

分布式能源及电能有效利用

——第20届国际供电会议(CIRED 2009)4组研究内容简介

◆ 范明天

(中国电力科学研究院, 北京 100192)

中国电机工程学会理事长陆延昌一行15人于2009年6月7~13日出席了在捷克共和国首都布拉格召开的第20届国际供电会议(CIRED 2009)。大会共收录论文650篇,分6个专业组进行讨论和交流。大会共收录中国的论文36篇。会议期间,多个国际知名电力设备厂家的新技术、新设备进行了展览。由于欧洲的社会经济外部条件及配电网内容技术条件(如社会、经济、环境和法律以及配电网现状和未来发展趋势等)与我国现阶段的配电网相比有较大的差异,本文主要介绍一些欧洲在配电网方面原创性的研究思路和方法,同时概要介绍CIRED 2009会议内容,主要介绍4组“分布式能源及电能有效利用”的论文概况。

1 大会总体情况

1.1 总体思路

鉴于降低碳排放、提高能源有效利用和开发可持续发电方法的巨大压力,电力系统现在已经进入了分布式能源和电能有效利用的前所未有的重要时刻。欧盟气候和能源报告要求欧洲国家2007~2020年要达到3个20%的目标,即降低排放量20%、提高能源利用效率20%和可再生能源利用率达到20%。欧洲配电网目前面临的最大挑战是,不仅需要在其供电区域内接入大量小规模的分散发电,而且在经济危机和能源更加有效利用的外部条件下,还需要应对还在缓慢增长的电力负荷。欧盟国家早在2005年就启动了许多与智能电网(smart grids)相关的研究与实验项目,现在已经积累了许多经验和体会。在不远的将来,现有的智能电网技术就可以用来提高配电网的性能并降低其费用。因此,为满足这些要求,以可持续的费用保证有足够的电力供应,欧洲现有配电网目前主要的问题在于,要在配电网投

资和可持续发展方面进行可行的变革。

2009年的国际供电会议就是在这样的背景下召开的。本次CIRED会议留给我们的整体印象是:欧洲各供电企业的领导直接参与,年轻学者冲锋陷阵,大学、研究机构及各国的供电企业的专业人士认真研讨,各种新思想和新概念层出不穷,有些令人目不暇接。CIRED 2009的主旨是:为了可持续发展的未来进行配电领域的创新(Innovation of Electricity Distribution for Sustainable future)。与过去一样,CIRED 2009大会内容包括4大部分:主旨报告大会、技术讲座、分组技术交流和设备展览。各技术组的活动包括圆桌会议、研究创新论坛、论文交流和张贴等4部分。

本次会议覆盖了许多有关分布式能源(DER)和电能有效利用的议题,论文的质量和数量均给大家留下了深刻的印象。

1.2 主旨报告

CIRED组织委员会主席Headley博士介绍了捷克共和国的配电系统情况。大会的4个主旨报告及报告人分别为:

(1) 配电在未来电力可持续发展中的角色,欧洲能源委员会Ramunas Linartas先生, European Commission, DG TREN, Electricity and Gas Unit

(2) 电网运营商业向技术创新、发展与应用提出的要求, Dr. Joachim Schneider, RWE(能源)董事

(3) 确保技术创新的实际应用, Ralf Christian, 西门子能源公司配电部首席执行官

(4) 智能电网的角色, Bob Gilligan, GE能源T&D 副总裁

1.3 技术讲座

6个技术讲座分别为:老旧设备的管理、扰动

负荷的评估、配电系统过电压保护、大规模风电接入系统的成本效益分析、虚拟电厂的未来——技术和商业、接入分布式电源的有源配电系统管理。

1.4 专业组及论文

大会共分6个专业组：

(1) 电网设备 (Network Components) (112 篇论文)

(2) 电能质量和电磁兼容 (Power Quality & EMC) (103篇论文)

(3) 运行、控制和保护 (Operation Control Protection) (124篇论文)

