

# 分散式风电接入对地区电网运行影响的研究

孙立成, 赵志强, 王新刚, 常喜强  
(新疆电力公司, 新疆 乌鲁木齐 830002)

**摘要:** 分散式风电接入系统运行给地区电网电压、谐波和负荷预测等方面带来了新的挑战。针对目前分散式风电的接入和发展趋势, 开展了对地区电网运行影响的研究, 通过对国内其他地区分散式风电接入情况分析, 结合本地区电网接入分散式风电后的实际情况, 说明了分散式风电接入对地区电网带来的影响并提出了分散式风电接入后所需要采取的应对措施和建议。

**关键词:** 分散式风电; 电压; 谐波

**Abstract:** The integration of distributed wind power gives a new challenge to the forecasting of voltage, harmonic and load in regional power grid. Aiming at the present integration and development trend of distributed wind power, the research of the influence on regional power grid operation is carried out. Through the analyses on distributed wind power integration in other regions in China, and combined with the actual situation of distributed wind power integration in Xinjiang, the influences of distributed wind power integration on regional power grid are described, and the countermeasures and suggestions after the integration of distributed wind power are put forward.

**Key words:** distributed wind power; voltage; harmonic

中图分类号: TM715 文献标志码: A 文章编号: 1003-6954(2013)02-0073-04

## 0 引言

随着国家能源局于2011年颁发国能新能[2011]374号《关于印发分散式接入风电项目开发建设指导意见的通知》和国能新能[2011]226号《关于分散式接入风电开发的通知》, 大规模分散式风电接入电网运行将成为后续风电接入的另一种主流接入方式。

新疆风能资源丰富, 风电开发潜力较大。目前, 风电已进入快速发展阶段。至2015年风电总装机容量将达到约5 800 MW, 风电装机占11.51%; 其中分散式风电接入预计将占20%左右, 远景装机容量更多。大规模分散式风电接入电网运行将成为新疆地区电网安全运行又一重要关注的问题之一。面对大规模分散式风电并网运行带来的严峻挑战, 需深入研究电网大规模分散式风电接入带来的影响, 开展研究应对措施和提出相关建议, 这对于电网安全经济运行意义重大。

通过对于分散式风电带来的影响的研究, 使分散式风电接入满足地区电网相关要求。将在保证电网安全、稳定运行情况下尽可能提高风电接纳能力。

## 1 分散式风电定义及界定标准<sup>[1 2]</sup>

**定义:** 分散式接入风电项目是指位于负荷中心附近, 不以大规模远距离输送电力为目的, 所产生的电力就近接入当地电网进行消纳的风电项目。

**界定标准:** 分散式接入风电项目应具备以下所有条件。

(1) 应充分利用电网现有的变电站和送出线路, 原则上不新建高压送电线路和110 kV、66 kV变电站, 并尽可能不新建其他等级的输变电设施;

(2) 接入当地电力系统110 kV或66 kV降压变压器及以下等级的配电器;

(3) 在一个电网接入点接入的风电装机容量上限以不影响电网安全运行前提合理确定, 统筹考虑各电压等级的接入总容量, 并鼓励多点接入;

(4) 除示范项目外, 单个项目总装机容量不超过50 MW。

## 2 分散式风电发电形式及优点

分散式风力发电的形式一般采用风力发电与太

太阳能发电、柴油机发电等组合式发电系统,即“风光”、“风油”和“风光油”互补发电。这些系统近年来都有所发展,特别是采用“风光”互补发电系统发电,是未来的发展方向。太阳能与风能在时间上和地域上有着很强的互补性。太阳能和风能在时间上的互补性使“风光”互补发电系统在资源上具有最佳的匹配性,“风光”互补发电系统是资源条件最好的独立电源系统,也是今后相当时期内的发展趋势。

分散式发电具有投资省、占地面积较少、接入方式灵活、能源种类多样等优点。可以在电网未能通达的偏远地区,如高山、草原和海岛等地区,用小型风力发电机为蓄电池充电,再通过逆变器转换成交流电向终端用户供电。

