

# 智能微电网研究综述

肖朝霞<sup>1</sup> 方红伟<sup>2</sup> 张献<sup>1</sup>

(1. 天津工业大学电气工程与自动化学院 天津 300160)

(2. 天津大学电气与自动化工程学院 天津 300072)

**摘要** 本文综述了智能电网和智能微电网的研究现状,总结了世界各国研究智能微电网的技术特点。并且从研究内容和智能微电网的结构上对欧盟、美国和日本所研究的项目进行了比较。

**关键词:** 智能电网 智能微电网 分布式发电 分布式能源

**中图分类号:** TM619

## A Research Overview of MicroGrids

Xiao Zhaoxia<sup>1</sup> Fang Hongwei<sup>2</sup> Zhang Xian<sup>1</sup>

(1. School of Electrical Engineering and Automation, Tianjin Polytechnic University Tianjin China 300160)

(2. School of Electrical Engineering and Automation, Tianjin University Tianjin China 300072)

**Abstract** This paper presents a research overview of SmartGrids and MicroGrids, and summarises the techniques used in MicroGrids up to date. The comparisons of research objectives and MicroGrid structures are investigated in the implemented projects of EU America and Japan.

**Keywords:** SmartGrid, MicroGrid, Distributed Generation, Distributed Energy Resource

## 1 引言

近年来的世界能源危机和美国、加拿大等国接连发生的大面积停电事故,使传统供能模式和电力网络的种种弊端暴露无遗。同时,根据环境保护、节能减排和可持续性发展的要求,全球能源技术领域关注的研究热点转向绿色清洁能源--风能和太阳能。另外,先进的通信技术、传感技术和测量技术及先进的控制方法得到了快速发展。所以,传统电力网络向智能电网的转变将成为 21 世纪电网改造的新方向。所谓智能电网<sup>[1-4]</sup>,就是电网的智能化,它是建立在集成的、高速双向通信网络的基础上,通过先进的传感和测量技术、先进的设备技术、先进的控制方法以及先进的决策支持系统技术的应用,实现电网的可靠、安全、经济、高效<sup>[5-23]</sup>。而在智能电网中,智能微电网由于其能利用绿色清洁能源,能分布于用户附近提高负荷侧的供电可靠性,及能实现能源梯级利用,节能环保,能源利用效率

高等,逐渐获得世界各国的青睐。

本文主要综述了智能电网及智能微电网的研究现状。第二部分将给出世界各地智能电网的研究现状;第三部分将给出智能微电网的研究现状;最后一部分给出本文的结论。

## 2 智能电网的研究现状

世界各国都积极展开了智能电网的研究。2006年,欧盟理事会的能源绿皮书《欧洲可持续的、竞争的和安全的电能策略》(A European Strategy for Sustainable, Competitive and Secure Energy)强调智能电网技术是保证欧盟电网电能质量的一个关键技术和发展方向。同年,美国 IBM 公司提出的“智能电网”解决方案。2008年,奥巴马上任后提出的能源计划,美国将着重集中对每年要耗费 1200 亿美元的电路损耗和故障维修的电网系统进行升级换代,建立美国横跨四个时区的统一电网;发展智能电网产业,最大限度发挥美国国家电网的价值和效

率，将逐步实现美国太阳能、风能、地热能的统一入网管理；全面推进分布式能源管理，创造世界上最高的能源使用效率。

我国对智能电网也给予了极大的支持。近日国家电网公布了“智能电网”的发展计划，制定了我国“智能电网”的战略目标，其目标为坚强化和智能化，其实质意义就是具备良好的抗打击能力、良好的对

