



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 109814651 B

(45)授权公告日 2020.07.07

(21)申请号 201910053951.8

(22)申请日 2019.01.21

(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 109814651 A

(43)申请公布日 2019.05.28

(73)专利权人 中国地质大学(武汉)
地址 430000 湖北省武汉市洪山区鲁磨路
388号

(72)发明人 谭智力 杨胜胜

(74)专利代理机构 武汉知产时代知识产权代理
有限公司 42238

代理人 孙妮

(51)Int.Cl.
G05F 1/67(2006.01)

(56)对比文件

- CN 106444956 A, 2017.02.22,
- CN 106444956 A, 2017.02.22,
- CN 104331635 A, 2015.02.04,
- CN 107202950 A, 2017.09.26,
- CN 105844369 A, 2016.08.10,
- CN 108170200 A, 2018.06.15,
- CN 105867514 A, 2016.08.17,
- CN 106155170 A, 2016.11.23,
- CN 106408082 A, 2017.02.15,
- CN 108656117 A, 2018.10.16,

审查员 冯珊珊

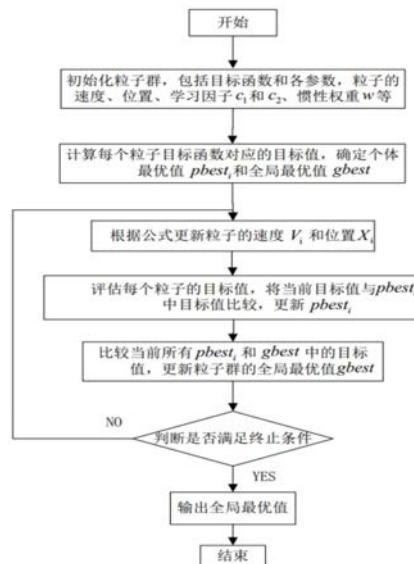
权利要求书3页 说明书7页 附图2页

(54)发明名称

基于粒子群的光伏电池多峰值最大功率跟踪方法及系统

(57)摘要

本发明公开了一种基于粒子群的光伏电池多峰值最大功率跟踪方法及系统,本发明通过获得局部阴影条件下光伏电池输出的电压以及电流数据值,将粒子初始化在可能的电压值处,通过迭代的方式不断更新粒子最大功率点,寻找个体历史最优位置和全局最优位置,从而确定复杂局部阴影条件下的多峰值最大功率点,达到相对应的结束条件之后搜寻最大功率点结束。与传统的最大功率跟踪方法相比,本发明公开的最大功率跟踪方法可以避免搜寻陷入局部最优,保证跟踪的精度和速度,减小了跟踪过程中的震荡损耗,更符合实际。



1. 一种基于粒子群的光伏电池多峰值最大功率跟踪方法,其特征在于,包括:

S1、根据光伏电池阵列的开路电压 U_{oc} ,在 $[0, U_{oc}]$ 上选取 m 个点,作为粒子 i 的初始电压 $V_i(k)$, $i \in [1, 2, 3, \dots, m]$, k 表示迭代的次数,初始电压时 $k=0$, m 为大于1的正整数;初始化粒子种群的参数,包括了粒子权重 ω 的取值,自我学习因子 c_1 与社会学习因子 c_2 的设定范围;

S2、计算各个粒子的适应度值,适应度值等于光伏电池阵列的输出功率;根据各个粒子的适应度值寻找种群的个体最优位置与全局最优位置;

S3、更新各个粒子的位置与速度,得到新的下一代粒子种群的适应度值;

S4、分别比较下一代粒子种群的个体最优位置与全局最优位置与本次更新之前的个体最优位置与全局最优位置,以分别更新个体最优位置与全局最优位置,更新的准则:计算当前位置的适应度值后与本次更新之前的最优适应度值比较,将较大的适应度值对应的位置作为该粒子的新的个体最优位置,将所有的新的个体最优位置粒子中最大的适应度值对应的位置作为全局最优位置;

S5、返回步骤S3,直至达到收敛条件或者达到最大迭代次数,将最后的全局最优位置作为光伏系统的最大功率点所对应的工作电压;

所述的粒子权重 ω 取值是线性递减权重,计算公式为:
$$\omega_i^k = \omega_{min} + c * \frac{f_i^k - f_{min}^k}{f_{max}^k - f_{min}^k} * \frac{\maxgen - k}{\maxgen},$$

其中 c 为介于0至1之间的调节系数, k 为当前迭代的次数, \maxgen 为最大迭代次数, ω_{min} 为最小惯性权重, ω_{max} 为最大惯性权重, f_i^k 为第 k 代中的第 i 个粒子的适应度值, f_{min}^k 和 f_{max}^k 分别为第 k 代中的第 i 个粒子的最小和最大适应度值, ω_i^k 为第 k 代中的第 i 个粒子的权重。

2. 根据权利要求1所述的基于粒子群的光伏电池多峰值最大功率跟踪方法,其特征在于,所述的在 $[0, U_{oc}]$ 上选取 m 个点的选取的要求是线性均匀选取或者是将粒子均匀分布在理论值处,所述的理论值数值等于 $0.8 * U_{oc}$ 。

3. 根据权利要求1所述的基于粒子群的光伏电池多峰值最大功率跟踪方法,其特征在于,所述的学习因子 c_1 及 c_2 的设定范围是 $(0, 2)$,学习因子 c_1 及 c_2 在 $(0, 2)$ 区间内随机取值。

4. 根据权利要求1所述的基于粒子群的光伏电池多峰值最大功率跟踪方法,其特征在于,所述更新各个粒子的位置与速度具体是指:

在 n 维的搜索空间中,由 m 个粒子组成的种群记为 $X = (x_1, \dots, x_i, \dots, x_m)$,第 i 个粒子所在的位置为 $x_i = (x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{in})^T$,速度为 $v_i = (v_{i1}, v_{i2}, \dots, v_{in})^T$,第 i 个粒子在空间搜索过程中搜索到的自身最优位置 $P_i = (p_{i1}, p_{i2}, \dots, p_{id})^T$,全局最优位置 $P_g = (p_{g1}, p_{g2}, \dots, p_{gd})^T$,每个粒子代表一个解,粒子的位置与速度以迭代的方式进行更新,公式为:

$$\begin{cases} v_{id}^{k+1} = \omega_i^k v_{id}^k + c_1 r_1 (p_{bestid}^k - x_{id}^k) + c_2 r_2 (g_{bestd}^k - x_{id}^k); \\ x_{id}^{k+1} = v_{id}^{k+1} + x_{id}^k \end{cases};$$

v_i^k 是粒子 i 在第 k 次迭代的速度,是 v_{id}^k 第 d 维的速度分量; x_i^k 是粒子 i 在第 k 次的位置, x_{id}^k 是 x_i^k 第 d 维的位置分量; p_{besti}^k 是粒子 i 在第 k 次迭代的个体最优位置, p_{bestid}^k 是 p_{besti}^k 第 d 维的个体最优位置分量; g_{gest}^k 是粒子群在第 k 次迭代的全局最优位置, g_{bestd}^k 是 g_{gest}^k 第 d 维的最优位置分量, ω_i^k 为第 k 代中的第 i 个粒子的权重, r_1 与 r_2 是在 $[0, 1]$ 区间内均匀分布的随机数。

5. 根据权利要求1所述的基于粒子群的光伏电池多峰值最大功率跟踪方法,其特征在在于,所述达到收敛条件是指:

判断所有粒子所对应的适应度值最大与最小的差值,如果差值小于预设差值,表示达到收敛条件,此时粒子群算法执行完毕,否则未达到收敛条件。

6. 根据权利要求1所述的基于粒子群的光伏电池多峰值最大功率跟踪方法,其特征在在于,适应度值的计算公式为:

$$f_p(v_i^k) = v_i^k * i_{pvi}^k;$$

v_i^k 是粒子*i*在第*k*次迭代的速度,代表光伏电池输出的电压值; i_{pvi}^k 代表光伏电池当前输出电压测得的电流; $f_p(v_i^k)$ 是粒子的目标函数值代表当前光伏电池输出电压对应的输出功率,即适应度值。

7. 一种基于粒子群的光伏电池多峰值最大功率跟踪系统,其特征在在于,包括:

初始化模块,用于根据光伏电池阵列的开路电压 U_{oc} ,在 $[0, U_{oc}]$ 上选取*m*个点,作为粒子*i*的初始电压 $V_i(k)$, $i \in [1, 2, 3, \dots, m]$,*k*表示迭代的次数,初始电压时*k*=0,*m*为大于1的正整数;初始化粒子种群的参数,包括了粒子权重 ω 的取值,自我学习因子 c_1 与社会学习因子 c_2 的设定范围;

最优位置计算模块,用于计算各个粒子的适应度值,适应度值等于光伏电池阵列的输出功率;根据各个粒子的适应度值寻找种群的个体最优位置与全局最优位置;

粒子种群更新模块,用于更新各个粒子的位置与速度,得到新的下一代粒子种群的适应度值;

最优位置更新模块,用于分别比较下一代粒子种群的个体最优位置与全局最优位置与本次更新之前的个体最优位置与全局最优位置,以分别更新个体最优位置与全局最优位置,更新的准则:计算当前位置的适应度值后与本次更新之前的最优适应度值比较,将较大的适应度值对应的位置作为该粒子的新的个体最优位置,将所有的新的个体最优位置粒子中最大的适应度值对应的位置作为全局最优位置;

最优位置更新模块,用于返回粒子种群更新模块,直至达到收敛条件或者达到最大迭代次数,将最后的全局最优位置作为光伏系统的最大功率点所对应的工作电压;

所述的粒子权重 ω 取值是线性递减权重,计算公式为: $\omega_i^k = \omega_{min} + c * \frac{f_i^k - f_{min}^k}{f_{max}^k - f_{min}^k} * \frac{maxgen - k}{maxgen}$,其中*c*为介于0至1之间的调节系数,*k*为当前迭代的次数,*maxgen*为最大迭代次数, ω_{min} 为最小惯性权重, ω_{max} 为最大惯性权重, f_i^k 为第*k*代中的第*i*个粒子的适应度值, f_{min}^k 和 f_{max}^k 分别为第*k*代中的第*i*个粒子的最小和最大适应度值, ω_i^k 为第*k*代中的第*i*个粒子的权重。

8. 根据权利要求7所述的基于粒子群的光伏电池多峰值最大功率跟踪系统,其特征在在于,所述更新各个粒子的位置与速度具体是指:

在*n*维的搜索空间中,由*m*个粒子组成的种群记为 $X = (x_1, \dots, x_i, \dots, x_m)$,第*i*个粒子所在的位置为 $x_i = (x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{in})^T$,速度为 $v_i = (v_{i1}, v_{i2}, \dots, v_{in})^T$,第*i*个粒子在空间搜索过程中搜索到的自身最优位置 $P_i = (p_{i1}, p_{i2}, \dots, p_{id})^T$,全局最优位置 $P_g = (p_{g1}, p_{g2}, \dots, p_{gd})^T$,每个粒子代表一个解,粒子的位置与速度以迭代的方式进行更新,公式为:

$$\begin{cases} v_{id}^{k+1} = \omega_i^k v_{id}^k + c_1 r_1 (p_{bestid}^k - x_{id}^k) + c_2 r_2 (g_{bestd}^k - x_{id}^k) \\ x_{id}^{k+1} = v_{id}^{k+1} + x_{id}^k \end{cases};$$

v_i^k 是粒子 i 在第 k 次迭代的速度, 是 v_{id}^k 第 d 维的速度分量; x_i^k 是粒子 i 在第 k 次的位置, x_{id}^k 是 x_i^k 第 d 维的位置分量; p_{besti}^k 是粒子 i 在第 k 次迭代的个体最优位置, p_{bestid}^k 是 p_{besti}^k 第 d 维的个体最优位置分量; g_{gest}^k 是粒子群在第 k 次迭代的全局最优位置, g_{bestd}^k 是 g_{gest}^k 第 d 维的最优位置分量, ω_i^k 为第 k 代中的第 i 个粒子的权重, r_1 与 r_2 是在 $[0, 1]$ 区间内均匀分布的随机数。