在偏远的负荷突然增长地区,就地安装分散式风电可以避免大量的输配电设备扩容费用;对于用电压力大的负荷中心区域,可以缓解用电压力,延缓电网的扩建或者改建,节约输配电线路的投资。通过合理优化分散式风电的接入位置和接入容量,可以明显降低电网线路损耗,改善电网末端的电能质量。充分利用风能等可再生能源,降低了对一次能源的依赖性,同时还可减少有害物的排放量,减轻对环保的压力。

### 3 对地区电网运行的影响

随着越来越多的分散式风电接入运行,对地区电网运行带来了一些新的问题,经过计算、仿真分析,主要集中在以下问题。

#### 3.1 对地区电网电压运行稳定性的影响

电压维持在规定电压范围内才能保证电能质量。配电系统的调压规则是以潮流从变电站流向用户为基础的,但在分散式电源接入电网之后,配电系统从放射状结构变为多电源结构,潮流的大小和方

向有可能发生巨大改变,从而使电力系统中某些部分的电压也发生变化。同时分散式风电接入将对系统电压及损耗带来变化,因而需要合理配置接入点。接入点及接入容量大小将会决定分散式风电的运行策略,并影响系统的可靠性指标。因此首先需要进行地区电网潮流计算,分析其对系统电压以及损耗的影响,确定其接入点以及接入容量的大小。

地区电网可以通过调整变压器分接头、投切集中补偿装置(包括并联电容器、同步调相机、静止补偿器)等方式改变系统的电压分布,提高系统终端变电所的母线电压,使得用户电压满足一定的标准。分散式风电的接入将会引起系统潮流分布的变化,由于风电自身随机性、波动性等特点将会造成系统的电压波动较大,给电压调整带来新的影响。

#### 3.2 对地区电网电能质量的影响

由于分散式风电接入距离负荷中心较近,基于风机自身特点将给电力系统带入一定的谐波,对于电压将会造成闪变,根据周边负荷对电能质量的适应性,应加强对于分散式风电并网点的电能质量检测 and 治理工作。

根据 IEC 61400-21 标准,分别对地区电网 4 个接入点在单台 77-1500 直驱风机 3 种运行、启动状态时做了相关计算分析,可得电压闪变值结果如表 1。

表 1 电压闪变值

状态	风机连续运行时电压闪变值	风机切入风速启动时电压闪变值	风机额定风速启动时电压闪变值
A 变电站	0.045	0.021	0.030
B 变电站	0.050	0.020	0.032
C 变电站	0.080	0.017	0.060
D 变电站	0.042	0.022	0.058

通过计算分析,均满足国标要求,但是通过对于

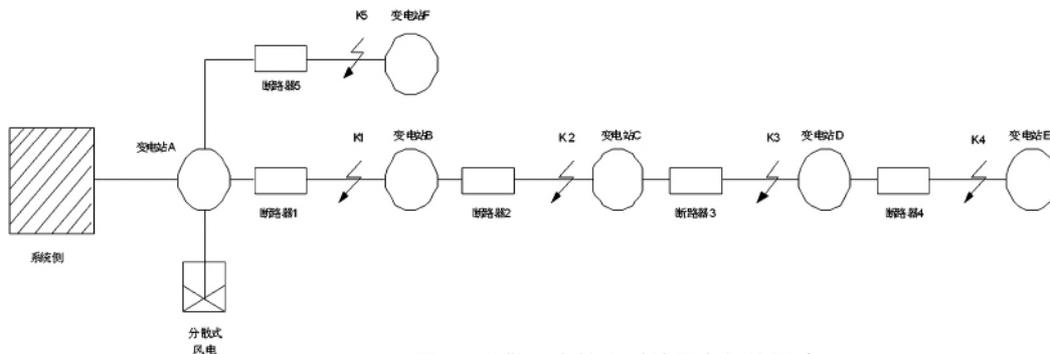


图 1 分散风电接入对地区电能的影响

接入风电装机容量的逐渐增加发现接入点闪变值有增大趋势。根据接入点电网结构特点,当超过一个临界值时则需要借助消谐装置进行谐波治理。

### 3.3 对地区电网继电保护的影响

分散式风电接入配电网后,在发生短路故障时能提供一定的短路电流,短路电流大小和风电的装机容量、接入位置和故障发生的位置有关,从而对配电网继电保护的选择性和灵敏性有一定影响,可能导致保护误动或拒动(见图1)。

