

An Overview of Influence on the Grid by Distributed Generation Access

Fan Yang, Mengnuo Duan, Zhang Zhang, Yingying Liu, Jing Xu

Economic Research Institute of Tianjin Electric Power Company, Tianjin
Email: 870415059@qq.com

Received: Feb. 7th, 2017; accepted: Feb. 20th, 2017; published: Feb. 23rd, 2017

Abstract

As the development of social economy, cascading failures caused by grid's single power supply mode have happened some times, and that can't meet the demand of social economy development. On the other hand, energy shortage and environmental pollution problem is inevitable for grid construction. Distributed generation represented by renewable energy generation is flexible, safe and clean, and it provides a new idea to relieve the shortage of energy, solve the environmental pollution problem, and improve the reliability and flexibility of the grid. This paper analyzes the influences on grid by distributed generation access and the problems of distributed generation access. The development direction of distributed generation is proposed.

Keywords

Distributed Generation, Grid Planning, Grid Reliability

分布式电源接入对电网的影响综述

杨帆, 段梦诺, 张章, 刘英英, 徐晶

国网天津市电力公司经济技术研究院, 天津
Email: 870415059@qq.com

收稿日期: 2017年2月7日; 录用日期: 2017年2月20日; 发布日期: 2017年2月23日

摘要

随着社会经济的飞速发展, 由于供电模式单一导致的连锁故障在大电网中的屡次发生, 无法社会发展的需求; 另一方面, 能源短缺、环境污染问题愈发严重, 已经成为电力建设不可避免的问题。以可再生能源为主的分布式电源具有灵活、安全、清洁等特点, 为节省投资、降低能耗与污染、提高电力系统可靠

性与灵活性提供了新的思路。本文从多个角度分析了分布式电源接入对电网的影响，以及现状分布式电源接入电网存在的问题，并对未来分布式电源的发展方向提出了展望。

关键词

分布式电源，电网规划，电网可靠性

Copyright © 2017 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

随着社会经济的飞速发展，以大机组、大电网、高电压为主的传统集中式单一供电方式已经无法满足当今社会对电力供应高质量、高可靠性的要求；另一方面，大量消耗石化能源带来的环境污染问题愈发严重。以太阳能和风力发电为代表的分布式发电(distributed generation, DG)具有灵活、安全、清洁等特点，可以有效缓解能源匮乏和环境污染的问题。

考虑到严峻的环境问题、未来能源问题等因素，为节省电网建设投资、降低电网运行损耗、提高电力系统可靠性，由分布式电源发电与大电网相配合代替大电网单一供电方式成为未来发展的趋势。分布式电源接入电网后，在电网发生故障的情况下，可保证重要用户的供电，进而大大提高供电的可靠性；而清洁可再生能源可以适应地球环境保护以及可持续发展政策的要求。因此，大力发展分布式电源发电技术对保证能源供应、降低电网的建设成本、促进经济快速发展具有重要的意义。

分布式电源接入电网后，传统电网结构将变为遍布电源和用户的网络，运行方式也将由于分布式发电的随机性和间歇性而变化，进而对电网带来一定的影响。本文从多个角度阐述了分布式电源接入对电网的影响，分析了现状分布式电源接入电网存在的问题，并对未来分布式电源的发展方向进行了展望，为实现分布式电源与电网协调发展提供了一定的思路。

2. 分布式电源接入对电网的有利影响

2.1. 提高重要用户供电可靠性

分布式电源的接入究竟会对电网供电可靠性的提高有何贡献，这是用户和电力公司最关心的问题。分布式电源对电网可靠性的提升作用主要从两个方面来考虑：一个是分布式电源本身的运行方式，即承担的任务；另一个是合理的孤岛运行策略对电网可靠性的提高作用。文献[1]考虑了两种情况下分布式电源对提高电网可靠性的影响：一个是在负荷高峰时刻可能出现备用馈线电源容量不足，导致无法满足负荷转移的需要，此时将分布式电源安装于两条馈线连接处以向馈线供电；另一种情况是在配电变电站内安装分布式电源，可在配电设备故障时提供电源。基于以上原理，文献[1]基于区间算法对分布式电源接入前后系统的可靠性指标进行了计算，并分析了分布式电源在馈线不同位置接入对电网可靠性的影响，但仅验证了分布式电源作为备用电源在提高电网可靠性方面的作用。