基于粒子群的光伏电池多峰值最大功率跟踪方法及系统

技术领域

[0001] 本发明涉及一种基于粒子群的光伏电池多峰值最大功率跟踪方法及系统,属于光伏发电工程领域。

背景技术

[0002] 随着矿石能源的逐步消耗以及环境污染的逐步加剧,可再生能源越来越多的受到人们的青睐。作为一种环保、可再生的能源,太阳能光伏发电技术已经被广泛应用,光伏(PV)装置被越来越多地投入到各种应用中。但是光电转换效率问题一直是阻碍光伏发电发展的一个技术瓶颈。为了更大限度地发展和利用太阳能资源,对光伏发电系统的最大功率点进行跟踪是提高光电转换效率十分有效的途径,然而最大功率跟踪的主要挑战是要应对它随温度和日照变化的非线性输出特性,并且如果整个阵列没有得到均匀光照,例如在分布式光伏发电的城市中,遇到树木的遮挡、云层的变化以及灰尘的不均匀积累,该特性变得更为复杂,出现多峰特性。多峰的存在降低了现有最大功率点跟踪(MPPT)方案的有效性,因为它们不能辨别局部最高点和整体最高点。

[0003] 因此对部分遮蔽情况下光伏系统最大功率点跟踪的研究至关重要。现有传统技术多为单峰值最大功率跟踪方法,而传统方法跟踪速度慢,且在稳态时容易发生功率震荡,增加功率损耗,更为主要的是,极易发生误判陷入局部最优。

[0004] 基于以上分析,本发明提出了一种基于粒子群算法的最大功率跟踪方法,可以有效避免陷入局部最优获得局部阴影条件下光伏电池的组的最大功率点。

发明内容

[0005] 本发明要解决的技术问题在于,针对现有技术多为单峰值最大功率跟踪方法,而传统方法跟踪速度慢,且在稳态时容易发生功率震荡,增加功率损耗,极易发生误判陷入局部最优的技术缺陷,提供了一种基于粒子群的光伏电池多峰值最大功率跟踪方法。

[0006] 本发明解决其技术问题,所采用的基于粒子群的光伏电池多峰值最大功率跟踪方法包括:

[0007] S1、根据光伏电池阵列的开路电压 U_{oc} ,在 $[0, U_{oc}]$ 上选取 m 个点,作为粒子 i 的初始电压 $V_i(k)$, $i \in [1, 2, 3, \dots, m]$, k 表示迭代的次数,初始电压时 $k=0$, m 为大于1的正整数;初始化粒子种群参数,包括了粒子权重 ω 的取值,自我学习因子 c_1 与社会学习因子 c_2 的设定范围;

[0008] S2、计算各个粒子的适应度值,适应度值等于光伏电池阵列的输出功率;根据各个粒子的适应度值寻找种群的个体最优位置与全局最优位置;

[0009] S3、更新各个粒子的位置与速度,得到新的下一代粒子种群的适应度值;

[0010] S4、分别比较下一代粒子种群的个体最优位置与全局最优位置与本次更新之前的个体最优位置与全局最优位置,以分别更新个体最优位置与全局最优位置,更新的准则:计算当前位置的适应度值后与本次更新之前的最优适应度值比较,将较大的适应度值对应的

位置作为该粒子的新的个体最优位置,将所有的新的个体最优位置粒子中最大的适应度值对应的位置作为全局最优位置;

[0011] S5、返回步骤S3,直至达到收敛条件或者达到最大迭代次数,将最后的全局最优位置作为光伏系统的最大功率点所对应的工作电压。

[0012] 进一步地,在本发明的基于粒子群的光伏电池多峰值最大功率跟踪方法中,所述的在 $[0, U_{oc}]$ 上选取 m 个点的选取的要求是线性均匀选取或者是将粒子均匀分布在理论值处,所述的理论值数值等于 $0.8 * U_{oc}$ 。

[0013] 进一步地,在本发明的基于粒子群的光伏电池多峰值最大功率跟踪方法中,所述的学习因子 c_1 及 c_2 的设定范围是 $(0, 2)$,学习因子 c_1 及 c_2 在 $(0, 2)$ 区间内随机取值。

[0014] 进一步地,在本发明的基于粒子群的光伏电池多峰值最大功率跟踪方法中,所述

的粒子权重 ω 取值是线性递减权重,计算公式为:
$$\omega_i^k = \omega_{min} + c * \frac{f_i^k - f_{min}^k}{f_{max}^k - f_{min}^k} * \frac{\maxgen - k}{\maxgen}$$
,其

中 c 为介于0至1之间的调节系数, k 为当前迭代的次数, \maxgen 为最大迭代次数, ω_{min} 为最小惯性权重, ω_{max} 为最大惯性权重, f_i^k 为第 k 代中的第 i 个粒子的适应度值, f_{min}^k 和 f_{max}^k 分别为第 k 代中的第 i 个粒子的最小和最大适应度值, ω_i^k 为第 k 代中的第 i 个粒子的权重。