(4) 分布式能源及电能有效利用 (Distributed Energy Resources and Efficient Utilization of Electricity) (116篇论文)

(5) 配电系统和发展 (Power Distribution System Development) (121篇论文)

(6) 管理 (The Distribution Network as Electricity Market Place and Impact of Regulation) (79篇论文)

2 大会技术讲座内容介绍

2.1 技术讲座1: 老旧设备的管理

讲座指出：现代资产管理技术，有必要使用基于风险的方法进行计划、调整和优化投资决策，也越来越有必要根据财政成本/效益分析对工程问题进行决策，以便有效地与高级决策者交流对当前和未来的投资需求。目前已经开发了许多技术，以协助进行这一沟通，目的是向工程师和决策者提供所需的数据以便进行有效的资产管理政策。讲座还探讨了一些已经成功部署的可以有效地迎接网络老化挑战的工具和技术。现有设备的可持续利用是下届会议研究的主题，值得国内工程技术人员关注。

该讲座从现有技术、基于状态的资产管理、利用金融风险管理网络投资以及管理的现场经验和网络老龄化等4方面论述了老旧设备的管理工作。

(1) 现有技术：①管理老化基础设施的挑战；②PAS 55作为考绩制度最佳框架的实践；③投资实例。

(2) 基于状态的资产管理：①有效利用状态数据；②工程方面的专业知识的重要性；③处理“稀疏”数据的技术；④健康指标作为一种管理工具。

(3) 利用金融风险管理网络投资：①基于状态方法的限制条件；②后果及危害性；③金融风险；④作为决策工具的现值优化。

(4) 管理的现场经验和老龄化网络：①投资的优先次序和制约因素；②基于状态的数据和决策的例子；③利用金融风险指标作为基准测试结果。

2.2 技术讲座2: 扰动负荷的评估

该讲座从基础知识、技术规则评估网络扰动和国际电工委员会技术报告评估排放限值3方面论述了扰动负荷评估方面的主要问题。

(1) 基础知识：①电能质量、电压质量和电磁兼容性；②统筹排放的基本原理和模型；有关标准（如IEC61000、EN50160）；③评估排放量限制的一般方法；④短路功率的网络阻抗概念。

(2) 技术规则评估网络扰动：①概况和应用原则；②选择干扰现象的评估方法；③产生装置的特殊问题；④示例。

(3) 国际电工委员会技术报告评估排放限值：①IEC 61000-3-6、61000-3-7、61000-3-13的概况；②原则和方法的应用；③选择干扰现象的评估方法。

2.3 技术讲座3: 配电系统过电压保护

该讲座从保护措施、避雷器的功能与设计、避雷器的应用、避雷器趋势和发展等方面详细地论述了配电系统过电压保护的相关问题。

(1) 配电系统过电压：①闪变电流和由此产生的过电压；②电流和过电压的参数；③通过耦合变压器的过电压。

(2) 保护措施：①接地屏蔽电线；②避雷器；③两者的结合；④接地。

(3) 避雷器的功能与设计：①避雷器的功能；②重要的参数和特点；③应用针对不同的典型设计。

(4) 避雷器的应用：①绝缘配合；②防护距离；③协调避雷器；④典型的装置；⑤特别案件。

(5) 趋势和发展：①标准化；②研究与发展；③商业方面。

2.4 技术讲座4: 大规模风电接入系统的成本效益分析

风力发电已成为许多政策制定者正在广泛考虑的问题。电力系统30%或更多的电能将来自可再生能源。风能在许多国家将发挥重大作用，不再被视为只是一种“负负荷 (negative load)”。它变



得很重要,将以具有成本效益的方式提供强大的能源,支持电力系统以及辅助服务。多数大型现代风力涡轮机能够利用电力电子技术控制速度,或者通过变速操作或者通过双馈异步发电机或充分利用额定功率转换器来控制速度。在现代大型风力发电场使用的风能资源和发电类型的技术将给配电工程师带来新的挑战和机遇。该讲座简要介绍了大规模风力发电的费用有效整合、风力发电的背景。