由于分布式电源种类多，考虑负荷需求不同其运行方式各异，对电网可靠性的影响也不同。分布式电源的运行方式可以分为三种，一是承担基荷；二是作为备用电源；三是并网运行[2]。孤岛是随分布式电源接入配电网后产生的一种新的运行方式，按照其发生机理可分为非计划孤岛和计划孤岛[3]。通过建

立计划孤岛可以使下游馈线中孤岛范围内的负荷点继续得到电力供应[4]，进而提高系统供电可靠性。但这种情况在传统配电网可靠性评估模型中无法计及，文献[5]基于网络分区分块思想，提出基于网络分区的故障恢复策略，当配电网主馈线故障而进入孤岛运行方式时，根据故障后负荷是否可由孤岛内分布式电源恢复供电对系统进行划分，以计及含分布式电源后配电网故障恢复策略的特征，更好地评估孤岛运行情况下，分布式电源对保证用户供电提供的作用。配电网大面积停电时，孤岛是保障负荷不失电的重要手段，考虑负荷优先级，通过孤岛融合、安全校验及负荷调节，可形成有效保障重要负荷持续供电的孤岛搜索最优方案[6] [7]，进而最大限度的保证用户供电的可靠性。

2.2. 降低电网运行损耗

电网的运行损耗主要是由输电线路损耗、变压器损耗和其他设备损耗组成的。通常，分布式电源装机容量较小且直接接入用户配电室，采用自发自用模式，可以实现分布式电源的就地消纳，减少电网的功率输送，进而降低输电线路的损耗。

当分布式电源接入后，电网线路损耗的降低主要取决于分布式电源的接入容量、接入位置、功率因数等：分布式电源的接入容量并不是越大越好，当其大于系统负荷量时，由于分布式电源向电网逆送功率过大，电网线损反而增加[8]；电网的降损效果则受分布式电源在馈线上的安装位置的影响，分布式电源接入点靠近系统馈线根节点时对本段配电系统线损降低的改善作用不如靠近线路末端。因此，应根据电网的实际负荷大小，通过优化分布式电源接入位置，合理设计分布式电源装机容量，以达到最大化降低输电线路损耗的目的。

3. 分布式电源接入对电网的不利影响

3.1. 对电网规划的影响

传统的电网潮流是由变电站流向各负荷，分布式电源的接入使得电源与用户侧间的潮流由单向变为双向，大大增加了电网的复杂性和不确定性[9]。随着分布式电源在电力系统中所占比重越来越大，使得电网规划必须充分考虑分布式电源接入对电网的影响。

- 增加了电力负荷的预测难度

分布式电源项目的接入位置和接入容量主要取决于申请项目用户的可用占地面积等实际情况，分布式电源可为用户自身负荷所消纳，若分布式电源发电量大于用户负荷，还可能向周边其它用户供电，进而影响该地区的负荷增长模型，导致难以准确预测电力负荷的增长及空间负荷分布情况[10]。

- 提高了配电网规划适应性要求

接入位置和规模不合理的分布式电源可能导致配电网的某些设备利用率降低、网损增加，电网可靠性降低[11]。为实现分布式电源与配电网协调发展，在选择最优电网规划方案时须考虑分布式电源接入的适应性。

3.2. 对配电网可靠性计算的影响

1) 对配电网可靠性评估模型的影响

由于光照强度和风速的随机性和间歇性，使光伏发电和风电接入电网后带来了很多不确定性因素，增加了配电网可靠性评估计算的复杂性，并使得传统的配电网可靠性评估模型无法适用。为了计及这些不确定性因素对配电网供电可靠性的影响，需要对分布式电源输出功率的随机性进行较准确的建模，主要分为解析法和模拟法。解析法主要采用简化模型，通过离散卷积得到含分布式电源的发电系统输出功率模型[12]；模拟法主要采用蒙特卡洛模拟法，为达到计算精度需要较大的计算量[13]。为寻求具有较高

计算精度和较低计算成本的方法，可以采用点估计法，首先由分布式电源输出功率和配电网负荷的概率分布分别构造电源出力和负荷点的估计点，再根据其与配电网可靠性之间的确定性关系得到完全计及分布式电源输出功率和负荷水平随机性的配电网可靠性指标[14]。为了减轻分布式电源出力的随机性和间歇性对配电网带来的影响，可以采用储能装置以平滑分布式电源出力，挖掘其提升供电可靠性的潜力[15]。文献[16]建立了含分布式风机、光伏阵列和蓄电池的可靠性计算模型，用以定量分析计算含分布式电源和蓄电池的配电网可靠性指标，并从分布式电源容量以及蓄电池容量、型号、充放电策略几个方面分析了其对可靠性的影响，该方法适用于分布式电源渗透率不高且上级系统容量充足的配电网可靠性评估。