当线路变电站C、D间线路上任一点K3发生短路故障时,故障线路的保护感受到的电流为系统和风电共同提供,此影响是有利的,使原保护更加灵敏。

当线路变电站D、E间线路任一点K4发生短路故障时,应由断路器4动作切除故障线路,但是当风电的容量足够大时,断路器3的保护范围可能延伸至变电站D、E间线路,两个保护都动作,继电保护失去选择性。

当风电容量不是很大,引起的影响不至于使保护误动或拒动时,可不对继电器保护进行更换;而当风电容量较大时,有可能引起保护误动或拒动,此时应重新整定保护值。

### 3.4 对地区电网运行方式安排的影响

分散式风电接入电网运行后改变了地区电网电源和负荷分布,潮流流向也发生变化,运行方式安排时需要统筹考虑分散式风电接入后的潮流流向和输电线路的承载能力。随着分散式风电接入布点的不断增多,势必在电网设备检修时、负荷转移的情况下调整电网运行方式带来新的问题。

### 3.5 对地区电网安全自动装置、重合闸等的影响

分散式风电接入电网后对于电网中已经装设的安全自动装置动作行为将有一定的影响,需要综合考虑分散式风电布点情况,调整相关策略满足电网安全运行要求。电网发生故障后,如果分散式风电保护未及时动作,产生孤岛效应,会对自动重合闸产生一定的影响,因此,风电机组需要装设可靠的防孤岛保护装置,如同时装设一套主动式和一套被动式孤岛保护,同时为避免重合闸发生误重合给电网和风电机组带来的冲击,系统侧需要采用检无压型重合闸。

### 3.6 对地区负荷预测的影响

由于分散式风电接入方式的灵活性,采用风况

满足要求的就近接入原则,接入地区电网的配电网端,达到就地消纳的效果。但是基于风电自身特性,如在短期内,风能就在不断变化,风电发电出力可以等效为地区电网的负负荷。随着风电随机性和波动性的增强,地区负荷预测的准确性也随之降低。当分散式风电出力较大时,由于对于负荷预测影响较大,造成地区电源的发电计划安排不利。

### 3.7 对地区电网规划的影响

分散式风电的接入会使地区电网的负荷预测、规划和运行与过去相比有更大的不确定性。大量的配电网用户端安装分散式风电为其提供电能,使得配电网规划人员更加难于准确预测负荷的增长情况,从而影响规划<sup>[3-5]</sup>。

电网规划问题的动态属性同其维数密切相联,若在出现许多发电机节点,使得在所有可能的网络结构中找到最优的网络布置方案就更加困难。

对于想在配电网安装分散式风电的发电公司,预想维持系统现有的安全和质量水平不变的配电网公司之间的冲突。为了维护系统的安全、稳定的运行,必须使分散式风电能够接受实时调度,要实现该目标,通过电力电子设备对其进行需要的控制和调节,将分散式风电单元集成到现有的配电系统中,这不但需要改进现有的配电自动化系统,还要由被动到主动(电压调整、保护政策、干扰和接口问题)地管理电网。

## 4 接入后需采取的措施及建议

由于分散式风电接入给地区电网带来了很大的影响,若保证分散式风电的正常发电和地区电网的安全、稳定运行,需要采取一定的措施,具体表现在以下几个方面。

(1) 针对分散式风电接入地区电网后对于系统电压波动较大的问题,提出采用分散式风电接入时需配置一定容量的动态无功补偿装置,并且采用恒电压模式调节,来避免风电发电对地区电压波动较大的问题。

(2) 针对分散式风电接入地区电网对电能质量影响的问题,提出在分散式风电并网点应装设电能质量在线监测装置,可以在风机运行的不同工况下实时监测上网电力的电能质量。经过计算分析,容量较小的分散式风电接入系统,对于系统电能质量