应自然灾害的能力、良好的电力负载能力和传输效率、良好的扩展性及兼容性，以及能够具备对此电网进行整体监控和区域监控能力。世界各国智能电网建设实践如表 1 所示。

智能电网所具有的五个关键特征：

1) 自愈：对电网的运行状态进行连续的在线自我评。

表 1 世界各国的智能电网建设实践

Tab.1 The demonstration projects of SmartGrid in the world

实施机构	项目内容
美国 IBM 公司	与全球电力专业研究机构、电力企业合作开发了“智能电网”解决方案，标志着智能电网概念的正式诞生。
美国盐河工程公司	部署自动风暴检测装置，监控站内智能设备，2007 年 9 月 SRP 已经为 20 万用户安装了智能电表，实现远程抄表
华东电网	正式启动了智能电网可行性研究项目，并规划了从 2008 年至 2030 年的“三步走”战略，标志着中国开始进入智能电网领域。
美国第一能源公司	部署自动风暴检测装置，根据天气情况自动切换继电保护装置，以提高保护动作准确率。
Google 与通用电气	联合发表声明对外宣布，他们正在共同开发清洁能源业务，核心是为美国打造国家智能电网。
华北电力公司	华北电网稳态、动态、暂态三位一体安全防御及全过程发电控制系统在京通过专家组的验收。
艾克希尔能源	推动“节能开关”计划，进行需求侧管理和分时定价项目，并投资低 GHG (greenhouse gas 温室气体)、可再生能源发电和分布式发电等
长岛电力局	在电力线宽带和无线网络上实验，测试与配电网上的智能设备通信，自动抄表以及语音传输，作为未来自愈电网的技术基础
法国电力公司	正在以智能电网作为设计方针，重新设计其配电信息系统，这是欧盟 2007 年市场重构要求的一部分，一个新的研究项目将根据智能电网的原则，提高变电站自动化水平

估，并采取预防性的控制手段，及时发现、快速诊断和消除故障隐患；故障发生时，在没有或少量人工干预下，能够快速隔离故障、自我恢复，避免大面积停电的发生。

2) 互动：系统运行与批发、零售电力市场实现无缝衔接，支持电力交易的有效开展，实现资源的优化配置；同时通过市场交易更好地激励电力市

场主体参与电网安全管理，从而提升电力系统的安全运行水平。

3) 优化：实现资产规划、建设、运行维护等全生命周期环节的优化，合理地安排设备的运行与检修，提高资产的利用效率，有效地降低运行维护成本和投资成本，减少电网损耗。

4) 兼容：电网能够同时适应集中发电与分散发电模式，实现与负荷侧的交互，支持风电等可再生

能源的接入, 扩大系统运行调节的可选资源范围, 满足电网与自然环境的和谐发展。

5) 集成: 通过不断的流程优化, 信息整合, 实现企业管理、生产管理、调度自动化与电力市场管理业务的集成, 形成全面的辅助决策支持体系, 支撑企业管理的规范化和精细化, 不断提升电力企业的管理效率。

智能电网中包含大量的灵活的分布式能源 (Distributed Energy Resource) 是其重要特征之一。分布式能源 (DER) 的种类很多, 包括小水电、风力发电、光伏电源、微型透平、燃料电池和储能装置 (如飞轮 超级电容器、超导磁能存储和钠硫蓄电池等) [24-26]。一般来说, 其容量从 1 kW 到 10 MW 不等。而分布式能源以微型电网的形式接入中低压配电网由于其可以减少对电网的影响实现优势互补已成为智能电网的发展方向之一。

### 3 智能微电网的研究现状

智能微电网由于集成了大量绿色清洁的的分布式能源且能为用户提供更可靠和高质量的电能而成为智能电网发展的先行军。它是指将一定区域内分散的小型发电单元 (分布式电源) 组织起来形成一个微型网络为本区域的当地负荷供冷、热和电或与传统电网并联。

因此, 智能微电网可能给大电网带来的好处主要包括 [27-30]:

1) 智能微电网是将不同类型的发电单元组以利用不同发电单元的优势互补, 减少单个分布式电源可能给电网造成的影响, 同时方便配电网的运行管理。

2) 降低因电网升级而增加的投资成本, 降低输电损耗。

3) 减少大发电站的发电备用需求。

4) 提供负荷侧电压支持。

可能给用户侧带来的好处主要包括 [30-35]:

1) 智能微电网灵活的运行模式, 提高了用户侧的供电可靠性。

2) 电力电子装置的可控性, 有潜力为用户提供更高电能质量。

3) 智能微电网采用的大部分分布式电源是可再生能源和各种清洁能源, 能减少环境污染, 保持能源的可持续发展。

基于以上原因, “智能微电网”这个概念及其相关技术获得了世界很多国家的重视和推广。以欧盟、美国和日本为代表, 他们积极推广智能微电网技术, 并且已经取得了一定的进展, 他们的研究目标如表 2 所示。

欧盟第五框架计划 (1998-2002) 项目 [36]: “The Microgrids : Large Scale Integration of Micro-Generation to Low Voltage Grids activity”, 投资 450 万欧元, 由希腊雅典国立大学领导, 来自欧盟 14 个国家的组织和团体参加, 成员包括希腊、法

表 2 欧盟、美国和日本智能微电网发展目标

Tab. 2 Objectives of EU, America and Japan MicroGrids

目标	欧盟	美国	日本
供电可靠性		√	
减少电力供应带来的环境影响 (减小 CO <sub>2</sub> 等的排	√		√
减少投资成本		√	
提高分布式能源利用效率	√	√	
确保分布式电源的多样化			√
能孤岛运行	√		√

国、葡萄牙的电力公司和 EmForce、SMA、GERMANOS、URENCO 等著名公司, 以及 Labein、INESC Porto、the University of Manchester、ISET Kassel 与 Ecole de Mines 等大学和团体, 并在雅典、曼彻斯特、ISET 等地建立了智能微电网的实验平台。该研究项目的重心是如何将各种不同的分散的

小的电源连接成一个智能微电网, 并实现与配电网的连接。他们的研究内容主要包括智能微电网中分布式电源的控制、保护方案和智能微电网的实验室建设。在此研究基础上, 欧盟第六框架计划 (2002-2006) 项目 [37]: “Advanced Architectures and Control Concepts for More Microgrids”, 投资 850 万

欧元, 继续由希腊雅典国立大学领导, 同 Siemens、ABB、SMA、ZIV、I-Power、Anco、Germanos 及 EmForce 等公司合作, 重点研究多个智能微电网连接到配电网的控制策略, 协调管理方案, 系统保护和调度措施, 以及智能微电网对大电网的影响等内容。他们采用的智能微电网结构如图 1 所示。

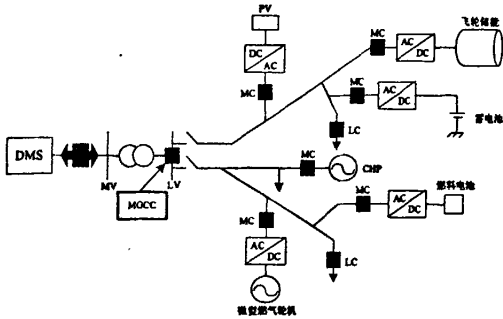


图 1 欧盟微电网结构图<sup>[36-37]</sup>

Fig. 1 EU MicroGrid topology

美国权威研究机构 CERTS 对智能微电网的概念及热电联产式智能微电网的发展做出了重要贡献<sup>[38-45]</sup>。CERTS 在威斯康辛麦迪逊分校建立了自己的实验室规模的测试系统, 并与美国电力公司合作, 在俄亥俄州 Columbus 的 Dolan 技术中心建立了大规模的智能微电网平台。美国电力管理部门与通用电气合作耗资 400 万美元, 为期两年的集控制、保护及能量管理于一体的智能微电网平台也在建设中。此外, 由加州能源认证资助, 已建成了首个商用智能微电网 DUIT。北方电力和国家新能源实验室 (NREL) 也已在 Vermont 州建立了乡村智能微电网, 用于检验智能微电网安装于乡村时所需要的技术革新和难点。他们的智能微电网结构如图 2 所示。