(1) 风力发电: ①风能资源的特性; ②风力发电的基础; ③现代风力涡轮机(DFIG和FRPC); ④风力涡轮机的控制,遵守输电法和提供辅助服务。

(2) 具有风力发电的电网规划: ①对配电网的影响; ②用于管理网络限制条件的解决方案; ③电网的规划和发展。

(3) 风力发电集成系统的成本和效益: ①处理间歇性的风能; ②风力发电量化的成本和效益; ③风能的商业化集成。

(4) 更好地了解预期效益: ①风力发电; ②输电法规,提供配套服务; ③网络对风力发电和制约因素的影响。

2.5 技术讲座5: 虚拟电厂的未来——技术和商业

该讲座介绍了输电网的能源市场、平衡机制和拥塞管理;介绍了输电网和配电网对于今天拥塞管理的主要区别;指出了分布式能源(DER)集成所导致的技术和商业方面的问题以及目前用于解决这些问题的技术。

(1) 输电网级的能源市场的平衡机制,拥塞管理。

(2) 输电网络和配电网络对于今天拥塞管理的主要区别。

(3) 主动网络和主要经济利益在规划层次的原则。

(4) CVPP(Commercial Virtual Power Plant)的概念,商业集成的架构,增值CVPP。

(5) TVPP(Technical Virtual Power Plant)的概念,简单的例子。

(6) 控制系统的总体结构。

(7) CVPP和TVPP的成本效益分析。

(8) 具有TVPP的实时电压控制。

2.6 技术讲座6: 接入分布式电源的有源配电系统管理

该讲座指出传统配电自动化技术与分布式能

源管理一体化的挑战包括:与分布式能源整合的信息模型,能够与分布式能源整合的自适应保护系统。该讲座简要介绍了有源配电系统的重要发展,用实例说明这些系统的发展情况及在世界各地的进展。

(1) 分布式资源整合架构的例子: ①通信基础设施的发展; ②信息模型的要求; ③集中与分布式控制的主要因素。

(2) 分布式资源与配电管理系统的集成: ①配电管理系统的功能; ②主动管理网络控制器; ③分布式资源的影响——潮流、电压控制、无功管理、损耗。

(3) 高级测量表计在分布式资源整合中的作用: ①先进的计量作为执行需求侧反应的界面; ②通信基础设施的考虑; ③信息管理方面的考虑; ④基于先进的计量数据的主动客户模型开发。

(4) 用于可靠性和分布式资源整合的先进保护系统: ①分布式发电对保护的影响; ②先进的保护办法。

(5) 规划和实时运行的仿真工具: ①将主动客户模型嵌入分布模拟工具; ②主动配电管理的模拟方法; ③具有分布式资源的配电系统规划。

(6) 标准的开发和互操作性: ①CIGRE C6.11; ②公共信息模型; ③通信基础设施和标准; ④先进的计量标准。

3 第4组——分布式能源及电能有效利用

3.1 术语定义

DER: 分布式能源

efficient utilization of electrical energy: 电能有效利用

ICT: 智能通信技术

Smart Box: 智能模块

ANM(Active Network Management): 主动网络管理

FENIX: Flexible Electricity Networks to Integrate the eXpected 'energy evolution

3.2 总体情况

本届会议强调的是: ①“分布式资源”(DER, Distributed Energy Resources)而不是简单的“分布式发电”(DG, Distributed Generation); ②“电能有效利用”(Efficient Utilization of Electricity),而不是原来简单的“管理和利用”(Management

and Utilization)。因此，第4组的名称已改为“分布式资源及电能有效利用”(Distributed Energy Resources and Efficient Utilization of Electricity)，而不是原来简单的“分布式发电及管理利用”(Distributed Generation and Management and Utilization)，更好地描述了电力系统面临的机遇和挑战。