[0015] 进一步地,在本发明的基于粒子群的光伏电池多峰值最大功率跟踪方法中,所述更新各个粒子的位置与速度度具体是指:

[0016] 在 n 维的搜索空间中,由 m 个粒子组成的种群记为 $X = (x_1, \dots, x_i, \dots, x_m)$,第 i 个粒子所在的位置为 $x_i = (x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{in})^T$,速度为 $v_i = (v_{i1}, v_{i2}, \dots, v_{in})^T$,第 i 个粒子在空间搜索过程中搜索到的自身最优位置 $P_i = (p_{i1}, p_{i2}, \dots, p_{id})^T$,全局最优位置 $P_g = (p_{g1}, p_{g2}, \dots, p_{gd})^T$,每个粒子代表一个解,粒子的位置与速度以迭代的方式进行更新,公式为:

$$[0017] \quad \begin{cases} v_{id}^{k+1} = \omega_i^k v_{id}^k + c_1 r_1 (p_{bestid}^k - x_{id}^k) + c_2 r_2 (g_{bestd}^k - x_{id}^k); \\ x_{id}^{k+1} = v_{id}^{k+1} + x_{id}^k \end{cases}$$

[0018] v_i^k 是粒子 i 在第 k 次迭代的速度,是 v_{id}^k 第 d 维的速度分量; x_i^k 是粒子 i 在第 k 次的位置, x_{id}^k 是 x_i^k 第 d 维的位置分量; p_{besti}^k 是粒子 i 在第 k 次迭代的个体最优位置, p_{bestid}^k 是 p_{besti}^k 第 d 维的个体最优位置分量; g_{gest}^k 是粒子群在第 k 次迭代的全局最优位置, g_{bestd}^k 是 g_{gest}^k 第 d 维的最优位置分量, ω_i^k 为第 k 代中的第 i 个粒子的权重, r_1 与 r_2 是在 $[0, 1]$ 区间内均匀分布的随机数。

[0019] 进一步地,在本发明的基于粒子群的光伏电池多峰值最大功率跟踪方法中,所述达到收敛条件是指:

[0020] 判断所有粒子所对应的适应度值最大与最小的差值,如果差值小于预设差值,表示达到收敛条件,此时粒子群算法执行完毕,否则未达到收敛条件。

[0021] 进一步地,在本发明的基于粒子群的光伏电池多峰值最大功率跟踪方法中,适应度值的计算公式为:

$$[0022] \quad f_p(v_i^k) = v_i^k * i_{pvi}^k;$$

[0023] v_i^k 是粒子 i 在第 k 次迭代的速度,代表光伏电池输出的电压值; i_{pvi}^k 代表光伏电池当

前输出电压测得的电流； $f_p(v_i^k)$ 是粒子的目标函数值代表当前光伏电池输出电压对应的输出功率，即适应度值。

[0024] 本发明为解决其技术问题，所提供的一种基于粒子群的光伏电池多峰值最大功率跟踪系统包括：

[0025] 初始化模块，用于根据光伏电池阵列的开路电压 U_{oc} ，在 $[0, U_{oc}]$ 上选取 m 个点，作为粒子 i 的初始电压 $V_i(k)$ ， $i \in [1, 2, 3, \dots, m]$ ， k 表示迭代的次数，初始电压时 $k=0$ ， m 为大于1的正整数；初始化粒子种群的参数，包括了粒子权重 ω 的取值，自我学习因子 c_1 与社会学习因子 c_2 的设定范围；

[0026] 最优位置计算模块，用于计算各个粒子的适应度值，适应度值等于光伏电池阵列的输出功率；根据各个粒子的适应度值寻找种群的个体最优位置与全局最优位置；

[0027] 粒子种群更新模块，用于更新各个粒子的位置与速度，得到新的下一代粒子种群的适应度值；

[0028] 最优位置更新模块，用于分别比较下一代粒子种群的个体最优位置与全局最优位置与本次更新之前的个体最优位置与全局最优位置，以分别更新个体最优位置与全局最优位置，更新的准则：计算当前位置的适应度值后与本次更新之前的最优适应度值比较，将较大的适应度值对应的位置作为该粒子的新的个体最优位置，将所有的新的个体最优位置粒子中最大的适应度值对应的位置作为全局最优位置；

[0029] 最优位置更新模块，用于返回粒子种群更新模块，直至达到收敛条件或者达到最大迭代次数，将最后的全局最优位置作为光伏系统的最大功率点所对应的工作电压。

[0030] 进一步地，在本发明的基于粒子群的光伏电池多峰值最大功率跟踪系统中，所述的粒子权重 ω 取值是线性递减权重，计算公式为： $\omega_i^k = \omega_{min} + c * \frac{f_i^k - f_{min}^k}{f_{max}^k - f_{min}^k} * \frac{\maxgen - k}{\maxgen}$ ，其

中 c 为介于0至1之间的调节系数， k 为当前迭代的次数， \maxgen 为最大迭代次数， ω_{min} 为最小惯性权重， ω_{max} 为最大惯性权重， f_i^k 为第 k 代中的第 i 个粒子的适应度值， f_{min}^k 和 f_{max}^k 分别为第 k 代中的第 i 个粒子的最小和最大适应度值， ω_i^k 为第 k 代中的第 i 个粒子的权重。