日本在分布式发电应用和智能微电网展示工程建设方面已走在了世界的前列<sup>[39-50]</sup>, 已分别在 Hachinohe, Aichi, Kyoto 和 Sendai 等地建立了智能微电网展示工程。在 Hachinohe 的智能微电网展示项目中, 其目标主要集中在研究间歇的可再生能源发电对智能微电网控制的影响, 分布式电源包括: PV、小型风力机和生物能发电。Aichi 的智能微电网展示项目, 主要研究分布式电源输出功率对负荷功率变化的跟踪能力, 分布式电源包括各种不同的燃料电池。Kyoto 的智能微电网展示项目中的分布式电源既包括各种可再生能源发电也包括各种燃料

电池, 目标是研究建立在通信基础上的能源管理系统。而 Sendai 的智能微电网展示项目中, 则包括不同类型的分布式电源和不同类型的负荷 (直流负荷和交流负荷), 并且一些保证负荷侧供电质量的装置被采用。他们采用的智能微电网结构如图 3 所示。

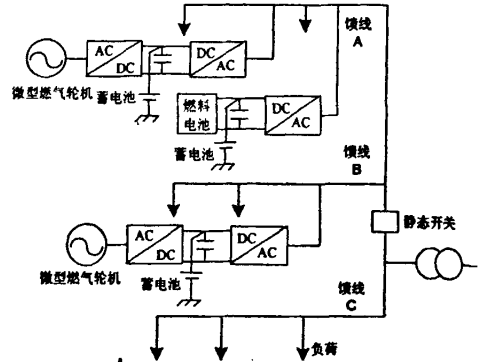


图 2 美国微电网结构图<sup>[38]</sup>

Fig. 2 CERTS MicroGrid topology

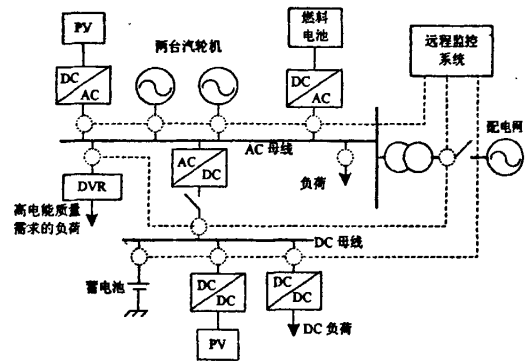


图 3 日本微电网结构图<sup>[46]</sup>

Fig.3 Japan MicroGrid topology

加拿大也积极进行了大量分布式发电的研究<sup>[51-53]</sup>, 但是他们所进行的分布式发电项目不是现在定义的严格意义上的智能微电网, 当然这也可能使今后智能微电网的形式更多样化。他们主要研究如何将已经存在的中小型水利发电、风力发电以及柴油机组发电联合起来应用。

我国对智能微电网的研究也给予了大量的支持<sup>[54-62]</sup>, 近几年在国家 863 和 973 计划中都分别支持了智能微电网的研究。到目前为止, 上海、广州和北京通过引进国外技术已经建成了近 10 座热电联产系统, 用于医院、机场、商业中心等场合, 如上海浦东国际机场能源中心、北京燃气集团调度指挥

中心热电厂项目。总之,智能微电网技术的发展和推广对我国智能电网及分布式发电的应用有重要意义,可带动相关行业的发展,并在节能、环保方面具有突出优势,是未来电力和能源发展的重要趋势。

#### 4 结论

本文综述了智能电网和智能微电网的研究现状。美国作为推行智能电网的主力军,在智能电网的概念、示范工程及商业运行等方面做出主要贡献。而在智能微电网的研究方面,欧盟、美国、日本及加拿大等国作出了主要贡献。