第4组包括圆桌会议、研究创新论坛、论文交流和张贴4部分内容，所有论文分3种情况发表：科研创新论坛(RIF)、分组交流和论文张贴。共录用论文116篇，其中科研创新论坛(RIF)27篇、分组交流15篇、论文张贴74篇。

圆桌会议的贡献在于提供了目前关于需求的灵活性和分布式发电解决方案的经验、研究成果及宝贵的见解，特别是注重给出需求侧的各种机会。

RIF会议在创意、研究和解决方案方面，对技术交流会议和圆桌会议的主题有众多的互补性，对正处于探索新兴议题和其他创新方法的讨论，提供了一个表达意见和从事研究充满活力的环境。

各部分的论文篇数分布如表1所示。

表1 第4组116篇论文的分布情况

部分	名称	内容	论文篇数
1 (共36篇)	稳定、故障及影响因素的分析及其新技术(Analysis of Stability, Faults, Impacts, and New Technologies)	科研创新论坛(RIF)	4
		分组交流	4
		论文张贴	28
2 (共24篇)	用户侧的发展与创新(Customer Side Developments and Initiatives)	科研创新论坛(RIF)	4
		分组交流	3
		论文张贴	17
3 (共28篇)	网络的集成与规划(Grid Integration and Planning)	科研创新论坛(RIF)	11
		分组交流	4
		论文张贴	13
4 (共28篇)	具有DG/DER的配电系统的运行、控制和保护(Operation, Control and Protection of Distribution Systems with DG/DER)	科研创新论坛(RIF)	8
		分组交流	4
		论文张贴	16

从表1可以看出，由于发表论文的时间有限，除重大题目或作者选择分组交流外，各部分论文的发表以张贴为主，而以第3和第4部分论文安排的科研创新论坛(RIF)比重较大，对我国现在开展的智能电网研究较有参考意义。

3.3 圆桌会议(RT)内容介绍

本组圆桌会议给出了来自欧洲三大框架的项

目以及来自美国的经验。这些研究表明，需求的灵活性和分布式发电可以不仅用于提高能源效率，而且还能在网络和市场方面提供有价值的支持。本组圆桌会议的主题和基本内容如下：

(1) 虚拟电厂运行(Virtual Power Plant Operation)

主要讨论欧洲3个现有的大项目FENIX、ADDRESS和EU-DEPP，并探讨协调大规模DER和负荷侧管理(DSM)产品的可能性，以便提供可替代传统电力生产能源的市场选择方案。发言者主要提供这3个现有大项目的最新动态，并讨论这些项目提供的机会和挑战，开发以DER、配电管理系统(DMS)和虚拟电厂(VPP)为基础的商业模式。

讨论的内容为：①FENIX：大规模DER的技术和商业集成；②ADDRESS：DSM和蓄能的集成；③EU-DEPP：市场化DER集成的商业模式。

(2) 需求侧对于能源有效利用的贡献(Demand-side Contribution to Energy Efficient)

主要讨论如何实时优化网络的潮流而尽可能使需求侧最大程度地柔性化，从而寻找释放配电网供电潜力的机会。讨论内容包括：电动汽车对网络平衡运行的可能性，基于智能通信技术(ICT)对管理负荷曲线的作用，智能BOX与智能电表的结合如何提高需求侧的能源利用效率，并探讨这些概念对于智能电网运行发展的贡献。

讨论的内容为：①关于释放配电网供电潜力的机会；②关于适应智能网络的智能房屋；③设计和开发创新性的室内用能设备：基于现有的意大利配电公司(Enel)的AMM结构，向智能BOX发展的第一步。

(3) 接入DER对网络集成的挑战

主要讨论围绕DER大规模接入对现有网络的挑战。从全球的视野看EPRI关于智能网络的初始创意，关于筛查大量分布式发电(DG)接入网络需求的实际快速搜索方法，研讨关于可变和可见两种形式的集中和分布式发电的特定挑战，研讨关于大规模间歇性发电对UK和爱尔兰电力市场的影响。