2) 对可靠性评估指标体系的影响

分布式电源模型及运行方式的不同对电网可靠性可能产生积极或消极的影响，而传统的评估指标不能很好的评价分布式电源对可靠性影响的优劣，因此亟需在可靠性评估体系中引入能够合理评价分布式电源影响的指标。目前对含分布式电源的电网可靠性研究多侧重于可靠性模型和算法方面，对考虑分布式电源接入后可靠性指标体系的研究相对匮乏。总体来说，含分布式电源的电网可靠性评估指标体系应能体现其具有间歇性出力与储能特性、孤岛运行特性、经济与环境收益特性等特点[17]。分布式电源可靠性指标可从时间、出力情况、系统总体三个层面定义[18]，全面反映分布式电源的运行情况、出力水平、故障情况以及系统实际运行可靠性，进而为量化评价分布式电源接入后对电网可靠性的影响奠定基础。文献[19]提出计及公共连接点操作故障、分布式电源出力的可靠性指标，并使用单位成本可靠性效益来衡量分布式电源的接入效益。

4. 结论

4.1. 分布式电源接入存在的问题

1) 分布式电源并网缺少统一的规划管理

分布式电源的大规模发展，有赖于对城市风能、太阳能资源的详细评估，以及电网对分布式发电并网的接纳能力。因此，分布式发电的规划应与地区新能源资源条件、电网发展规划、乃至地区的总体发展规划相协调，才能保证分布式电源发电的有序发展。目前分布式电源发电基本处于盲目发展状态，国家分布式电源的电价补贴等政策促使分布式电源并网申请越来越多，虽然装机容量较小，在总量比重较小的情况下，对电网的影响较小，但随着报装项目增多，若分布式电源接入仍没有统一的规划管理，久而久之可能出现地区用电与发电不平衡，造成资源供应、并网、运营等一系列问题，阻碍分布式电源进一步发展。

2) 配电网接纳分布式电源的安全性与灵活性受限

分布式能源需要与配电网架、储能装置相配合才能发挥更有效作用。目前急需加快主动配电网的建设，提高配电网接纳分布式电源的能力，才可以充分保障分布式电源接入后电力系统运行的安全性和灵活性。

4.2. 相关建议

4.2.1. 加强分布式电源并网管理

目前，电力企业响应国家政策，积极为分布式电源接入电网项目提供便利条件，促进了分布式电源的并网，同时也增加了电力企业并网管理的难度。应对日益增多的分布式电源并网申请，规范分布式电源接入过程中的具体问题管理，可以从以下几方面来应对：

1) 进行分布式电源规划

在电网规划时应考虑分布式电源的规划。在每年的电网滚动规划中，应详细统计当前分布式电源的

装机容量、接入位置，同时对近期可能新增的分布式电源的装机容量进行预测，结合该地区电网发展现状，更好地指导分布式电源有序发展。

2) 进一步完善分布式电源的管理办法和电价政策

均衡电网企业、用户等各方利益，为用户提供基本的收益预期和明确的市场前景，为电网企业提供分布式电源并网的合理经济补偿和必要的市场保障，以建立协调共赢的激励政策体系，形成各方共同推进分布式电源发展的良好局面。

4.2.2. 提高电网接纳分布式电源的能力

1) 对本地区的太阳能、风能等资源进行勘测，建立资源分布数据库，以便于指导专项规划的制定。要充分结合电网规划与能源规划，与本地区的发展目标、关键技术和配套措施等相适应，协调好分布式电源项目开发与配套电网建设进度，为分布式电源有序发展奠定基础。

2) 加强主动配电网发展以适应分布式电源接入对电网带来的影响。分布式电源就近接入配电网，直接向负荷供电，有利于提高重要用户的供电可靠性，也可解决边远地区的用电困难问题。但分布式电源的接入改变了原有配电网单一、辐射状的网络结构和设备配置原则，对电网产生一系列不利影响。

主动配电网通过集成先进的信息、自动化及储能技术，能够对包括分布式电源在内的所有资源进行准确预测和统筹安排，有效解决因大规模分布式电源的接入而产生的电网安全稳定运行技术问题，提升电网接纳分布式电源的能力。因此，为同时满足分布式电源快速发展与电网运行可靠性的要求，需要加强主动配电网建设。

致 谢

感谢国网天津经研院规划评审中心各位同事对本论文提供的帮助。

参考文献 (References)

