

含多类型分布式电源配电网重构优化研究

随经济发展以及环保意识逐步提高,对新能源的综合开发利用将会越趋重视。以风电、光伏和微型燃气轮机作为典型代表,分类分析各类能源特点,能源输出特性及对应并网结构设计。在上述分析基础上,以33节点新能源配网系统为例,分别用遗传算法、禁忌搜索算法展开迭代分析计算,按照网损最小进行新能源优化布置并进行对比分析。研究结果表明,可为类似配电网结构优化设计过程中优化算法选择提供参考。

胡永红/四川电力职业技术学院



胡永红/副教授

随着科技进步以及人民生活水平的提高,人们对新型、清洁和可再生能源如风能、太阳能等研究、开发投入日趋增大,其在电力系统中扮演的角色越趋重要。分布式电源作为传统电源的有益补充,在电网中的应用改变了传统电网系统结构,使得传统的配电系统更加多样化、复杂化以及运行灵活化。

本文以多类新能源配网为分析背景,研究分析新能源背景、特点及研究现状。重点对具有较大发展潜力的风力发电、光伏发电以及微型燃气轮机展开分析研究,仿真建立其潮流计算模型,仿真分析其运行特点。在上述分析的基础上,进行分布式电源潮流优化计算。

关键词/Keywords

配电网优化 ·
风电 ·
光伏 ·
微型燃气轮机 ·
遗传算法 ·
禁忌搜索算法 ·

分布式电源并网结构及挑战

智能电网作为未来电网发展方向之一,其典型特征之一就是可以充分发挥分布式电源特性,扩大分布式电源在电网中比重,降低电网对传统能源的依赖程度。目前,分布式电源并网主要有两种方式,即分布式并网方式和集中式并网方式。对于分布式并网方式,主要应

用于低压配电网领域,该并网方式优点是优化低压配电网结构,降低系统停运风险,当发生重大系统故障时可利用分布式电源进行最大范围局部供电。集中式并网主要是面向大型风电场或光伏电站,将新能源系统产生电能直接并入高压输电网,进行集中统一调度,扩大新能源供电范围。

受太阳能、风能等自然因素的影响,分布式发电系统接入配电网系统后,使得配电网系统的负荷预测、规划和运行都产生更大的不确定性,电能质量、系统可靠性和稳定控制方面如谐波问题、随机潮流问题、线路短路电流增大问题和优化系统运行状态等问题日趋复杂。未来随着分布式电源大量开发以及规模化并网,使得配电网负荷预测更加难以预测,系统稳定运行带来更大挑战。

开展多类型新能源运行特性研究,研究不同类型新能源能量转换特性,在上述工作基础上,展开分布式电源并网选址及能量配置,在实现充分开发利用再生新能源情况下,提高电网运行经济性,对上述能源接入后电网运行稳定性具有重要意义。

典型分布式电源能源转换特性分析

新能源典型特性包括清洁、高效和对环境无污染,某些清洁能源具有可再生功能。按照上述分析标准,风能、太阳能和潮汐能均属于清洁能源范畴,但按照目前科技发展现状,未来最先大规模投入新能源并网的主要集中在风电、光伏以及微型燃气轮机等。重点对上述

三类能源展开仿真分析,为新能源配电网重构优化提供理论基础。

1. 风电并网

风力发电作为一种新型可再生能源,规模开发主要集中在我国西北地区。它是通过利用风力将风能转换为机械能,带动发电机转动,转化为电能。风功率与空气密度、流面面积、风速关系如式(1)所示。对式(1)分析可知,在同等条件下,风功率受风速影响最大,成三次方关系,风速越大,风机输出功率越大,即

$$P = \frac{1}{2} \rho A v^3 \quad (1)$$

式中, ρ 为空气密度; A 为流面面积; v 为风速。

为确保风机接入交流系统后对受端交流系统影响最小,即确保风机功率输出受风能影响较小。目前,风机发电机主要包括恒频恒速风力发电机和变速恒频风力发电机两种类型。恒频恒速风力发电机主要指直接并网型感应式发电机组,该类型风机优点是成本低、可控性高和无须额外配网装置;缺点是不能最大限度捕捉风能,运行过程中,需要从交流电网吸收无功功率,不利于电网电压稳定。变速恒频风力发电机主要包括双馈感应发电机和直驱式永磁同步发电机。双馈感应发电机对转速要求严格,制造相对困难,目前应用很少。直驱风电机组采用低速同步发电机,无须变速机构,无须励磁装置,可靠性好,依靠电力电子技术通过交直交变换后接入交流电网,对交流电网系统稳定运行影响小,为当前主流风电机型。图1为直驱型风电机组联网系统。