影响较小,随着装机容量的逐渐增加,谐波含量可能超过国标要求,需要装设消谐装置解决此类问题。

(3) 针对分散式风电接入地区电网造成负荷预测、电网规划和运行的不确定性,提出进一步提高分散式风电功率预测准确率,根据历史运行情况,逐步将分散式风电出力纳入发电计划安排。同时根据政府地区发展规划,着眼于长远规划,根据地区风资源特性,合理研究分散式风电接入配套工程建设,避免临时性分散式风电建设打乱了地区电网建设的整体规划。

## 5 结 语

今后,分散式风电接入会越来越广泛,其主要的发展趋势是将基于多个布点的分散式风电系统接入同一配电网中进行统一调度、相互协调,为系统提供高峰电能以提高系统的稳定性和供电可靠性。虽然中国现状是风电模式还是传统集中接入,但是风电接入的发展方向将是分散式风电接入模式。

前面主要针对分散式风电接入后对地区电网运行带来的各种问题,分析分散式风电的特点、优点、接入方式以及运行方式对系统电压、继电保护动作情况、负荷预测等方面的影响。通过对分散式风电接入后带来的各种问题进行仔细分析,为今后分散

式风电的大规模发展提供了一定的理论指导和相关建议。

### 参考文献

- [1] 国家能源局. 国能新能[2011]226 国家能源局关于分散式接入风电开发的通知[R]. 2011.
- [2] 国家能源局. 国能新能[2011]374 国家能源局关于印发分散式接入风电项目开发建设指导意见的通知[R]. 2011.
- [3] 王敏,丁明. 含有分布式电源的配电网系统规划[J]. 农村电气化, 2003 (7): 19-20.
- [4] 王建,李兴源,邱晓燕. 含有分布式发电装置的电力系统研究综述[J]. 电力系统自动化, 2005, 29(24): 90-97.
- [5] 陈海焱,陈金富,段献忠. 含分布式电源的配电网潮流计算[J]. 电力系统自动化, 2006, 30(1): 35-40.

作者简介:

孙立成(1982),男,工程师,研究方向为新能源、分布式电源规划运行研究;

常喜强(1976),男,高级工程师,研究方向为电力系统稳定与控制及风力发电技术;

赵志强(1977),男,高级工程师,研究方向为电力系统规划运行。

(收稿日期:2012-12-29)

(上接第68页)

- [54] Qiuxia Yang, Liangrui Tang, Wenwen Yu. Waterdrops Shape Extraction of Hydrophobic Image Based on Snake Model [C]. Image and Signal Processing, 2009, Tianjin 2009(1): 1-3.
- [55] 彭亮. 水珠边缘检测算法的研究及其在电力行业中的应用[D]. 武汉: 武汉理工大学, 2007.
- [56] Marcus Berg, Rajeev Thottappillil, Viktor Scuka. A Digital Image Processing Method for Estimating the Level of Hydrophobicity of High voltage Polymeric Insulating Materials [C]. 1999 Conference on Electrical Insulation and Dielectric Phenomena, Ed. Eds, 1999(1): 756-762.
- [57] M Berg, R Thottappillil, V Scuka. Hydrophobicity Estimation of HV Polymeric Insulating Materials Development of a Digital image Processing Method [J]. IEEE Transactions on Electrical Insulation, 2001, 8(6): 1098-1107.
- [58] TETSURO Tokoro, YIKI Omoto, MASAMITSU Kosaki.

- Image Analysis of Hydrophobicity of Polymer Insulators Using PVM. [C]. 2001 Annual Report Conference on Electrical Insulation and Dielectric Phenomena, 2001, (1): 581-584.
- [59] T Tokoro, M Nagao, M Kosaki. Image Analysis of Hydrophobicity of Silicone Rubber Insulator [C]. 1999 Conference on Electrical Insulation and Dielectric Phenomena, 1999(1): 763-766.
- [60] Wang Xun, Liang Xidong, Zhou Yuanxiang, et al. Four-parameter Method for Hydrophobicity Judgement and Mechanism of Hydrophobicity Transfer Property [C]. Proceedings of the 7th International Conference on Properties and Applications of Dielectric Materials, Nagoya, 2003(1): 1222-1225.
- [61] 彭克学,王泉德,王先培. 基于表面喷水图像分析的绝缘子表面憎水性检测方法[J]. 绝缘材料, 2005(1): 47-51.

(收稿日期:2012-12-27)