

分布式电源并网对配电网规划的影响研究

分布式电源的大规模并网对配电网安全运行产生了深刻的影响,本文就分布式电源并网对配电网规划中负荷预测、规划技术原则及配电网布局产生的影响进行了全面的分析,给出了负荷预测中对分布式电源处理方法的建议,明确了电网规划技术原则中对分布式电源并网电压等级、并网容量、并网接入方式及电能质量的要求,最后给出了分布式电源布局规划建议,为含分布式电源的配电网科学规划提供参考。

王世勇¹ 孙健²/1. 国网北京市电力公司检修分公司 2. 国网北京市电力公司电力科学研究院



王世勇/工程师

关键词/Keywords

电网规划·
分布式电源·
负荷预测·
规划技术原则·
电源布局·

0 引言

近年来,随着国家加大对风能、太阳能等清洁能源发展的政策支持力度,分布式清洁能源得以快速发展。分布式电源主要并网于配电网系统,分布式电源的并网使得传统配电网的运行状况产生了深刻的变化^[1-3]。基于分布式电源大规模并网对传统配电网产生深刻影响,在配电网规划方面需重新考虑分布式电源并网,充分发挥规划引领作用,为分布式电源安全便利并网奠定基础。本文对含分布式电源配电网规划的负荷预测、规划技术原则及分布式电源布局等方面进行了全面的分析研究。

1 含分布式电源的配电网规划方法

常规配电网规划流程如图1所示,首先对现状配电网运行情况进行分析,包括配电网结构、运行可靠性和经济性等方面。

在现状配电网分析基础上,再根据本地区的经济社会发展情况,开展空间负荷预测,对规划水平年的负荷大小及空间分布进行全面的预测,并开展电力电量平衡分析;在现状电网分析和电力电量平衡分析的基础上,依据电网规划技术原则,提出配电网的规划目标,开

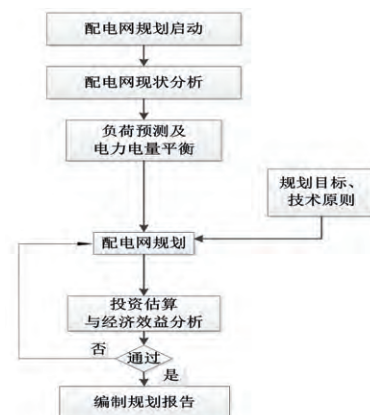


图1 常规配电网规划基本流程图

展配电网各电压等级的网架结构及智能化等详细规划,最后对配电网规划进行投资估算和经济效益分析。

随着分布式电源大规模接入配电网,对配电网负荷预测及电力电量平衡、配电网主要规划技术原则及配电网网架结构都提出了新的需求^[4, 5]。

如图2所示,为了适应分布式电源的大规模接入,需提出适应分布式电源并网的负荷预测方法;同时针对分布式电源并网提出新的规划技术原则要求;并在配电网目标网架的规划中合理规划分布式电源的布局,促进分布式电源与配电网的协调发展。

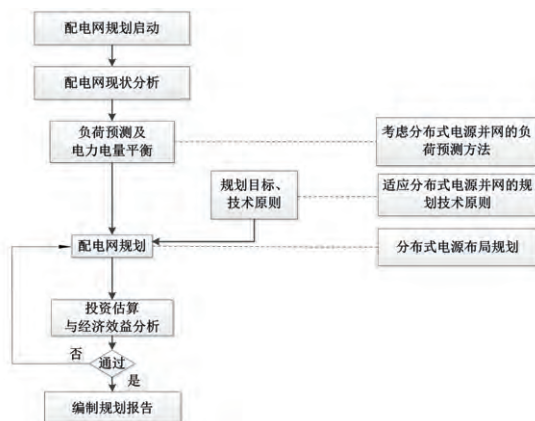


图2 含分布式电源配电网规划基本流程图

2 考虑分布式电源并网的负荷预测方法

负荷预测是电网规划的前提和基础, 电网负荷预测的准确性直接关系到电网规划质量。目前, 常用的负荷预测方法包括趋势外推预测、回归分析预测、时间序列预测、人工智能技术和网格化空间负荷预测技术等^[6-9]。由于分布式电源的广泛接入, 需要提出新的配电网负荷预测方法。