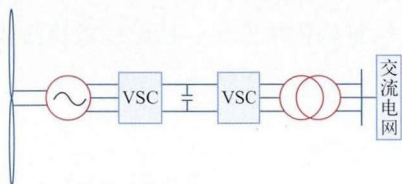


图1 直驱型风机联网系统

2. 光伏并网

光伏发电是利用光伏效应,通过光伏电池将太阳辐射能转换为电能,与风机发电的区别是,光伏输出为直流电,直接通过逆变器逆变后即可

接入交流电网。受光照强度因素影响,电压输出不稳定。图2为光伏电压电流特性。图中0点即为光伏的最佳工作点,在该点可以保证光伏具有最大的光能利用效率。图3为光伏联网系统,光伏发出电能通过直流变换升压后,通过VSC逆变器接入交流电网,MPP控制器为直流电压变换控制器,确保光伏系统始终工作在最佳能源转换状态。

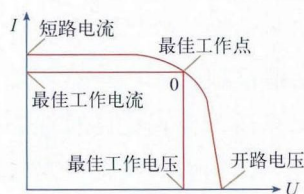


图2 光伏电池电压电流特性

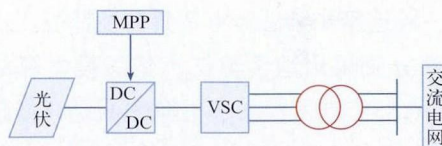


图3 光伏联网系统

3. 微型燃气轮机

燃气轮机是以天然气、沼气等清洁能源为燃料发电设备。它的基本工作原理是将与空气混合后的燃料,通过点火燃烧,推动叶片做功,带动发电机发电,完成由机械能到电能的转换。燃气轮机发出的为高频的交流电,不能直接用于交流电网并网,需要通过AD-DA转化后,才能并入交流电网系统。图4为微型发电机系统并网结构图。

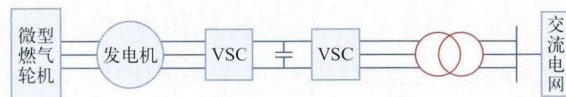


图4 燃气轮机联网系统

采用不同算法三馈线系统重构对比分析

对新能源配电网重构问题,其实是一个最优化求解问题。它是依照一定的参考标准,通过一定的途径和规则,计算求解最优分布式电源布置。目前,对于最优化求解计算,一般可以分为

局部最优计算和全局最优计算。局部最优计算理论相对比较成熟,通过求解局部极小值即可,如局部最优计算常用到的牛顿法、共轭梯度法等。全局最优算法相对比较困难,采用不同的算法,可能求得的最优解并不完全吻合,还要通过对比分析,从中对比选择。全局最优算法常用算法包括遗传算法、禁忌搜索算法和蚁群算法等。本节将分别采用遗传算法和禁忌搜索算法来完成新能源配网结构优化设计,并对二者结果进行对比分析。

遗传算法是模拟生物在自然环境中遗传和进化形成的一种自适应全局优化算法,选择、交叉和变异是遗传算法的典型特征。禁忌搜索算法是一种亚启发式随机搜索算法,是局部领域搜索的扩展,全局逐步寻优算法,初始数、适应度函数、邻域结构、候选解和禁忌对象是其典型特征。

下面分别采用遗传算法、禁忌搜索算法对如图5所示的33节点含分布式电源配网进行最优化设计。图5中系统变电站负荷为5 900 kW,负载负荷3 300 kvar,0节点为平衡节点,每个节点并入DG容量不超过100 kW。

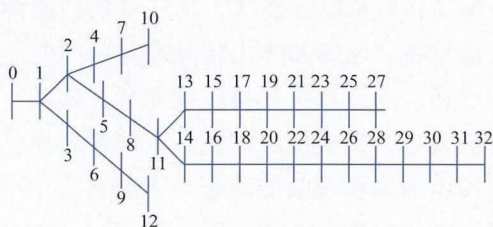


图5 33节点电力系统结构图

1. 遗传算法

初始参数设置如下:种群大小100;最大迭代次数100次;交叉概率0.8;变异概率0.05。经过62次迭代优化后新能源容量配置及节点配置分别如表1和图6所示。

表1 遗传优化后能量配置图表

节点	13	17	19	20	22	23	24	25	26	27	28	30	32
容量	50	90	40	20	70	10	90	70	80	90	20	50	50

