



# 一种用于 MPPT 的改进型遗传算法

嘉兴学院机电工程学院 ■ 张浙熠 高慧敏\* 傅文珍

**摘要:** 在众多最大功率点跟踪 (MPPT) 算法中, 遗传算法具有收敛速度快的优点, 但实际应用中其存在准确率较低、在最大功率点附近摆动的问题, 所以在传统遗传算法的基础上引入扰动观察法来提高遗传算法的准确率, 并将改进型遗传算法和传统遗传算法进行了仿真对比。结果表明, 改进型遗传算法具有更高的准确率, 可提高光伏阵列的发电效率。

**关键词:** 光伏发电; 最大效率点跟踪; 遗传算法; 扰动观察法; 多峰值

## 0 引言

太阳能取之不竭, 是一种重要的清洁能源。光伏发电将太阳能转换成电能, 可以减少石油、煤炭等不可再生能源的使用, 降低能源转换过程中对环境的污染。光伏发电系统的发电效率主要受两方面因素的影响, 一方面是光伏阵列的发电效率, 另一方面是并网时电能的转换效率。本文只针对光伏阵列的发电效率进行了研究。

光伏阵列的  $P-V$  输出特性曲线呈非线性, 输出功率受温度、光照强度等因素的影响, 所以为了提高光伏阵列的发电效率, 需要使用最大功率点跟踪 (Maximum Power Point Tracking, MPPT) 技术, 以实现快速精确的控制。在众多 MPPT 算法中, 实际应用较多的是扰动观察法、电导增量法<sup>[1]</sup>等, 这些算法的原理简单、容易实现、硬件成本低, 但是存在跟踪速度慢、准确率低等问题。此外, 还有智能 MPPT 算法, 如粒子群算法、退火模拟算法、模糊控制、遗传算法<sup>[2-4]</sup>等, 这

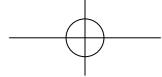
些算法原理较复杂、硬件成本相对较高, 但准确率更高。因此在实际光伏发电系统中, 常采用智能 MPPT 算法对最大功率点进行跟踪。

智能 MPPT 算法也存在需改进、优化的必要性。传统遗传算法作为一种较成熟的智能算法, 具有收敛速度快、全局搜索能力强的特点。但其实际应用在光伏 MPPT 控制时, 考虑到跟踪速度、硬件精度等问题, 会适当降低迭代次数、个体长度、种群大小等参数, 而这些参数的减小必然会降低算法的准确率。本文提出的改进遗传型算法是在传统遗传算法的基础上, 引入扰动观察法, 从而提高 MPPT 的准确率。首先参考光伏阵列的相关数学模型和输出特性曲线<sup>[5-6]</sup>, 在 Matlab 软件上拟合出输出特性曲线; 然后分别测试扰动观察法和传统遗传算法的搜索效果, 分析其优劣; 继而把传统遗传算法和扰动观察法相结合, 对这一改进型遗传算法进行测试分析; 最后得出结论。

收稿日期: 2019-02-26

基金项目: 嘉兴学院大学生国创项目 (201810354005); 浙江省教育厅一般科研项目 (Y201840405)

通信作者: 高慧敏 (1970—), 男, 博士、教授, 主要从事系统建模与仿真、生产优化与调度等方面的研究。453846094@qq.com



## 1 扰动观察法和传统遗传算法

### 1.1 扰动观察法

扰动观察法的思路是给当前输出电压施加一定的扰动,使扰动后的输出电压略大于或略小于原输出电压;通过比较原输出功率 $P$ 和扰动后的输出功率 $P_1$ 、 $P_2$ ,确定下一次的扰动方向;最后通过周期性的扰动寻找最大功率点。

这种方法的优点是原理简单、容易实现。缺点包括以下几个方面:1)扰动步长固定<sup>[7]</sup>。步长过大,会降低搜索精度,最后会在最大功率点处来回摆动;步长过小,需要的采集点成倍数增加,会严重降低对最大功率点的跟踪速度。2)在光伏阵列的 $P$ - $V$ 输出特性曲线单峰情况(图1)下,该方法可找到最大功率点;但是在多峰情况(图2)下,该方法会陷入局部最大功率点。