[0031] 进一步地，在本发明的基于粒子群的光伏电池多峰值最大功率跟踪系统中，所述更新各个粒子的位置与速度具体是指：

[0032] 在 n 维的搜索空间中，由 m 个粒子组成的种群记为 $X = (x_1, \dots, x_i, \dots, x_m)$ ，第 i 个粒子所在的位置为 $x_i = (x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{in})^T$ ，速度为 $v_i = (v_{i1}, v_{i2}, \dots, v_{in})^T$ ，第 i 个粒子在空间搜索过程中搜索到的自身最优位置 $P_i = (p_{i1}, p_{i2}, \dots, p_{id})^T$ ，全局最优位置 $P_g = (p_{g1}, p_{g2}, \dots, p_{gd})^T$ ，每个粒子代表一个解，粒子的位置与速度以迭代的方式进行更新，公式为：

$$[0033] \quad \begin{cases} v_{id}^{k+1} = \omega_i^k v_{id}^k + c_1 r_1 (p_{bestid}^k - x_{id}^k) + c_2 r_2 (g_{bestd}^k - x_{id}^k) \\ x_{id}^{k+1} = v_{id}^{k+1} + x_{id}^k \end{cases};$$

[0034] v_i^k 是粒子 i 在第 k 次迭代的速度，是 v_{id}^k 第 d 维的速度分量； x_i^k 是粒子 i 在第 k 次的位置， x_{id}^k 是 x_i^k 第 d 维的位置分量； p_{besti}^k 是粒子 i 在第 k 次迭代的个体最优位置， p_{bestid}^k 是 p_{besti}^k 第 d 维的个体最优位置分量； g_{gest}^k 是粒子群在第 k 次迭代的全局最优位置， g_{bestd}^k 是 g_{gest}^k 第 d 维的最优位置

分量, ω_i^k 为第k代中的第i个粒子的权重, r_1 与 r_2 是在 $[0, 1]$ 区间内均匀分布的随机数。

[0035] 实施本发明的基于粒子群的光伏电池多峰值最大功率跟踪方法及系统, 具有以下有益效果:

[0036] 1. 本发明利用基于微生物行为机制的粒子群算法的全局搜索特点应用到光伏电池的最大功率跟踪方面, 避免了陷入局部最优, 提升了搜寻速度, 减小了震荡, 降低了损耗。

[0037] 2. 在粒子群算法的参数设置中, 将传统的权重保持不变, 优化为一个深化到粒子群的每一代和代中的每一个粒子的自适应调整的惯性权重参数提高了精度, 从而更好的实现最大功率跟踪。

附图说明

[0038] 下面将结合附图及实施例对本发明作进一步说明, 附图中:

[0039] 图1为本发明实施例的光伏最大功率跟踪的电路结构示意图;

[0040] 图2为本发明实施例的一种光伏电池多峰值粒子群最大功率跟踪控制方法的流程图;

[0041] 图3为本发明实施例的一种光伏电池多峰值粒子群最大功率跟踪控制方法的电路结构图;

[0042] 图4为本发明实施例的一种光伏电池多峰值粒子群最大功率跟踪控制方法的仿真模型;

[0043] 图5为采用本发明方法控制后的光伏阵列输出功率曲线。

具体实施方式

[0044] 为了对本发明的技术特征、目的和效果有更加清楚的理解, 现对照附图详细说明本发明的具体实施方式。

[0045] 参考图1, 其为图1为本发明实施例的光伏最大功率跟踪的电路结构示意图, 该电路工作结构包括:

[0046] 光伏电池阵列模块、DC/DC变换器模块、负载或逆变模块, 其中控制单元包括数据采集单元、粒子群算法以及控制器单元;

[0047] 数据采集单元采集光伏电池阵列得到粒子群算法所需要的输出电流与输出电压值, 利用粒子群算法进行最大功率的计算与确定;

[0048] 控制器单元将粒子群得到的占空比输出给DC/DC变换器, 稳定工作在粒子群算法得到的工作电压点, 供给负载电能。

[0049] 参考图2, 本发明的基于粒子群的光伏电池多峰值最大功率跟踪方法包括:

[0050] S1、根据光伏电池阵列的开路电压 U_{oc} , 在 $[0, U_{oc}]$ 上选取 m 个点, 作为粒子 i 的初始电压 $V_i(k)$, $i \in [1, 2, 3, \dots, m]$, k 表示迭代的次数, 初始电压时 $k=0$, m 为大于1的正整数; 初始化粒子种群参数, 包括了粒子权重 ω 的取值, 自我学习因子 c_1 与社会学习因子 c_2 的设定范围; 在 $[0, U_{oc}]$ 上选取 m 个点的选取的要求是线性均匀选取或者是将粒子均匀分布在理论值处, 所述的理论值数值等于 $0.8 * U_{oc}$ 。学习因子 c_1 及 c_2 的设定范围是 $(0, 2)$, 学习因子 c_1 及 c_2 在 $(0, 2)$ 区间内随机取值。

[0051] S2、计算各个粒子的适应度值, 适应度值等于光伏电池阵列的输出功率; 根据各个

粒子的适应度值寻找种群的个体最优位置与全局最优位置。

[0052] 适应度值的计算公式为：

$$[0053] \quad f_p(v_i^k) = v_i^k * i_{pvi}^k;$$

[0054] v_i^k 是粒子i在第k次迭代的速度,代表光伏电池输出的电压值; i_{pvi}^k 代表光伏电池当前输出电压测得的电流; $f_p(v_i^k)$ 是粒子的目标函数值代表当前光伏电池输出电压对应的输出功率,即适应度值。