- [1] 钱科军, 袁越, Zhou, C.-K. 分布式发电对配电网可靠性的影响研究[J]. 电网技术, 2008, 32(11): 74-78.
- [2] 雷振, 韦钢, 蔡阳, 张鑫. 含分布式电源区域节点的配电网模型和可靠性计算[J]. 电力系统自动化, 2011, 35(1): 39-43.
- [3] 党克, 张慧明, 朱景明, 刘庆忠, 徐岩. 配电网计划孤岛划分方法研究[J]. 中国电力, 2010, 43(9): 42-47.
- [4] IEEE Application Guide for IEEE Std 1547 (2009) IEEE Standard for Interconnecting Distributed Resources with Electric Power Systems. IEEE Std 1547.2-2008, 1-207.
- [5] 田洪迅, 袁蓉, 赵渊. 含分布式电源的配网可靠性概率计算[J]. 电网技术, 2013, 37(6): 1562-1569.
- [6] 倪程捷, 房鑫炎, 胡子珩, 黄媚. 基于递归子问题树法的含 DG 配电网最优孤岛搜索[J]. 中国电力, 2014, 47(2): 66-70.
- [7] Wang, X. and Lin, J. (2010) Island Partition of the Distribution System with Distributed Generation. *Science China Technological Sciences*, **53**, 3061-3071. <https://doi.org/10.1007/s11431-010-4138-6>
- [8] 张瑜, 孟晓丽, 方恒福. 分布式电源接入对配电网线损的影响分析[J]. 电力建设, 2011, 32(5): 67-71.
- [9] 李琼慧. 德美分布式光伏规模化发电并网的经验[J]. 中国电力企业管理, 2013(9): 34-36.
- [10] 崔弘, 夏成军, 罗宗杰, 张尧. 分布式电源并网对配网系统的影响[J]. 电气应用, 2009, 28(24): 54-58.
- [11] 赵毅, 孙文瑶, 许傲然. 分布式电源并网对配电网影响的研究[J]. 沈阳工程学院学报(自然科学版), 2012, 8(1): 11-13.
- [12] Atwa, Y.M., El-Saadany, E.F., Salama, M.M.A., et al. (2011) Adequacy Evaluation of Distribution System Including Wind/Solar Dg during Different Modes of Operation. *IEEE Transactions on Power Systems*, **4**, 1945-1952. <https://doi.org/10.1109/TPWRS.2011.2112783>
- [13] Seung-Tea, C. and Dong-Hoon, J. (2004) Reliability Evaluation of Distribution System Connected Photovoltaic Generation Considering Weather Effects. *International Conference on Probabilistic Method Applied to Power System*, Ames, 13-16 September 2004, 451-456.

- [14] 芦晶晶, 赵渊, 赵勇帅, 谢开贵. 含分布式电源配电网可靠性评估的点估计法[J]. 电网技术, 2013, 37(8): 2250-2257.
- [15] Cui, J.T., Li, K.J., Sun, Y., Zou, Z. and Ma, Y. (2011) Distributed Energy Storage System in Wind Power Generation. 2011 4th International Conference on Electric Utility Deregulation and Restructuring and Power Technologies, Weihai, 6-9 July 2011, 1535-1540. <https://doi.org/10.1109/DRPT.2011.5994140>
- [16] 葛少云, 王浩鸣, 王源山, 张鑫. 含分布式风光蓄的配电系统可靠性评估[J]. 电力系统自动化, 2012, 36(5): 16-23.
- [17] 罗亦, 王钢, 汪隆君. 微网可靠性评估指标研究[J]. 电力系统自动化, 2013, 37(5): 9-14.
- [18] 王震, 鲁宗相, 段晓波, 李晓明. 分布式光伏发电系统的可靠性模型及指标体系[J]. 电力系统自动化, 2011, 35(15): 18-24.
- [19] Wang, S., Li, Z., Wu, L. and Shahidehpour, M. (2012) New Metrics for Assessing the Reliability and Economics of Micro-Grids in Distribution System. *IEEE Transactions on Power Systems*, **27**, 2342-2350.

期刊投稿者将享受如下服务:

1. 投稿前咨询服务 (QQ、微信、邮箱皆可)
2. 为您匹配最合适的期刊
3. 24 小时以内解答您的所有疑问
4. 友好的在线投稿界面
5. 专业的同行评审
6. 知网检索
7. 全网络覆盖式推广您的研究

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱: aepe@hanspub.org