2.1 分布式电源发电特点

与火电、水电等传统能源相比, 分布式电源有许多新的技术特性。

(1) 分布式电源发电具有随机性、间歇性和波动性的特性。太阳能发电是分布式电源中数量最多的一种, 由于受到太阳光照强度、环境温度以及天气条件的影响, 发电出力的随机波动性很强。对北京一太阳能光伏示范工程现场测试表明, 其发电出力最大功率变化率为每分钟20%。如此大的随机出力变化造成功率预测难度加大。

(2) 分布式电源发电的地域性明显。以风能为例, 北京市已探明的风资源可利用资源量为600 MW, 大多分布在延庆、门头沟等西北部山区。分布式电源“带不走, 储不起”, 只能在风能所在地区建设, 对地区配电网的依赖性强。

2.2 分布式电源在负荷预测中的处理方法

分布式电源按照自发自用、余电上网的原则, 将有效减小电网的负荷需求。在电网规划的负荷预测阶段, 对分布式电源可以作为负值负荷参予配电网的电力电量平衡。但对不同能源类型的分布式电源, 在负荷预测时应采取差异化的处理措施。如图3所示, 110 kV变电站A的总负荷需求为

$$P'_1 = P_1 - \lambda_m P_m - \lambda_g P_g - \lambda_w P_w - \lambda_p P_p \quad (1)$$

其中, $P_1 = \delta_1 \sum_{i=1}^N P_{li}$, $P_m = \delta_m \sum_{i=1}^N P_{mi}$

$$P_g = \delta_g \sum_{i=1}^N P_{gi}, P_w = \delta_w \sum_{i=1}^N P_{wi}, P_p = \delta_p \sum_{i=1}^N P_{pi} \quad (2)$$

式中, P_m 、 P_g 、 P_w 、 P_p 分别为变电站A的10 kV及以下母线及线路上并网发电的沼气、燃气、风能及太阳能发电总装机容量; λ_m 、 λ_g 、 λ_w 、 λ_p

分别为沼气、燃气、风能及太阳能分布式电源的负荷折算系数, 需根据各种分布式能源的典型出力曲线确定其取值范围, 对于发电出力比较稳定的燃气发电、沼气分布式电源, 其负荷折算系数一般可取值0.7~1.0, 而对于风能及太阳能分布式电源, 具有能量密度低、稳定性差和随机性等特点, 受天气影响比较大, 其负荷折算系数应根据当地分布式电源的典型实测出力特性曲线确定, 一般可取值0.3~0.6。 δ_m 、 δ_g 、 δ_w 、 δ_p 为相应类型机组的出力同时系数。

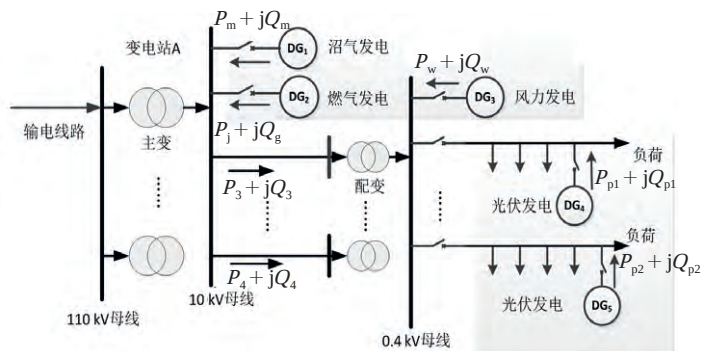


图3 配电网中分布式发电接入示意图

在配电网负荷预测中, 应结合本地区网格化空间负荷预测结果, 以每座110 kV或35 kV变电站为负荷预测单元, 将分布式发电的负值负荷考虑在总体负荷需求预测中, 提高配电网负荷预测的准确性。

3 考虑分布式电源接入的配电网规划技术原则

3.1 并网电压等级

一般分布式电源机组都是在35 kV及以下电压等级配电系统并网, 根据并网分布式电源机组容量不同, 选择不同的并网电压。国家电网公司《分布式电源接入配电网设计规范》给出了不同容量分布式电源的并网电压等级推荐值, 见下表, 实际并网电压等级的选择, 需通过技术经济比选论证后确定, 若高低两级电压均具备接入条件, 优先采用低电压等级接入。