#### 参考文献

- [1] 世界电力工业概况 [Online]. Available: [http://www.sp.com.cn/sjdl/ggdlygk/200805/t20080515\\_104131.htm](http://www.sp.com.cn/sjdl/ggdlygk/200805/t20080515_104131.htm).
- [2] 廖斌,仇宏祥.标准化的智能电网提升电网安全[J].上海电力,2006,(6):584-588.
- [3] 谢开,刘永奇,朱治中,等.面向未来的智能电网[J].中国电力,2008,41(6):19-22.
- [4] 余贻鑫,奕文鹏.智能电网[J].电网与清洁能源,2009,25(1):7-11.
- [5] Moslehi K, Kumar A B R, Hirsch P. Feasibility of a self-healing grid - part I methodology and cost models [C]. IEEE Power Engineering Society General Meeting, 6-10 June, 2006.
- [6] Moslehi K, Kumar A B R, Hirsch P. Feasibility of a self-healing grid - part II benefit models and analysis [C]. IEEE Power Engineering Society General Meeting, 6-10 June, 2006.
- [7] Su Sheng, Li K K, Chan W L, etc. Agent-based self-healing protection system [J]. IEEE Transactions on Power Delivery, 2006, 21(2).
- [8] Baran Mesut, McDermott T E. Distribution system state estimation using AMI data [C]. IEEE Power Systems Conference and Exposition, 15-18 March, 2009.
- [9] Huibin Sui, Honghong Wang, Ming-Shun Lu, etc. An AMI system for the deregulated electricity markets [C]. IEEE Industry Applications Society Annual Meeting, 5-9 Oct., 2008.
- [10] Cleveland F M. Cyber security issues for Advanced Metering Infrastructure (AMI) [C]. IEEE Power and Energy Society General Meeting - Conversion and Delivery of Electrical Energy in the 21st Century, 20-24 July, 2008.
- [11] 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, 20-24 July, 2008.
- [12] Pipattanasomporn M, Feroze H, Rahman S. Multi-agent systems in a distributed smart grid: Design and implementation [C]. IEEE Power Systems Conference and Exposition, 15-18 March, 2009.
- [13] Chowdhury S P, Chowdhury S, Ten C F, etc. Operation and control of DG based power island in Smart Grid environment [C]. CIREC Seminar: SmartGrids for Distribution, 23-24 June, 2008.
- [14] Zhang X P. A framework for operation and control of smart grids with distributed generation [C]. IEEE Power and Energy Society General Meeting - Conversion and Delivery of Electrical Energy in the 21st Century, 20-24 July, 2008.
- [15] Mohd A, Ortjohann E, Schmelter A, etc. Challenges in integrating distributed Energy storage systems into future smart grid [C]. IEEE International Symposium on Industrial Electronics, June 30-July 2, 2008.
- [16] Dimeas A L, Hatzigiorgiou N D. Agent based control of Virtual Power Plants [C]. International Conference on Intelligent Systems Applications to Power Systems, 5-8 Nov., 2007.
- [17] Marken Paul E, Marczewski John J, D'Aquila Robert, etc. VFT - a smart transmission technology that is compatible with the existing and future grid [C]. IEEE Power Systems Conference & Exhibition, 15-18 Mar., 2009.
- [18] Distributed generation policy, USA [Online]. Available: <http://www.powerco.co.nz/NR/rdonlyres/1D8DB8E2-03FF-497C-B510-2AF09E233923/0/PowercoDistributedGenerationDGPpolicy.pdf>.
- [19] Energy Information Administration (EIA), US Department of Energy [Online]. Available: [http://www.eia.doc.gov/oil\\_gas/natural\\_gas/info\\_glance/natural\\_gas.html](http://www.eia.doc.gov/oil_gas/natural_gas/info_glance/natural_gas.html).
- [20] Draft Guide for Design, Operation, and Integration of Distributed Resource Island Systems with Electric

