提高可靠性方面的经济效益问题。

了解和参与 CIGRE 的相关研究项目,紧密跟踪国际前沿课题,开展前瞻性研究,借鉴发达国家成熟的科技项目启动和管理经验,有助于我国开展智能电网研究。C6 组的研究方向涉及了 CIGRE10

个未来技术研究方向中的 9 个, 内容涉及范围广, 建议我国相关部门加大对配电方面项目的科研投入, 积极参与核心技术研究, 加强仿真试验条件, 开展 DER 接入的研究。

致谢

中国电力科学研究院的梁惠施、刘思革、苏傲雪, 以及清华大学的程林、杨震、王小宇、鲁宗相参与了本文部分文字的翻译工作, 谨此致谢!

参考文献

- [1] 范明天, 张祖平. 我国配电网发展战略相关问题的研究[M]. 北京: 中国电力出版社, 2008: 1-30.
- [2] 曾庆禹. 我国未来电网建设从巴西电网大停电应吸取的经验[J]. 电网与清洁能源, 2010, 26(2): 3-8.
Zeng Qingyu. Lessons learned by China's future power grid construction from Brzilian blackout[J]. Power System and Clean Energy, 2010, 26(2): 3-8(in Chinese).
- [3] 胡学浩. 智能电网: 未来电网的发展趋势[J]. 电网技术, 2009, 33(14): 1-5.
Hu Xuehao. Smart grid: a development trend of future power grid[J]. Power System Technology, 2009, 33(14): 1-5(in Chinese).
- [4] 王明俊. 智能电网与智能源网[J]. 电网技术, 2010, 34(10): 1-5.
Wang Mingjun. Smart grid and smart energy resource grid[J]. Power System Technology, 2010, 34(10): 1-5(in Chinese).
- [5] 张智刚, 夏清. 智能电网调度发电计划体系架构及关键技术[J]. 电网技术, 2009, 33(20): 1-8.
Zhang Zhigang, Xia Qing. Architecture and key technologies for generation scheduling of smart grid[J]. Power System Technology, 2009, 33(20): 1-8(in Chinese).
- [6] 杜文娟, 王海风, 陈中. 英国智能电网研究综述[J]. 电网技术, 2009, 33(20): 9-13.
Du Wenjuan, Wang Haifeng, Chen Zhong. Research on smart grid in UK[J]. Power System Technology, 2009, 33(20): 9-13(in Chinese).
- [7] 邱晓燕, 夏莉丽, 李兴源. 智能电网建设中分布式电源的规划[J]. 电网技术, 2010, 34(4): 7-11.
Qiu Xiaoyan, Xia Lili, Li Xingyuan. Planning of distributed generation in construction of smart grid[J]. Power System Technology, 2010, 34(4): 7-11(in Chinese).
- [8] 杨德昌, 李勇, Rehtnz C, 等. 中国式智能电网的构成和发展规划研究[J]. 电网技术, 2009, 33(20): 13-21.
Yang Dechang, Li Yong, Rehtnz C, et al. Study on the structure and the development planning of smart grid in China[J]. Power System Technology, 2009, 33(20): 13-21(in Chinese).
- [9] 王明俊. 智能电网热点问题探讨[J]. 电网技术, 2009, 33(18): 9-17.
Wang Mingjun. Some highlights in relation to smart grid[J]. Power System Technology, 2009, 33(18): 9-17(in Chinese).
- [10] 赵珊珊, 张东霞, 印永华. 智能电网的风险评估[J]. 电网技术, 2009, 33(19): 7-11.
Zhao Shanshan, Zhang Dongxia, Yin Yonghua. Risk assessment of smart grid[J]. Power System Technology, 2009, 33(19): 7-11(in Chinese).
- [11] 钟金, 郑睿敏, 杨卫红, 等. 建设信息时代的智能电网[J]. 电网技术, 2009, 33(3): 12-18.
Zhong Jin, Zheng Ruimin, Yang Weihong, et al. Construction of smart grid at information age[J]. Power System Technology, 2009, 33(3): 12-18(in Chinese).
- [12] 林宇峰, 钟金, 吴复立. 智能电网技术体系探讨[J]. 电网技术, 2009, 33(12): 8-14.
Lin Yufeng, Zhong Jin, Felix Wu. Discussion on smart grid supporting technologies[J]. Power System Technology, 2009, 33(12): 8-14(in Chinese).
- [13] 张文亮, 刘壮志, 王明俊, 等. 智能电网的研究进展及发展趋势[J]. 电网技术, 2009, 33(13): 1-11.
Zhang Wenliang, Liu Zhuangzhi, Wang Mingjun, et al. Research status and development trend of smart grid[J]. Power System Technology, 2009, 33(13): 1-11(in Chinese).
- [14] 汤奕, Manisa P, 邵盛楠, 等. 中国、美国和欧盟智能电网之比较研究[J]. 电网技术, 2009, 33(14): 46-54.
Tang Yi, Manisa P, Shao Shengnan, et al. Comparative study on smart grid related R & D in China, the United States and the European Union[J]. Power System Technology, 2009, 33(14): 46-54(in Chinese).
- [15] Clark G W. The need for technology and intelligence in the future power system[R]. Paris, France: CIGRE, 2010.
- [16] 范明天. 配电系统与分散发电集成研究的国际动态: CIGRE 2008 中 C6 的研究方向[J]. 动力和电力工程师, 2008(4): 33-34.
- [17] Study Committee C6, Distribution Systems and Dispersed Generation. Strategic plan for the period 2007-2016[R]. Paris, France: CIGRE, 2007.



范明天

收稿日期: 2010-09-21。

作者简介:

范明天(1954), 女, 工学博士, 教授, CIGRE C6 中方委员, 研究方向为城市电网规划与应急管理, E-mail: mtfan@epri.sgcc.com.cn。

(责任编辑 杜宁)