3.2 并网容量

分布式电源机组接入电网后, 会引起系统电压及频率的变化。为确保系统电压及频率的稳定, 需对分布式电源的总装机容量进行限制。在

表 分布式电源接入电压等级推荐表

单个并网点容量	并网电压等级	并网点
8 kW以下	220 V	用户配电室、箱变低压
400 kW以下	380 V	母线或用户计量配电箱
400 kW~6 MW	10 kV	用户开关站、配电室或箱变母线、环网单元
6~20 MW	35 kV	用户开关站、配电室或箱变母线

一个供电区域内，分布式电源机组总装机容量和该区域内总负荷容量的比例要限制在一定的范围内。目前国内外对分布式电源并网容量占当地电网最大负荷的比例（分布式电源的渗透率）尚未有明确的规定。各区域电网应根据电压质量、电网稳定、谐波抑制和电力电量平衡的约束条件，确定区域电网的分布式电源渗透率。北京地区分布式电源的渗透率一般控制在30%以内。

3.3 接入方式

分布式发电项目可采用专线或T接方式接入系统。分布式电源接入配电网的典型接线方式如图4所示，主要包括分布式电源专线/T接接公用电网10 kV/35 kV配电网，或先并网用户内部电网后，再专线/T接接入公用电网。对于220/380 V并网方式也分专线和T接两种。对于实际的分布式发电项目，需通过技术经济比较后确定采用何种并网方式。对于上网容量占比较大的分布式发电，建议采取专线上网方式；而对于主要自发自用的分布式发电项目可考虑T接方式接入配电网。

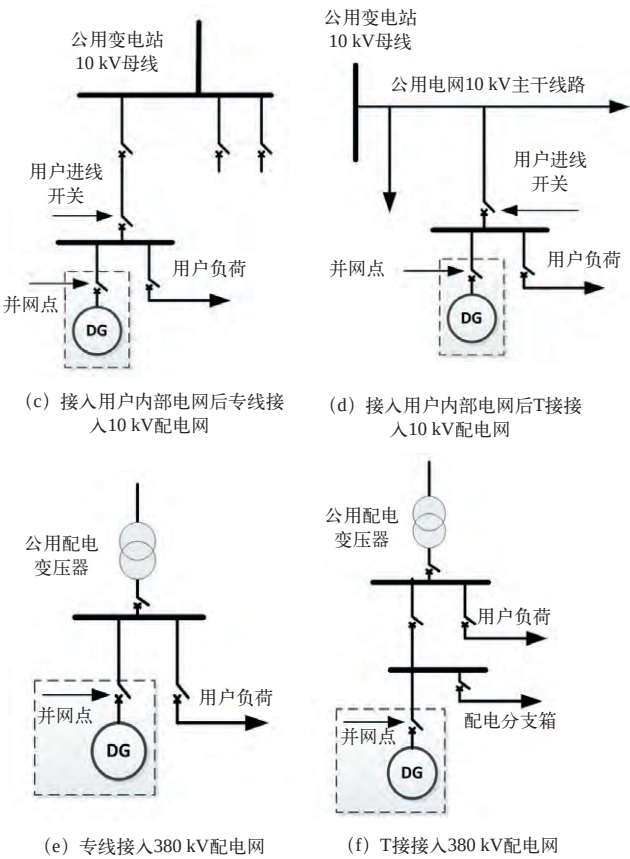


图4 配电网中分布式发电典型接入方式

3.4 电能质量要求

分布式电源接入后，必须对所在配电网的电能质量进行重新核算，电能质量需满足《供电电压允许偏差》、《电压波动和闪变》、《公用电网谐波》、《三相电压允许不平衡度》、《电力系统频率允许偏差》和《暂过电压和瞬态过电压》等相关国标要求。

4 分布式电源布局规划

分布式电源的合理布局是分布式电源健康发展的关键。若分布式电源布局不合理、电源发展与电网发展不协调，将增加电网安全运行的风险，并加大分布式电源的投资运营成本。分布式电源布局应做好三个层面的规划工作^[10-12]：

首先是区域电网的分布式电源总体消纳能力分析。综合考虑本地电网常规电源装机容量及发电能源类型构成、调峰能力以及外受电通道的输电能力，确定本地区电网分布式发电的最大并网容量限制。