- Power Systems[S]. IEEE Standard P1547.4, 2008.
- [21] Distributed generation-the future for energy resources, EU [Online]. Available: <http://www.iea.org/dbtw-wpd/Textbase/work/2004/distgen/Minett.pdf>.
- [22] Commission of the European communities. A European strategy for sustainable, competitive and secure energy: Green paper. 2006.
- [23] European Renewable Energy Council. Renewable energy target for Europe: 20% by 2020 [Online]. Available:[http://www.erec-renewables.org/fileadmin/erec\\_docs/Documents/Publications/EREC\\_Targets\\_2020\\_def.pdf](http://www.erec-renewables.org/fileadmin/erec_docs/Documents/Publications/EREC_Targets_2020_def.pdf)
- [24] 国家发展改革委. 能源节约与资源综合利用“十一五”规划[R]. 2007.
- [25] 梁振锋, 杨晓萍, 张婷. 分布式发电技术及其在中国的发展[J]. 西北水电, 2006, 1: 51-53.
- [26] 王仲颖, 李俊峰, 梁志鹏, 等. 2002 中国新能源和可再生能源发展分析[R]. 国家发展委员会, 2002.
- [27] Distributed generation[Online]. Available: <http://www.theiet.org/factfiles>.
- [28] European Renewable Energy Council. Renewable energy scenario to 2040: half of the global energy supply from renewables in 2040[R]. May 2004.
- [29] G. Pepermans, J. Driesen, D. Haeseldonckx, and et al. Distributed generation: definition, benefits aissues[J]. Energy Policy, 2005, 33(6): 787-798.
- [30] European Technology SmartGrids Platform. SmartGrids: Vision and strategy for European electricity networks of the future[Online]. Available: <http://www.smartgrids.eu/documents/vision.pdf>
- [31] Using distributed energy resources--a how-to guide for federal facility managers[Online]. Available: <http://www1.eere.energy.gov/femp/pdfs/31570.pdf>.
- [32] T. Kawabata and S. Higashino. Parallel operation of voltage source inverters[J]. IEEE Transactions on Industry Applications, 1988, 24(2): 281-287.
- [33] D. Shanxu, M. Yu, X. Jian, and et al. Parallel operation control technique of voltage source inverters in UPS[C]. IEEE International Conference on Power Electronics and Drive Systems, Hong Kong, 1999: 883-887.
- [34] M. Barnes, J. Kondoh, H. Asano, and et al. Real-world MicroGrids - an overview[C]. IEEE International Conference on System of Systems Engineering, USA, 2007: Z535-Z542.
- [35] N. Hatzigiorgiou, H. Asano, R. Iravani, and et al. An overview of ongoing research, development, and demonstration projects [J]. IEEE power & energy magazine, 2007: 78-94.
- [36] European Research Project MicroGrids [Online]. Available: <http://MicroGrids.power.ece.ntua.gr>.
- [37] European Research Project More MicroGrids [Online]. Available: <http://MicroGrids.power.ece.ntua.gr>.
- [38] R. Lasseter, A. Akhil, C. Marnay, and et al. White paper on integration of distributed energy resources--the CERTS MicroGrid concept [Online]. Available: [http://certs.lbl.gov/pdf/LBNL\\_50829.pdf](http://certs.lbl.gov/pdf/LBNL_50829.pdf).
- [39] J. Driesen, P. Vermeyen, and R. Belmans. Protection issues in microgrids with multiple distributed generation units[C]. Fourth Power Conversion Conference, Japan, 2007: 646-653.
- [40] W. E. Feero, D. C. Dawson, J. Stevens and et al. White paper on protection issues of the MicroGrid concept [Online]. Available: <http://certs.lbl.gov/pdf/Protection-mg.pdf>.
- [41] F. Van Overbeeke, and V. Roberts. Active networks as facilitators for embedded generation[C]. IQPC Conference on Embedded Generation within Distribution Networks, 2002.
- [42] R. H. Lasseter and P. Piagi. MicroGrid: a conceptual solution[C]. Power Electronics Specialists Conference, IEEE 35th Annual, Germany, 2004, 6: 4285-4290.
- [43] US Department of Energy Electricity Distribution Programme. Advanced distribution technologies and operating concepts - MicroGrids [Online]. Available: <http://www.electricdistribution.ctc.com/MicroGrids.htm>.
- [44] J. Stevens, H. Vollkommer, and D. Klapp. CERTS MicroGrid system tests[C]. IEEE Power Engineering Society General Meeting, USA, 2007, p4275559.
- [45] V. Budharja, C. Martinez, J. Dyer, and M. Kundragunta. Grid of the future white paper on interconnection and controls for reliable, large scale integration of distributed energy resources [Online]. Available: <http://certs.lbl.gov/pdf/CERTS-Interconnection.pdf>.
- [46] S. Morozumi. Overview of MicroGrid research and development activities in Japan[C]. International Symposium on MicroGrids, Montreal, 2006.
- [47] S. Morozumi. Micro-grid demonstration projects in Japan[C]. Fourth Power Conversion