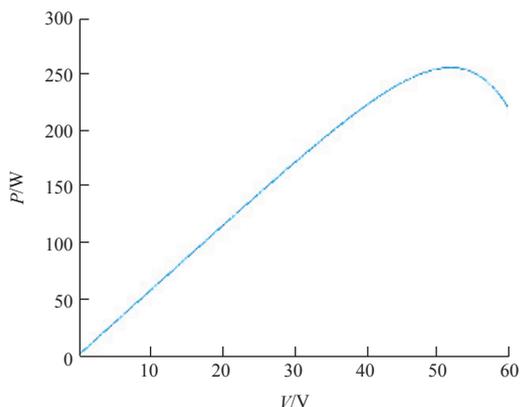


图1  $P$ - $V$ 曲线单峰情况

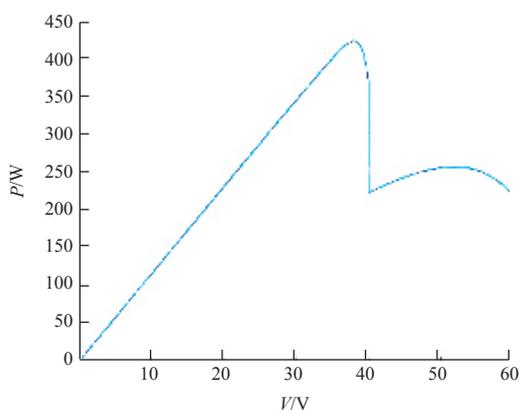


图2  $P$ - $V$ 曲线多峰情况

### 1.2 传统遗传算法

#### 1.2.1 传统遗传算法的原理

遗传算法是借鉴生物进化的过程,将跟踪最

大功率点的过程模拟成一个生物进化的过程,通过逐代的选择、复制、交叉、变异操作选出适应度较高的个体。

在跟踪最大功率点的实际过程中,输出电压用二进制表示,并将其作为种群的个体。每个输出电压对应的输出功率作为每个个体的适应度,显然,适应度最高的个体就是最大功率点对应的输出电压。种群内部的个体不断经过交叉、变异,产生新的个体。当迭代次数满足一定条件后,停止迭代,具有最大适应度的个体就是取得最大功率时的输出电压。

#### 1.2.2 传统遗传算法的设计

遗传算法有选择、复制、交叉、变异4个过程。为提高搜索速度,种群大小和最终迭代次数不宜过大,所以取种群大小为10,迭代次数为20次。个体长度的大小会影响搜索速度和搜索精度,本文的个体长度为10,分辨率达1/1023。

根据每个个体适应度的不同,用赌轮盘法<sup>[8]</sup>决定被选择的个体,并进行复制。个体进行交叉和变异的概率会影响搜索效果,交叉概率适当增加可以提高算法的收敛速度;变异概率适当增加可以提升算法全局搜索的能力,避免局部收敛。针对本文的算法参数和硬件参数,交叉概率 $P_c$ 取0.6、变异概率 $P_m$ 取0.1时的搜索效果较好。

算法运行后,第一代种群的个体随机产生,经过选择、复制等操作产生新一代的种群,每代种群中适应度最大值记为 $b_i$ ;达到预设的迭代次数后算法停止, $b_i$ 的最大值就是算法找到的最大输出功率 $P$ ,公式为:

$$P = \text{Max}\{b_i\} \quad (1)$$

#### 1.2.3 传统遗传算法的测试和分析

经过大量的仿真测试,传统遗传算法能找到最大功率点的概率为63.7%,其找到最大功率点的情况如图3a所示。

而传统遗传算法未能找到实际最大功率点的情况有2种:1)算法找到的功率点远小于实际最大功率点,如图3b所示;2)算法找到的功率点在实际最大功率点附近摆动,如图3c所示。