2. 禁忌搜索算法

初始参数设置如下:初始值随机配置,经过

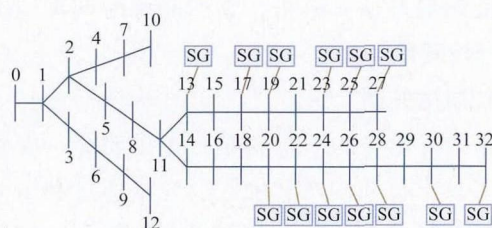


图6 基于遗传算法新能源配网重构优化

73次迭代收敛后,优化后新能源容量配置及节点配置分别如表2和图7所示。

表2 禁忌搜索算法优化后能量配置图表

节点	21	23	25	27	28	29	30	31	32
容量	100	100	100	100	90	50	50	60	90

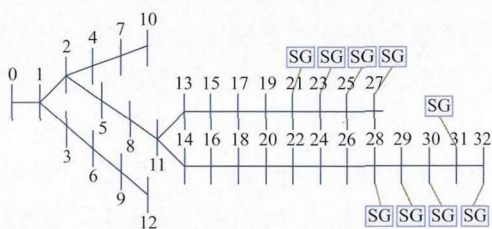


图7 基于禁忌搜索算法新能源配网重构优化

经过计算可得,采用遗传算法对接入配电网的新能源重构优化后,网损减少 1.03×10^{-3} kW;采用禁忌搜索算法后,网损减少为 1.07×10^{-3} kW。对比可得,采用禁忌搜索算法优于遗传算法。由上面计算过程说明可知,遗传算法经过62次迭代后,得出最优解,禁忌搜索算法经过73次迭代后得到最优解。遗传算法迭代次数明显低于禁忌搜索算法,这是由于遗传算法存在早熟的缺点,使得迭代到62次后进入局部最优解。禁忌搜索算法迭代73次后得到最优解。对比可得,该类型配网结构重构优化设计,禁忌搜索算法优于遗传算法。

结束语

分布式能源作为一种新型、清洁和高效能源,具有污染小、能效高和可再生利用等特点,随着科技进步,将在未来电网结构占据重要地位。本文以风电、光伏和微型燃气轮机为典型分

(下转第30页)

号或人体信号时执行开灯。经试验该照明控制装置平均节电率约为16.4%。

结束语

经初步试验和测算,光伏市电互补节能照明系统,在正常天气可以完全替代市电实现全楼教室照明,试验中选择了连续两天的阴雨天气进行测试,节电率亦可达到50%以上,全年平均节电率约为85%~95%,每年可节约电费及材料费3.36万元。

试验项目的光源及控制装置由学校实习工厂加工制作,成本约2.5万元,蓄电池组10万元,光伏电池板及控制器4.5万元,市电开关电源由现有实验设备改造成本约2.5万元,共计投入19.5万元,在设计寿命期内运行5.8年即可收回投资。如果采用普通铅酸蓄电池组,整个改造仅需投入约15.5万元,但目前国产铅酸蓄电池普遍深度放电性能不好,且很难达到设计工作寿命,故还是采用磷酸铁锂电池。

设计方案考虑到锂电池目前价格还较高,结合本地日照特点,蓄电池容量富余量选取较小

(取1.5天),但光伏电池阵列容量充足,蓄电池充电起始电压亦取得较高(为328 V),使系统可以很好地确保在下午日照强烈时完成蓄电池的补充充电,经试用符合设计预期。

参考文献

- [1] 汪义旺,曹丰文,张波.新型太阳能光伏LED照明驱动控制器的设计[J].电气应用,2012,31(14):32-34.
- [2] 王志勇,夏国明,江洪,等.智能小区太阳能路灯的设计[J].电气应用,2011,30(6):32-35.
- [3] 姜涛,王浩.高校道路节能照明改造与设计[J].电气应用,2014,33(6):110-111.
- [4] 矛干海.LED日光灯[OL].<http://static.ednchina.com/client/chuangxinjiang/longmaowei.pdf>.
- [5] 姜涛.大功率LED灯组的串并联驱动模式[J].电气应用,2014,33(2):33-35.
- [6] 姜涛,王浩.高校教室节能照明改造与设计[J].照明工程学报,2014(10):40-45.

(收稿日期:2015-05-15) EA

(上接第26页)

析对象,对上述能源特点、并网结构展开仿真分析。并在上述分析基础上,对含新能源配电网结构优化展开分析,对一典型33配电网系统展开分析,加入新能源接入限制条件,分别采用遗传算法、禁忌搜索算法对配电网结构展开优化设计,并对优化结果展开对比分析。计算结果证实,在配电网结构重构优化过程中,遗传算法受早熟特性影响,优化结果劣于禁忌搜索算法,间接证明,禁忌搜索算法更适合应用于分布式电源配电网优化设计。

参考文献

- [1] 杨艳红,裴玮,齐智平.基于动态运行策略的混合能源微电网规划方法[J].电力系统自动化,2012,36(10):30-36.
- [2] 梁有伟,胡志坚,陈允平.分布式发电及其在电力系统中的应用研究综述[J].电网技术,2003,

27(12):71-75.

- [3] 钱科军,袁越.分布式发电对配电网可靠性影响分析[J].电网技术,2008,32(11):74-79.
- [4] 葛少云,刘自发,余贻鑫.基于改进搜索的配电网重构[J].电网技术,2004,28(23):22-26.
- [5] 王成山,陈凯,谢莹华.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.
- [6] 郭力,富晓鹏,李霞林.独立交流微电网中电池储能与柴油发电机的协调控制[J].中国机电工程学报,2012,32(25):70-78.
- [7] 杨向真,苏建徽,丁明.微电网孤岛运行时的频率控制策略[J].电网技术,2010,34(1):164-168.
- [8] 王志群,朱守真,周双喜.分布式发电对配电网电压分布的影响[J].电力系统自动化,2004,28(16):38-43.

(收稿日期:2015-03-19) EA