- Conference-NAGOYA, Japan, 2007: 635-642.
- [48] S. Morozumi, K. Nara. Recent trend of new type power delivery system and its demonstrative project in Japan[J]. IEEJ Transactions on Power and Energy, 2007, 127(7): 770-775.
- [49] B. Kroposki, C. Pink, T. Basso, and R. DeBlasio. MicroGrid standards and technology development[C]. IEEE Power Engineering Society General Meeting, USA, 2007, p4275819.
- [50] T. Funabashi and R. Yokoyama. MicroGrid field test experiences in Japan[C]. IEEE Power Engineering Society General Meeting, Canada, 2006, p1709312.
- [51] L. Dignard-Bailey and F. Katiraei. Overview of MicroGrid research and development activities in Canada [Online]. Available: <http://www.ctec-varennes.nrcan.gc.ca/>.
- [52] J. Driesen, and F. Katiraei. Design for distributed energy resources[J]. IEEE Power and Energy Magazine, 2008, 6(3): 30-40.
- [53] Microgrids: An emerging paradigm for meeting building electricity and heat requirements efficiently and with appropriate energy quality[Online]. Available: <http://eetd.lbl.gov/EA/emp/der-pubs.html>.
- [54] 周小谦. 中国电力改革和推进热电联产、分布式供电的发展[J]. 热电技术, 2006, 2: 1-3, 14.
- [55] 王守相, 李晓静, 肖朝霞. 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.
- [56] 王成山, 马力, 王守相. 基于双 PWM 换流器的微型燃气轮机系统仿真[J]. 电力系统自动化, 2008, 32(1): 56-60.
- [57] Zhaoxia Xiao, Jianzhong Wu, Nick Jenkins. An Overview of MicroGrid Control [J]. Intelligent Automation and Soft Computing, 2009.
- [58] 王成山, 肖朝霞, 王守相. 微网中分布式电源逆变器的多环反馈控制策略研究[J]. 电工技术学报, 2009, 24(2):100-107.
- [59] 王成山, 肖朝霞, 王守相. 微网综合控制与分析[J]. 电力系统自动化, 2008, 32(7): 98-103.
- [60] 肖朝霞, 王守相, 王成山. 含多微型源的微网小信号稳定性分析[J]. 电力系统自动化, 2009, 33(6): 81-85.
- [61] 鲁宗相, 王彩霞, 闵勇, 等. 智能微电网研究综述[J]. 电力系统自动化, 2007, 31(19): 100-106.
- [62] 丁明, 包敏, 吴红斌, 等. 复合能源分布式发电系统的机组组合问题[J]. 电力系统自动化, 2008, 32(6): 46-50.

---

#### 作者简介

肖朝霞 女, 1981年生, 博士后, 讲师, 现研究方向为智能电网、微型电网等, Email: Zhaoxia\_xiao@yahoo.com.cn.

方红伟 男, 1977年生, 博士后, 讲师, 研究方向为电机及其控制、风力发电等, Email: Hongwei\_fang@tju.edu.cn.

# 智能微电网研究综述

作者: 肖朝霞, 方红伟, 张献

作者单位: 肖朝霞, 张献(天津工业大学电气工程与自动化学院 天津 300160), 方红伟(天津大学电气与自动化工程学院 天津 300072)

本文链接: [http://d.g.wanfangdata.com.cn/Conference\\_7246781.aspx](http://d.g.wanfangdata.com.cn/Conference_7246781.aspx)

授权使用: 武汉大学(whdx), 授权号: 5d18d316-b523-451e-8579-9e290112d705

下载时间: 2010年11月9日