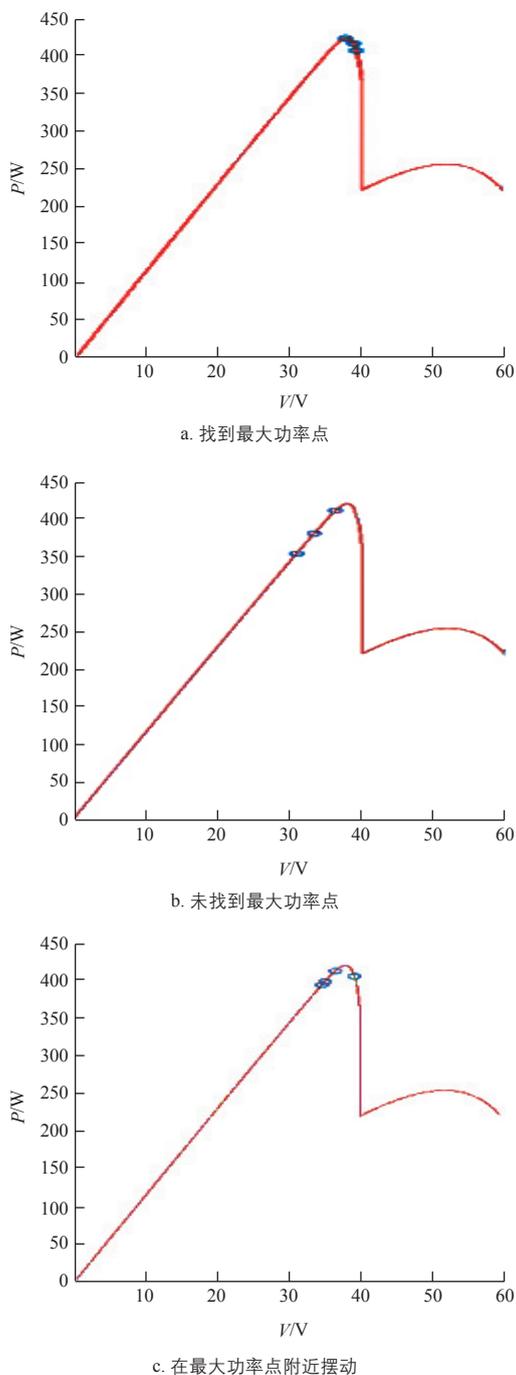


图3 传统遗传算法的最大功率点搜索结果示意图

上述2种传统遗传算法未能找到实际最大功率点的原因各不相同。

出现图3b这种情况主要有2种可能：1) 迭代次数不足。由于受限于迭代次数，算法未能找到实际最大功率点。2) 随机产生的第一代种群个体分布比较特殊，且未发生变异过程或变异产生的个体的适应度低，导致选择、复制过程产生的新

个体有限，因此不能产生具有更高适应度的个体。

出现图3c这种情况的主要原因是：精度不够，且遗传算法的选择、交叉等过程具有随机性。由于本实验的最小电压增量为58.65 mV，进行交叉、变异等操作时，电压变动较大，导致最终结果在实际最大功率点附近摆动。

根据上述分析可知，传统遗传算法应用于MPPT时，搜寻最大功率点的准确率不能达到100%。尤其在实际应用中，为了提高搜索速度，需要适当降低种群大小、个体长度和迭代次数，但这会进一步降低传统遗传算法的准确率，所以传统遗传算法应用于MPPT时需要进行改善。

## 2 改进型遗传算法

### 2.1 改进型遗传算法的原理

改进型遗传算法以传统遗传算法为核心，用扰动观察法对传统遗传算法的输出结果进行校正，以实现最大功率点的跟踪。在足够的迭代次数和个体长度条件下，传统遗传算法也能得到多峰情况下的最大功率点，但需要大量的采样、计算，严重降低了搜索速度。所以为了提高搜索速度，就需要适当限制迭代次数、个体长度等参数，但这会导致遗传算法的准确率下降。扰动观察法的原理简单、实现难度低、需要的样本数量少、计算量少，因此可引入扰动观察法对输出结果进行校正，从而提高算法的准确率。

### 2.2 改进型遗传算法的设计

改进型遗传算法实现的流程图如图4所示。

算法运行后随机选取10个样本点作为初始种群，通过采样、计算获得对应的适应度，保存该代最优个体；经过选择、复制、交叉、变异等操作后得到第二代种群，第二代种群保存最优个体；再经过选择复制等操作得到下一代种群，直到满足迭代次数要求后停止迭代。比较各代最优个体，得到预计的最大功率点，记该点的输出电压为 $U_0$ ，输出功率为 $P$ 。

在 $U_0$ 处施加2次扰动，扰动电压为 $\Delta u$ ，得

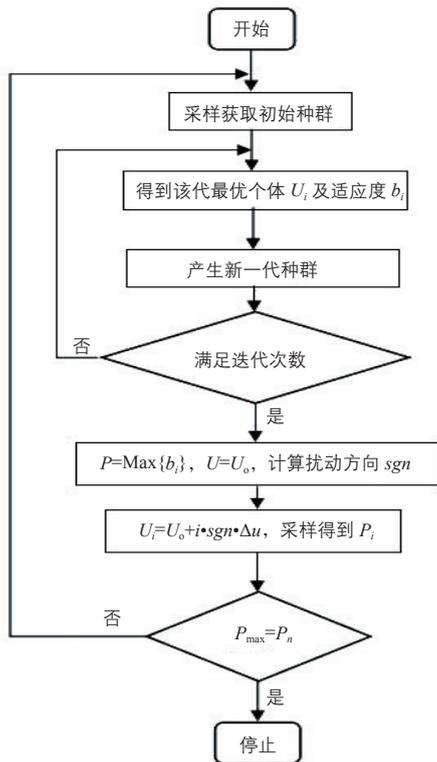
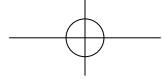