讨论的内容为：①EPRI关于智能网络的初始创意；②DER集成的真正挑战；③筛查DG相互连接的需求；④大规模间歇性发电对UK和爱尔兰电力市场的影响。



(4) 圆桌会议中的其它部分内容

①通过输出模式识别对可再生微型发电机进行智能计量；

②葡萄牙EDP集团在微型发电方面的经验和展望；

③分布式发电对法国配电公司(ERDF)的输电网损耗、成本转移以及投资的影响；

④具有分布式能源(DERS)低压微电网的电压最优化(现场测试情况)；

⑤微网可以给电网运行提供一个新模式吗？对微网的技术、商业以及环境各种收益的评估；

⑥对接入中压配电网的分布电动车进行技术评估。

3.4 各部分技术交流及RIF会议的情况介绍

第4组技术交流主要突出了DER与整个配电系统的各个电压等级网络集成的复杂问题，特别关注以下几个方面：系统的稳定性、故障的水平、电压的调节、控制系统、潮流管理和保护合作协调。也提出了配电网的规划与运行集成考虑的观点。提交了一些最尖端的研究和创新的解决方案，其中包括一些以实验室模拟和现场试验为基础的研究成果。

Block 1: 稳定、故障及影响因素的分析及其新技术(Analysis of Stability, Faults, Impacts, and New Technologies)

该部分汇集了处理配电网的分析方法方面的论文，例如稳定、故障、影响因素和新技术。典型的英国网络应用表明，不同规模DG对网络的影响及好处与协调控制有关，认为受经济、技术和环境等方面影响。

RIF会议提出的进一步研究的课题：

(1) 配电系统相关稳定标准与输电系统相关稳定标准的比较；

(2) 对配电系统稳定评估标准的挑战，以及现有模式的充足性；

(3) DG对实际网络总故障水平的贡献，对短路研究及影响范围(本地或广域)的影响识别和定量分析在各种网络集成DG的主要制约因素；

(4) 可以在现有网络中有效集成DG的最有发展前景的技术，以及这些技术的竞争力。

Block 2: 用户侧的发展与创新(Customer Side Developments and Initiatives)

该部分汇集了处理客户侧的问题方面的论文，

例如提高能源效率的举措、智能仪表、电动车和微型发电集成等。有些论文还包括具体的分析和技术进步，特别是微型发电技术(包括太阳能、热/冷联合和电源)、微型发电一体化、终端使用效率、电动汽车和运输、集中讨论热电联产、光伏的专题等。

RIF会议提出的进一步研究的课题：

(1) 提出切合实际的时间表，以期发展微型及国内水平的配电系统。具备的功能有：与电动汽车的网络集成、支持需求响应和微型发电的智能仪表等；

(2) 可能阻碍发展的客户端的重大现实问题，接入数以百万计的主动响应客户；

(3) 网络的规划以及运行中考虑客户端响应适应性的新方法。

Block 3: 网络的集成与规划(Grid Integration and Planning)

该部分论文讨论了一系列议题，包括网络运营商所面临的集成DG的复杂挑战，通过各种途径优化网络运营和今后的设计，开发新的工具处理DG对配电网和市场一体化的影响，以及进行一些案例研究。

已确定许多复杂的挑战与DG集成化的研究方向。该配电网的主动网络管理(ANM)的概念吸引了越来越多的研究和试点项目，在一些欧洲国家，ANM技术被看作是一个重要的有利的技术，以促进有效的DG集成化。

RIF会议提出的进一步研究的课题：

(1) 具有分布式发电配电网的优化设计政策和战略投资方法；

(2) 通过优化PV/风力发电和存储系统的规模，从而提高Microgrid可靠性的方法；

(3) 微型风力发电接入对网络的影响；

(4) 采用非网络的方法解决网络问题及对网络设计的影响；

(5) 现有网络集成DG的关键要素：VPP, Micro-Grids, Active Networks, Active Cells, Intelligent Networks等。

