

分布式电源接入配电系统并网点的选择研究

随着分布式电源在电力系统中的应用越来越广泛,对传统的配电网规划提出了更高的要求,增加了许多不确定性。为了在配电网规划中获取更多的决策信息,需要对并网的分布式电源作出正确的评估,确保分布式电源在最佳位置接入配电网,能有效减少网损和改善电压质量。以细菌群体趋药性算法为基础,对分布式电源接入配电系统并网点的选择提出了相应问题,并采取有效措施对其进行解决,从而得出分布式电源的最优接入位置,有效减少网损。

李文龙 陈广宇 李佳骥 于宝鑫/承德供电公司发展策划部

0 引言

近年来,随着分布式电源的发展,国内外学者已经对分布式电源的选址和定容进行了较多研究,但研究目的各不相同。文献[1]使配电网的有功损耗达到最小值;文献[2]以配电网建设成本为目标函数,包括发电机运行和线路损耗;文献[3]以分布式电源容量最大化为目标。本文以改善电压质量和减少配电网的线路损耗为基础建立目标函数,应用细菌群体趋药性算法对分布式电源的选址进行了研究。首先介绍了分布式电源,然后建立目标函数,最后对分布式电源选址进行求解,通过算例仿真验证所提方法的正确性与适用性。



李文龙/助理工程师

关键词/Keywords

分布式电源·
配电系统·
并网点·
网损·

1 分布式电源

分布式电源(DG)是指功率在几十千瓦到几十兆瓦范围内,模块式的且分布在负荷附近的清洁环保发电设施,它能够经济、高效和可靠地发电。DG的并网对配电网的安全稳定运行提出了挑战,增加了配电网调度与运行的复杂性。大量的DG接入到配电网中必将对配

电网的结构、运行和管理产生深远的影响。这些影响在技术上表现在规划设计、调度运行、可靠性、稳定性、安全性、潮流和电能质量等方面。

2 细菌群体趋药性算法

细菌趋药性(BC)算法是一种从细菌行为中获得灵感的优化方法。BC算法只依赖于单个细菌的运动行为,它不断地感受周围环境的变化,并且只利用过去的经验来寻找最优点。由于该算法仅仅利用单个细菌寻优,寻优过程随机性大,因此与一些成熟的群体智能优化算法相比,其寻优效果较差。在细菌群体趋药性算法(BBC)中,细菌不仅利用了BC算法中便于自己的运动位置信息进行函数优化,同时也利用其他细菌的位置信息进行函数优化,这样就有效地避免了单个细菌寻优时的随机性,寻优的效果也较BC算法好。对不同的函数进行的试验表明,细菌群体趋药性优化算法不仅极大地提高了BC算法的优化能力,而且在优化速度和准确度上也超过了一些其他常见的群体优化算法。因此,在分布式电源位置的计算中,引用BBC算法对其进行分析效果明显。

3 问题提出

在DG接入配电系统并网点的选择中,所采用的算法都是依据不同的目标函数来选择的,以达到最优并网点。在本文的研究中,以减少网络损耗和改善电压质量为目标。DG接入系统中时,必须满足如下两个限制条件:

1) 接入DG后的网损应小于未接入DG时的网损, 即

$$\text{Loss}_{\text{withDG}} < \text{Loss}_{\text{withoutDG}} \quad (1)$$

2) 电压限制条件

$$V_{\text{bus min}} \leq V_{\text{bus}} \leq V_{\text{bus max}} \quad (2)$$

根据以上两个限制条件, 目标函数定义如下

$$f = k_1 \left\{ \max \left[0, \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (\text{Voltage}\%_{i_{\text{withDG}}} - \text{Voltage}\%_{i_{\text{withoutDG}}}) \right] \right\} + k_2 \left\{ \max \left[0, \left(\sum_{j=1}^m (P_{j_{\text{withoutDG}}} - P_{j_{\text{withDG}}}) \right) \right] \right\} + k_3 \left\{ \max \left[0, \left(\sum_{j=1}^m (Q_{j_{\text{withoutDG}}} - Q_{j_{\text{withDG}}}) \right) \right] \right\} \quad (3)$$