图 4 改进型遗传算法流程图

到施加扰动后的电压  $U_1=U_0-\Delta u$ 、 $U_2=U_0+\Delta u$ ，对应的输出功率为  $P_1$ 、 $P_2$ 。

对比  $P_1$ 、 $P_2$  可得到扰动方向  $sgn$  为：

$$sgn = \begin{cases} -1 & (P_2 - P_1 < 0) \\ 1 & (P_2 - P_1 \geq 0) \end{cases} \quad (2)$$

最后在该  $U_0$  点处施加  $n$  次扰动，可知第  $i$  次扰动时的输出电压为：

$$U_i = U_0 + i \cdot sgn \cdot \Delta u \quad (3)$$

比较扰动后各点的输出功率  $P_i$ ，若最大输出功率不为  $P_n$ ，表示扰动得到的  $P_i$  具有单调性，未找到最大功率点，重新开始寻找；若最大输出功率为  $P_n$ ，则表示找到了最大功率点，算法结束。

### 2.3 改进型遗传算法的测试和分析

改进型遗传算法的预设参数与上文传统遗传算法的预设参数相同。扰动电压  $\Delta u=0.3$  V，扰动次数  $n=20$ 。实验结果如图 5 和表 1 所示。

改进型遗传算法是对最后的输出结果进一步扰动检测，所以与传统遗传算法相比，其具有更高的准确率。传统遗传算法受限于迭代次数和变异的随机性，会产生输出结果远低于实际最大功

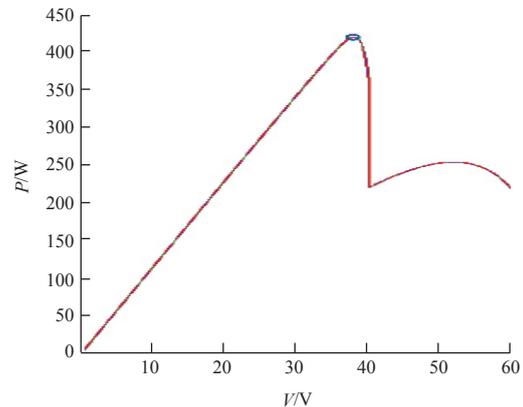


图 5 改进型遗传算法的输出结果示意图

表 1 改进型遗传算法的输出结果

搜索结果	找到最大功率点	在最大功率点附近
次数 / 次	284	16
概率 / %	94.67	5.33

率的情况。但改进型遗传算法避免了该种情况，输出结果等于或略小于实际最大功率点。

### 3 结论

本文设计了一种改进型遗传算法，该算法以传统遗传算法为核心，用扰动观察法对输出结果进行校正，以此提高算法的准确率。通过仿真测试及对比分析，证明了改进型遗传算法具有更高的准确率。

#### 参考文献

- [1] 陈亚爱, 周京华, 李津, 等. 梯度式变步长 MPPT 算法在光伏系统中的应用 [J]. 中国电机工程学报, 2014, 34(19): 3156 - 3161.
- [2] 郑俊观, 王硕禾, 齐赛赛. 改进粒子群优化算法在光伏多峰 MPPT 中的应用 [J]. 微电网技术, 2018, (6): 53 - 59.
- [3] 袁晓玲, 陈宇. 自适应权重粒子群算法在阴影光伏发电最大功率点跟踪 (MPPT) 中的应用 [J]. 中国电力, 2013, 46(10): 85 - 90.
- [4] Dang C L, Li J H, Du W, et al. MPPT algorithm combined method of mountain climbing and variable universe fuzzy control [J]. Application of Electronic Technique, 2018, 44 (3): 143 - 146, 150.
- [5] 茆美琴, 余世杰, 苏建徽. 带有 MPPT 功能的光伏阵列 Matlab 通用仿真模型 [J]. 系统仿真学报, 2005, 17(5): 1248 - 1251.
- [6] 杨元培, 杨奕, 王建山, 等. 光伏发电系统电池最大功率跟踪控制仿真 [J]. 计算机仿真, 2018, 35(6): 116 - 121.
- [7] 邱革非, 张春刚, 仲泽坤, 等. 基于扰动观察法和电导增量法的光伏发电系统 MPPT 算法研究综述 [J]. 中国电力, 2017, 50(3): 154 - 160.
- [8] 邓素娟, 蒲石. 赌轮盘算法的实现和分析 [J]. 乐山师范学院学报, 2014, 29(12): 63 - 65. 太阳能