再次是供电分区内分布式电源消纳能力分

析。在实际的省级电网中,考虑到电网运行稳定性、供电可靠性及限制短路电流的需求,一般将省级电网分成若干个供电分区,如北京电网目前分九区运行。正常运行时各供电分区之间无电气联系,只在系统发生故障等特殊运行方式下,分区之间才通过专用联络线或联络开关提供相互间的电力支撑。所以在分布式电源布局中,需对每个分区的分布电源的类型、容量及布局进行细化分析,确保每个供电分区中分布式电源类型互补、容量适当且布局合理,满足该分区电网安全稳定运行的要求。

最后是分布式电源项目并网点优化布置。对于具体的分布式电源项目在配电网中的接入位置选择,需要根据拟并网区域的电网结构特点和负荷分布情况决定分布式电源准入容量及最优并网点。从电网规划角度研究,分布式电源接入的最优位置与最优容量可通过建设投资与运行成本(网损)最小来建立最优化模型计算确定,式(3)为分布式电源并网优化模型的简化表示。

$$\begin{aligned} \text{obj.} \quad & F = \min f(x_1, x_2) \\ \text{s.t.} \quad & g(x_1, x_2) = 0 \\ & h(x_1, x_2) \geq 0 \end{aligned} \quad (3)$$

式中, x_1 、 x_2 分别为分布式电源并网位置及容量;函数 g 和 h 表示所有的等式约束和不等式约束条件,如输电通道约束、线路的热稳定约束、潮流约束、电压质量约束及功率平衡约束等。

按照分布式电源就地消纳基本原则,分布式电源的并网点选择应尽量靠近负荷中心,一方面充分保障电网对分布式电源的消纳能力,另一方面减少电网中潮流的远距离输送所产生的网损,并且由于负荷与电源的电气联系紧密,配电网供电可靠性得到有效提升。

5 结束语

本文分析了分布式电源并网对配电网规划中负荷预测、规划技术原则及配电网布局产生的影响和提出的新要求,给出了负荷预测中对分布式电源处理方法的建议,明确了电网规划技术原则中对分布式电源并网电压等级、并网容量、电能质量及并网接入方式的要求,最后提出了分布式电源布局的规划建议。

参考文献

- [1] 刘志鹏. 分布式电源和电动汽车对配电系统规划和运行的影响研究[D]. 山东:山东大学电力学院, 2013.
- [2] 梁才浩, 段献忠. 分布式发电及其对电力系统的影响[J]. 电力系统自动化, 2001, 25(12): 53-56.
- [3] 韦钢, 吴伟力, 胡丹云, 等. 分布式电源及其并网时对电网的影响[J]. 高电压技术, 2007, 33(1): 36-40.
- [4] 徐玉琴, 李雪冬, 张继刚, 等. 考虑分布式发电的配电网规划问题的研究[J]. 电力系统保护与控制, 2011, 39(1): 87-91.
- [5] 李天云, 刘自发. 电力系统负荷的混沌特性及预测[J]. 中国电机工程学报, 2000, 20(11): 36-40.
- [6] Knadil M S, El-Debeiky S M, Hasanien N E. Long-term load forecasting for fast developing utility using a knowledge-based expert system[J]. IEEE Transactions on Power Systems, 2002, 17(2): 491-496.
- [7] 肖白, 周潮, 穆钢. 空间电力负荷预测方法综述与展望[J]. 中国电机工程学报, 2013, 33(25): 78-92.
- [8] 余建明, 燕飞, 杨文字, 等. 基于模糊多目标多人决策的配电网空间负荷预测[J]. 电网技术, 2006, 30(7): 48-52.
- [9] 文升, 顾洁, 程浩忠, 等. 分布式电源的准入容量与优化布置的实用方法[J]. 电力系统自动化设备, 2012, 32(10): 109-114.
- [10] 陈国华. 应对分布式可再生能源发电的智能配电系统规划[J]. 华东电力, 2011, 39(11): 1945-1947.
- [11] 王成山, 陈恺, 谢莹华, 等. 配电网扩展规划中分布式电源的选址和定容[J]. 电力系统自动化, 2006, 30(3): 38-43.
- [12] 考虑时序特性的多目标分布式电源选址定容规划[J]. 电力系统自动化, 2013, 37(3): 58-63.

(收稿日期: 2015-05-26) EA

作者简介

王世勇(1980-), 男, 博士, 工程师, 研究方向为电力系统规划及故障分析。

孙健(1981-), 男, 博士, 工程师, 研究方向为电力系统稳定与控制。