[0055] S3、更新各个粒子的位置与速度,得到新的下一代粒子种群的适应度值。

[0056] 为了加快算法的收敛速度,在初始阶段,设置较大的 ω 值,可以使算法不易陷入局部最优;粒子权重 ω 取值是线性递减权重,计算公式为:

$$[0057] \quad \omega_i^k = \omega_{min} + c * \frac{f_i^k - f_{min}^k}{f_{max}^k - f_{min}^k} * \frac{\maxgen - k}{\maxgen}, \text{其中} c \text{为介于} 0 \text{至} 1 \text{之间的调节系数,} k \text{为当前迭代的次数,} \maxgen \text{为最大迭代次数,} \omega_{min} \text{为最小惯性权重,} \omega_{max} \text{为最大惯性权重,} f_{i_i}^k \text{为第} k \text{代中的第} i \text{个粒子的适应度值,} f_{min}^k \text{和} f_{max}^k \text{分别为第} k \text{代中的第} i \text{个粒子的最小和最大适应度值,} \omega_i^k \text{为第} k \text{代中的第} i \text{个粒子的权重。}$$

[0058] 所述更新各个粒子的位置与速度度具体是指:

[0059] 在n维的搜索空间中,由m个粒子组成的种群记为 $X = (x_1, \dots, x_i, \dots, x_m)$,第i个粒子所在的位置为 $x_i = (x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{in})^T$,速度为 $v_i = (v_{i1}, v_{i2}, \dots, v_{in})^T$,第i个粒子在空间搜索过程中搜索到的自身最优位置 $P_i = (p_{i1}, p_{i2}, \dots, p_{id})^T$,全局最优位置 $P_g = (p_{g1}, p_{g2}, \dots, p_{gd})^T$,每个粒子代表一个解,粒子的位置与速度以迭代的方式进行更新,公式为:

$$[0060] \quad \begin{cases} v_{id}^{k+1} = \omega_i^k v_{id}^k + c_1 r_1 (p_{bestid}^k - x_{id}^k) + c_2 r_2 (g_{bestd}^k - x_{id}^k); \\ x_{id}^{k+1} = v_{id}^{k+1} + x_{id}^k \end{cases};$$

[0061] v_i^k 是粒子i在第k次迭代的速度,是 v_{id}^k 第d维的速度分量; x_i^k 是粒子i在第k次的位置, x_{id}^k 是 x_i^k 第d维的位置分量; p_{besti}^k 是粒子i在第k次迭代的个体最优位置, p_{bestid}^k 是 p_{besti}^k 第d维的个体最优位置分量; g_{gest}^k 是粒子群在第k次迭代的全局最优位置, g_{bestd}^k 是 g_{gest}^k 第d维的最优位置分量, ω_i^k 为第k代中的第i个粒子的权重, r_1 与 r_2 是在 $[0, 1]$ 区间内均匀分布的随机数。

[0062] S4、分别比较下一代粒子种群的个体最优位置与全局最优位置与本次更新之前的个体最优位置与全局最优位置,以分别更新个体最优位置与全局最优位置,更新的准则:计算当前位置的适应度值后与本次更新之前的最优适应度值比较,将较大的适应度值对应的位置作为该粒子的新的个体最优位置,将所有的新的个体最优位置粒子中最大的适应度值对应的位置作为全局最优位置。即:计算每个粒子当前位置的适应度值,与其经历的最优适应度值比较,哪个好就把哪个粒子位置更新为 p_{besti} (第i个粒子的最优);在所有的粒子当中找适应度值最好的,更新 g_{best} (全局最优)。

[0063] 粒子的飞行速度由动量部分、认知部分和社会部分组成;粒子位置由上一次迭代的位置加上运动的速度;目标函数f是衡量粒子所在位置优劣的适应度函数。粒子的飞行速度v即是 ΔU ,v与最大功率点距离成正比, $r_1 r_2$ 使得电压步长具有随机性,更大的概率趋近最大功率点;粒子的位置x对应直流侧Vdc;适应度函数即公式(2)判断光伏电池组件是否运

行在最大功率点。本发明当中 n 为1即一维搜索空间,种群粒子数量 m 设置为10,最大迭代步数 \max_{gen} 为30,输出的功率作为适应度值,加入了自适应权重,并设置了终止条件,即当最大粒子的功率值与最小粒子的功率值差值小于 $0.04W$ 的时候,如果没有迭代到最大步数,则MPPT搜索结束。

[0064] S5、返回步骤S3,直至达到收敛条件或者达到最大迭代次数,将最后的全局最优位置作为光伏系统的最大功率点所对应的工作电压。达到收敛条件是指:判断所有粒子所对应的适应度值最大与最小的差值,如果差值小于预设差值,表示达到收敛条件,此时粒子群算法执行完毕,否则未达到收敛条件。

[0065] 图3最大功率跟踪控制方法的电路中最大功率控制器(MPPT控制器)将测量得到的电流电压数值,通过算法以及控制器之后得到可输出到开关管的占空比,控制开关管的通断使系统工作在期望的电压点。当MPPT控制器输出高电平,开关管T导通时,二极管D连接到电池板正极承受反压而截止,电容C向负载供电,电池板的电压全部加到电感L两端,电感电流线性增长,储存的磁场能量也渐渐增加,直到开关管被截止;当MPPT控制器输出低电平,开关管T截止时,由于L的自身特性,会改变L的电压极性,这样电池板与电感串联经二极管D流向负载,电感电流线性减小,直到开关管T被导通。

[0066] 根据图2的流程图以及图3的电路图,搭建了图4的仿真模型图,其中S-Function部分就是对粒子群算法的代码实现。

[0067] 图4光伏阵列输出功率曲线图中可以得到最终的输出功率为 $122W$,并且最终光伏电池输出功率稳定在了这个最大功率点处,输出稳定震荡较小,可以基本得出本发明方法可以有效解决多峰值最大功率跟踪的问题,克服传统方法陷入局部优的缺点,实现最大功率的跟踪问题。

[0068] 本发明为解决其技术问题,所提供的一种基于粒子群的光伏电池多峰值最大功率跟踪系统,该系统与上述的方法对应,具体可参照上述方法。该系统包括:

[0069] 初始化模块,用于根据光伏电池阵列的开路电压 U_{oc} ,在 $[0, U_{oc}]$ 上选取 m 个点,作为粒子 i 的初始电压 $V_i(k)$, $i \in [1, 2, 3, \dots, m]$, k 表示迭代的次数,初始电压时 $k=0$, m 为大于1的正整数;初始化粒子种群的参数,包括了粒子权重 ω 的取值,自我学习因子 c_1 与社会学习因子 c_2 的设定范围;

[0070] 最优位置计算模块,用于计算各个粒子的适应度值,适应度值等于光伏电池阵列的输出功率;根据各个粒子的适应度值寻找种群的个体最优位置与全局最优位置;

[0071] 粒子种群更新模块,用于更新各个粒子的位置与速度,得到新的下一代粒子种群的适应度值;

[0072] 最优位置更新模块,用于分别比较下一代粒子种群的个体最优位置与全局最优位置与本次更新之前的个体最优位置与全局最优位置,以分别更新个体最优位置与全局最优位置,更新的准则:计算当前位置的适应度值后与本次更新之前的最优适应度值比较,将较大的适应度值对应的位置作为该粒子的新的个体最优位置,将所有的新的个体最优位置粒子中最大的适应度值对应的位置作为全局最优位置;

[0073] 最优位置更新模块,用于返回粒子种群更新模块,直至达到收敛条件或者达到最大迭代次数,将最后的全局最优位置作为光伏系统的最大功率点所对应的工作电压。

[0074] 进一步地,在本发明的基于粒子群的光伏电池多峰值最大功率跟踪系统中,所述

的粒子权重 ω 取值是线性递减权重, 计算公式为: $\omega_i^k = \omega_{min} + c * \frac{f_i^k - f_{min}^k}{f_{max}^k - f_{min}^k} * \frac{maxgen - k}{maxgen}$, 其中 c 为介于 0 至 1 之间的调节系数, k 为当前迭代的次数, $maxgen$ 为最大迭代次数, ω_{min} 为最小惯性权重, ω_{max} 为最大惯性权重, f_i^k 为第 k 代中的第 i 个粒子的适应度值, f_{min}^k 和 f_{max}^k 分别为第 k 代中的第 i 个粒子的最小和最大适应度值, ω_i^k 为第 k 代中的第 i 个粒子的权重。

[0075] 进一步地, 在本发明的基于粒子群的光伏电池多峰值最大功率跟踪系统中, 所述更新各个粒子的位置与速度具体是指:

[0076] 在 n 维的搜索空间中, 由 m 个粒子组成的种群记为 $X = (x_1, \dots, x_i, \dots, x_m)$, 第 i 个粒子所在的位置为 $x_i = (x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{in})^T$, 速度为 $v_i = (v_{i1}, v_{i2}, \dots, v_{in})^T$, 第 i 个粒子在空间搜索过程中搜索到的自身最优位置 $P_i = (p_{i1}, p_{i2}, \dots, p_{id})^T$, 全局最优位置 $P_g = (p_{g1}, p_{g2}, \dots, p_{gd})^T$, 每个粒子代表一个解, 粒子的位置与速度以迭代的方式进行更新, 公式为:

$$[0077] \quad \begin{cases} v_{id}^{k+1} = \omega_i^k v_{id}^k + c_1 r_1 (p_{bestid}^k - x_{id}^k) + c_2 r_2 (g_{bestd}^k - x_{id}^k); \\ x_{id}^{k+1} = v_{id}^{k+1} + x_{id}^k \end{cases}$$

[0078] v_i^k 是粒子 i 在第 k 次迭代的速度, 是 v_{id}^k 第 d 维的速度分量; x_i^k 是粒子 i 在第 k 次的位置, x_{id}^k 是 x_i^k 第 d 维的位置分量; p_{besti}^k 是粒子 i 在第 k 次迭代的个体最优位置, p_{bestid}^k 是 p_{besti}^k 第 d 维的个体最优位置分量; g_{gest}^k 是粒子群在第 k 次迭代的全局最优位置, g_{bestd}^k 是 g_{gest}^k 第 d 维的最优位置分量, ω_i^k 为第 k 代中的第 i 个粒子的权重, r_1 与 r_2 是在 $[0, 1]$ 区间内均匀分布的随机数。

[0079] 上面结合附图对本发明的实施例进行了描述, 但是本发明并不局限于上述的具体实施方式, 上述的具体实施方式仅仅是示意性的, 而不是限制性的, 本领域的普通技术人员在本发明的启示下, 在不脱离本发明宗旨和权利要求所保护的范围情况下, 还可做出很多形式, 这些均属于本发明的保护之内。