式中, $\text{Voltage}\%_{i_{\text{withDG}}}$ 为接入DG后第*i*个节点的电压百分比; $\text{Voltage}\%_{i_{\text{withoutDG}}}$ 为未接入DG时第*i*个节点的电压百分比; $P_{j_{\text{withDG}}}$ 为接入DG后第*j*条支路的有功功率损耗; $P_{j_{\text{withoutDG}}}$ 为未接入DG时第*j*条支路的有功功率损耗; $Q_{j_{\text{withDG}}}$ 为接入DG后第*j*条支路的无功功率损耗; $Q_{j_{\text{withoutDG}}}$ 为未接入DG时第*j*条支路的无功功率损耗; k_1 、 k_2 和 k_3 为待定系数; n 为节点数; m 为支路数。

表达式的第一部分为接入DG和未接入DG时电压百分比差值的平均值。同样的方法接入DG和未接入DG时, 有功功率损耗的差值和无功功率损耗的差值也被计及在内, 从而建立了目标函数。取最大值的操作可以更好地满足限制条件, 达到最优化。

4 算例分析

以13节点配电网为例, 对两个容量相同的DG进行并网点选择分析, 电源有功功率为1 600 kW, 无功功率为0.01 kvar。进行并网点选择之前, 必须首先确定以下三个基本参数

$$\begin{aligned} \text{SAP} &= \sum_{i=1}^{13} P_{i_{\text{withoutDG}}} \\ \text{SRP} &= \sum_{i=1}^{13} Q_{i_{\text{withoutDG}}} \\ \text{AVP} &= \frac{1}{13} \sum_{j=1}^{13} \text{Voltage}\%_{j_{\text{withoutDG}}} \end{aligned} \quad (4)$$

式中, SAP为未计及DG时各支路有功功率损耗的总和; SRP为未计及DG时各支路无功功率损耗的

总和; AVP为未计及DG时各节点电压百分比的平均值。

确定以上参数后, 综合BBC算法要求及配电网功率因数情况, 取: $k_1 = 1\ 000$; $k_2 = 700$; $k_3 = 200$ 。目标函数为

$$f = \frac{1000}{\text{AVP}} \left\{ \max \left[0, \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (\text{Voltage}\%_{i_{\text{withDG}}} - \text{Voltage}\%_{i_{\text{withoutDG}}}) \right] \right\} + \frac{700}{\text{SAP}} \left\{ \max \left[0, \left(\sum_{j=1}^m (P_{j_{\text{withoutDG}}} - P_{j_{\text{withDG}}}) \right) \right] \right\} + \frac{200}{\text{SRP}} \left\{ \max \left[0, \left(\sum_{j=1}^m (Q_{j_{\text{withoutDG}}} - Q_{j_{\text{withDG}}}) \right) \right] \right\} \quad (5)$$

依据本文介绍的方法分析, 得到DG的最佳安装位置为节点9和节点13。当DG安装在节点9和节点13时, 原系统与安装DG后的电压特征和有功功率损耗如图1、图2所示。

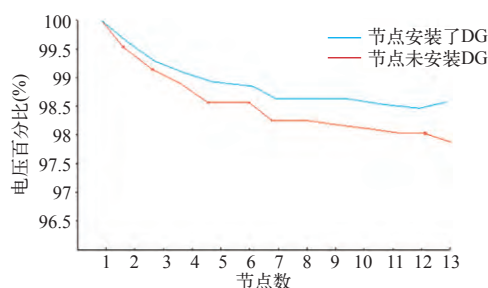


图1 原系统与安装DG后的电压特征

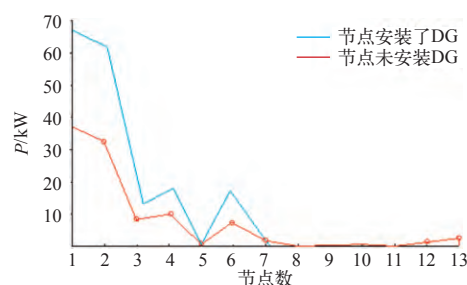


图2 原系统与安装DG后的有功功率损耗

为证明结果的有效性, 图3列出了DG在系统中所有可能的安装位置（横坐标中部分节点未标出）。从图中可以看出, 当DG安装位置越靠近末节点时, 得到的目标函数比值越高。

对仿真结果进行分析, 可以得出以下结论:

1) 本文提出的目标函数在DG并网点的选择中具有实际意义, 为DG的接入系统设计提供了较为可靠的研究方法。

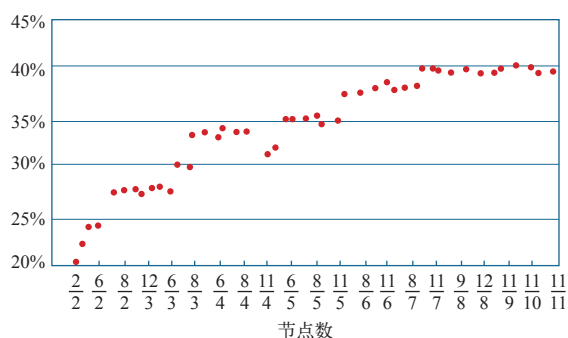


图3 DG在所有可能位置时的目标函数比值

2) 对于节点较少的系统, BBC算法不能充分发挥其优越性。在节点较少的系统中, 可以采用直接进行潮流计算的研究方法。在节点较多的系统中, 本文提出的算法能够准确、较快地进行DG并网节点选择。

3) DG安装在系统的任意节点都会改变电网特性, 准确的选址使其对电网的影响最有利。

4) 基于BBC算法比单一算法具有更好的可靠性、更强的全局寻优能力和更高的结果稳定性, 结果证明利用BBC算法进行分布式电源并网节点选择具有可行性和有效性。

5 工程应用

5.1 工程介绍

华能定边狼尔沟9 MW分布式示范风电场场址位于陕西省北部榆林市定边县城东南约15 km的贺圈镇狼尔沟村, 距离省道303路口约6 km, 具体场址南北宽约2 km, 东西长约5 km, 海拔在1 500~1 550 m之间, 为黄土高原北部的黄土低岗斜坡, 场地开阔, 地势起伏不大。本体设计安装6台单机容量1 500 kW的MY1.5SE-82型风力发电机组, 风机叶片长度82 m, 轮毂高度65 m。根据该风电场风资源和地形特点, 充分利用风能资源, 并考虑输电线路、施工便利等因素, 最终采用规则布置。风机最小间距为5D, 尾流影响系数最高为2.91, 最低为0.36。

风电机组出口电压0.69 kV, 配套选用6台箱式变压器进行升压, 风电机组与箱式变压器的接线方式采用一机一变的单元接线方式。采用美式箱

式变压器, 容量为1 600 kV·A, 每台箱式变压器的高压侧均用一根电力电缆引接至临近的10 kV架空汇集输电线路路上。

5.2 接入系统方案

在该风电场的接入系统设计中, 应用本文提出的算法进行分析, 确定了最终的接入系统方案: 正常运行方式下, 6台风力发电机组以2或4组合方式分别“T”接在砖井变压器的10 kV“新129线”和张梁变压器的10 kV“113线”上。新建两条送出线路长度约为6.5 km和5 km, 导线型号都采用LGJ-185。

5.3 风电场运行分析

目前该风电场运行情况良好, 随着风电场的分散接入, 优化了该地区的电网结构, 最大限度地减少了该风电场并网的网损, 一定程度上提高了该地区电网的电压质量, 适当减少了该地区对陕西电网的依赖性, 狼尔沟分布式示范风电场并网点的选择方案得到了该地区供电公司及用户的一致好评。

6 结束语

文章提出了以减少网损和改善电压质量为基础, 采用BBC算法对DG并网节点选择进行了研究。并通过算例及工程实例表明该方法是行之有效的。本文研究以DG容量已确定为基础, 对于容量未知的DG并网节点选择问题, 有待今后进一步研究。

参考文献

- [1] 吴争荣, 王钢, 李海峰, 等. 计及逆变型分布式电源控制特性的配电网故障分析方法[J]. 电力系统自动化, 2012(18): 98-102, 114.
- [2] 朱勇, 杨京燕, 张冬清. 基于有功网损最优的分布式电源规划[J]. 电力系统保护与控制, 2011(21): 23-27.
- [3] 王成山, 李琰, 彭克. 分布式电源并网逆变器典型控制方法综述[J]. 电力系统及其自动化学报, 2012(2): 16-24.

(收稿日期: 2016-09-13) **EA**