Block 4: 具有DG/DER的配电系统的运行、控制和保护(Operation, Control and Protection of Distribution Systems with DG/DER)

该部分包括主动配电网管理方面的工作，从减轻DG/DER对现有的基础设施(保护和控制)潜

在的不利影响,到解决由于DG/DER的连接和操作引起的制约因素,例如电压和电路的热稳定极限。这个部分的议题没有过于密切相关的子课题,把它作为一个整体来看更有意义。几篇论文中均提到Smart Grids,并采取合理的具有同义词的新方法来管理积极配电网。

RIF会议提出的进一步研究的课题有:

- (1) 配电系统中的智能节点——从辐射运行过渡到网状运行;
- (2) 在有源配电网内控制潮流在热稳定极限范围内的技术;
- (3) 中压电网分布式资源自动化安排的过程;
- (4) 使用天气预报数据预测配电网实时容量的方法。

4 工作建议

CIRE 2009的论文强调了由DG(分布式电源)到DER(分布式能源)的转变,即智能电网向智能网络的转变。今年出现了电网、热网、蓄能和DSM集成优化的论文。欧洲配电网的发展空间有限,负荷年增长率较低(仅1%~2%),为实现欧洲2020年3个20%的目标,即降低排放量(降损)20%、提高能源利用效率20%和DG接入率达到

20%,这些研究考虑了欧洲配电网的本身技术水平和发展阶段、外部社会经济条件及未来发展需求,这对我国现在开展的智能电网研究内容有一定的参考意义。

本文试图给出CIRE 2009研究内容的全貌,但并非有“他山之石,可以攻玉”之意。欧洲的社会经济外部条件及配电网技术条件与我国的社会、经济和电网情况差异较大,因此,我们有必要深入地了解他人原创性研究的基本意图,以避免盲人摸象或断章取义式的研究方法。■



作者简介:

范明天,女,工学博士,教授级高工,中国电机工程学会高级委员,CIGRE C6组中方委员,CIRE 4组顾问委员。中国电力科学研究院杂志社总编。主要研究方向:电力系统经济运行、城市电网规划、城市电网应急管理、配电自动化规划、离散无功优化计算方法研究。有长期从事国内城市电网规划及相关工作的经验。在国内外技术刊物上发表论文50多篇,主要著作有《配电网规划与设计》、《中国配电网发展战略相关问题研究》、《中压配电电压等级优化与改造》。国家电网公司企业标准Q/DGW 156—2006《城市电力网规划设计导则》主要起草人。

(上接第22页)

多人,产销能力超过2亿台,工业总产值200亿元人民币以上。但是先进量测信息架构(AMI)的研究和建设不仅是电工仪器仪表行业一家之力,需要集成以电子、信息、通信为首的ITC行业近30年高速成长的智慧,需要整合政府、高校、科研院所,特别是产业界的资金、技术和人才。组建智能电网先进量测信息架构(AMI)官产学研创新联盟能有效整合各方的资源和智慧,对建设有中国特色智能电网具有战略意义。■



作者简介:

秦毅,男,博士。深圳市天智系统技术有限公司总经理。中国传感网络标准组智能电网项目组召集人。长期从事电力系统通信、无线传感网络、智能电网的研发和标准化。

参考文献

- [1] ZigBee Document 074855r04.The ZigBee PRO Stack Profile. ZigBee Alliance, 2007
- [2] Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc. IEEE Std 802.15.4 2003, IEEE standard for information technology telecommunications and information exchange between systems . Local and Metropolitan Area Networks . Specific Requirements Part 15.4: Wireless Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications for Low Rate Wireless Personal Area Networks (WPANs). New York: IEEE Press. 2003