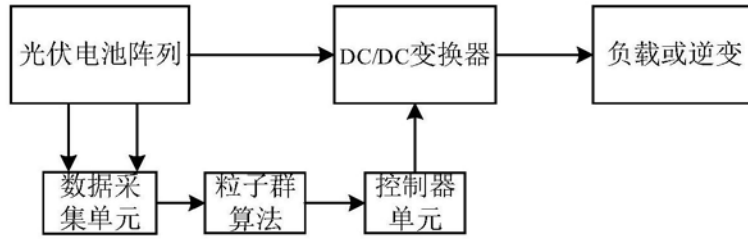


图1

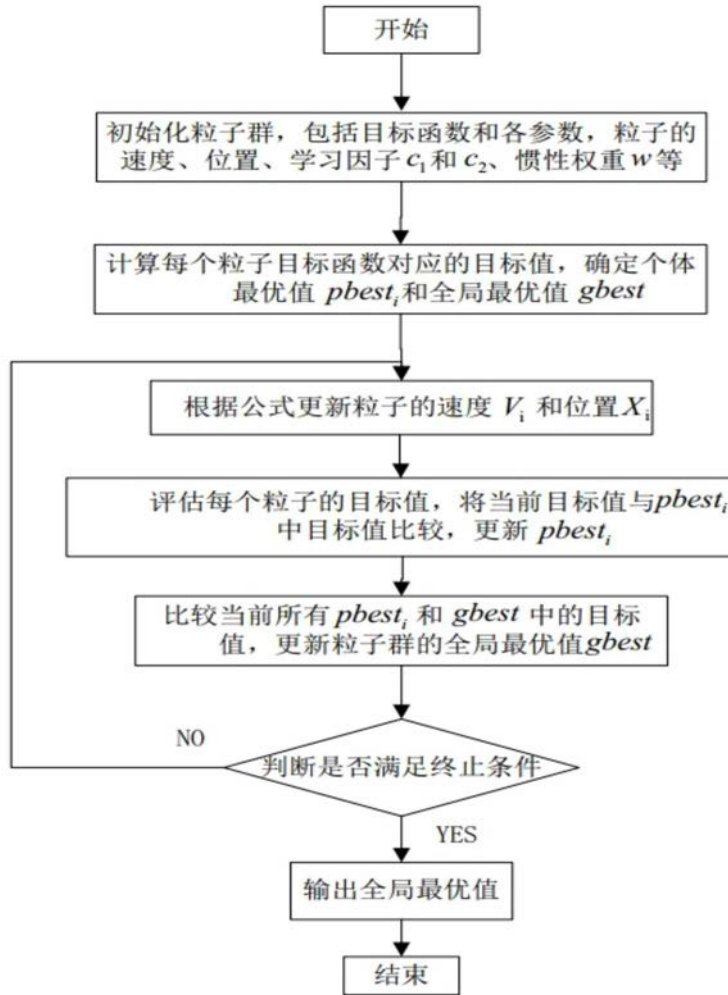


图2

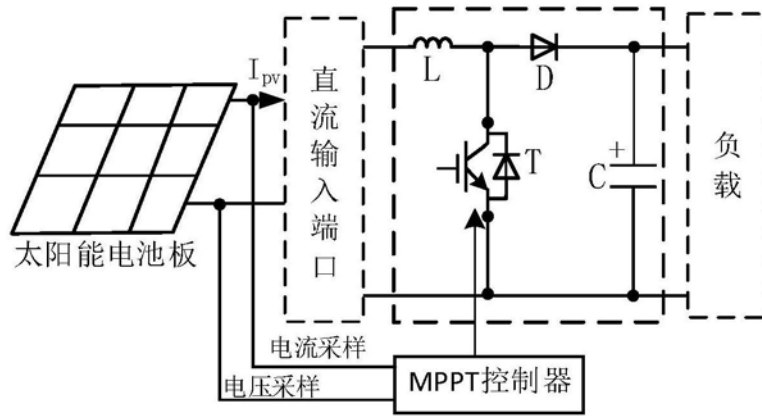


图3

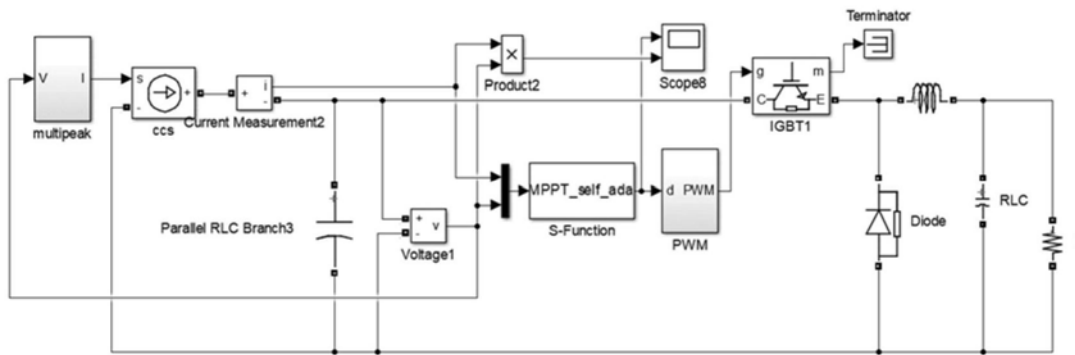


图4

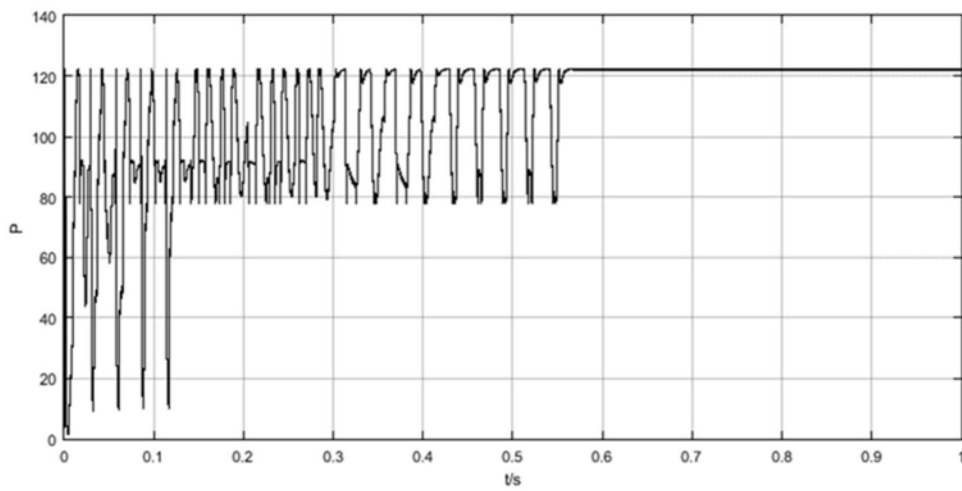


图5