



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 111459221 B

(45) 授权公告日 2022. 03. 25

(21) 申请号 202010449521.0

(22) 申请日 2020.05.25

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 111459221 A

(43) 申请公布日 2020.07.28

(73) 专利权人 广东工业大学
地址 510060 广东省广州市越秀区东风东
路729号大院

(72) 发明人 李世杰 赵卓立 张明宇 黄梓欣
冯伟霖

(74) 专利代理机构 北京集佳知识产权代理有限
公司 11227
代理人 郭帅

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

(56) 对比文件

CN 110471487 A, 2019.11.19

CN 106157370 A, 2016.11.23

CN 108596943 A, 2018.09.28

CN 110928357 A, 2020.03.27

CN 109814651 A, 2019.05.28

审查员 高辉辉

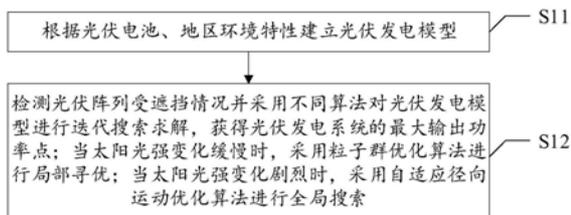
权利要求书2页 说明书8页 附图4页

(54) 发明名称

一种光伏发电系统MPPT控制方法

(57) 摘要

本申请一种光伏发电系统MPPT控制方法,根据光伏阵列不同的受遮挡情况,采取不同的算法追踪光伏发电系统的最大功率点;当太阳光强变化缓慢时,采用粒子群优化算法进行局部寻优;当太阳光强变化剧烈时,采用自适应径向运动优化算法进行全局搜索。采用自适应径向运动优化算法进行全局搜索时,其通过在预定义的搜索空间中分散多个粒子来开始优化过程,将离散粒子作为优化解,粒子以不同的速度沿着中心周围的半径移动,利用目标函数计算各粒子在优化过程中的适应度值,并确定最佳粒子的位置,得到光伏发电系统的最大功率点。本发明的技术方案具有更高的准确性与寻优能力,并且算法需要的内存更小、计算速度更快,适合于大型和复杂的搜索空间。



1. 一种光伏发电系统MPPT控制方法,其特征在于,包括:

S11、根据光伏电池、地区环境特性建立光伏发电模型;

S12、检测光伏阵列受遮挡情况并采用不同算法对光伏发电模型进行迭代搜索求解,获得光伏发电系统的最大输出功率点;当太阳光强变化缓慢时,采用粒子群优化算法进行局部寻优;当太阳光强变化剧烈时,采用自适应径向运动优化算法进行全局搜索;

其中,所述当太阳光强变化剧烈时,采用自适应径向运动优化算法进行全局搜索,具体为:

S21、初始化搜索空间中的粒子,所述初始化搜索空间中的粒子具体包括:

在搜索空间的边界内随机分配粒子初始位置,对粒子速度进行初始化,计算粒子从中心以半径大小 $V_{\max(j)}$ 沿直线传播的路径,计算公式为 $V_{i,j} = \text{rand}(0,1) \times V_{\max(j)}$,其中,

$$V_{\max(j)} = \frac{X_{\max(j)} - X_{\min(j)}}{a}, i=1,2,\dots,nop; j=1,2,\dots,nod; \text{式中}, V_{\max(j)} \text{表示最大速度},$$

nop 表示指定的粒子数, nod 表示维度的数量, $X_{\max(j)}$ 和 $X_{\min(j)}$ 表示根据环境要求指定的第 j 维约束, a 为常数;

S22、更新粒子运动速度,所述更新粒子运动速度具体包括:

使用惯性权值解决粒子运动速度的收敛问题,将粒子群迭代速度进行惯性权值的加权计算,计算公式为 $V_{i,j}^k = W_k \times \text{rand}(0,1) \times V_{\max(j)}$,其中, k 为迭代次数,惯性权值 W_k 为常数,前10次迭代中 W_k 在 $[0,1]$ 内变化,第10次迭代之后的惯性权值 W_k 根据公式

$$W_k = W_{\max} - 2 \times \frac{W_{\max} - W_{\min}}{\text{Iteration}_{\max}} \times \text{Iteration}_k \text{做调整,其中}, W_{\max} = 1, W_{\min} = 0, \text{Iteration}_{\max} \text{为}$$

最大迭代次数;

S23、更新粒子位置,所述更新粒子位置具体包括:

根据公式更新粒子位置,计算公式为 $X_{i,j}^k = \text{Center}^k + V_{i,j}^k$;式中 $X_{i,j}^k$ 为第 k 次迭代中粒子的位置, Center^k 是第 k 次迭代中粒子发散的中心, $V_{i,j}^k$ 是第 k 次迭代中的粒子速度;

S24、利用根据需求建立的目标函数对粒子的适应度进行评价;将当前迭代的粒子评估得到的径向最佳值 R_{best} 与所有迭代粒子评估中得到全局最佳值 G_{best} 进行比较,若 R_{best} 更优于 G_{best} ,则将 G_{best} 的位置更新为 R_{best} 的当前位置;

S25、更新自适应径向运动优化算法的系数,所述更新自适应径向运动优化算法的系数具体包括:

在迭代过程中自适应径向运动优化算法的系数 N_1 、 N_2 按照公式进行调整,计算公式为

$$\begin{cases} N_{1k} = N_{1\min} + \frac{N_{1\max} - N_{1\min}}{\text{Iteration}_{\max}} \times \text{Iteration}_k \\ N_{2k} = N_{2\min} + \frac{N_{2\max} - N_{2\min}}{\text{Iteration}_{\max}} \times \text{Iteration}_k \end{cases};$$

S26、更新中心点位置,粒子从新的中心点位置重新散射,所述更新中心点位置,粒子从新的中心点位置重新散射,具体包括:

利用目标函数对粒子的适应度进行评价,根据各代粒子评估中得到的径向最佳值Rbest与所有迭代粒子评估中的全局最佳值Gbest更新中心位置,公式为 $Center^{new} = Center^{old} + N_1 \times (Gbest - Center^{old}) + N_2 \times (Rbest - Center^{old})$,其中 N_1 、 N_2 为自适应径向运动优化算法的系数;

S27、判断是否满足终止条件,若不满足终止条件,则跳转至S22;若满足终止条件,则结束迭代,获得最终的全局最佳值Gbest;所述终止条件为:当Gbest等于一个固定值或者当迭代次数等于设定值。

2. 根据权利要求1所述的一种光伏发电系统MPPT控制方法,其特征在于,包括:

每次迭代中的搜索边界随着中心点的移动而自适应变化。

3. 根据权利要求1所述的一种光伏发电系统MPPT控制方法,其特征在于,包括:

粒子的搜索空间由变换器的运行占空比组成,表示每个参与搜索的粒子在空间中的位置,对应光伏发电系统对应位置的输出端的电压。

一种光伏发电系统MPPT控制方法

技术领域

[0001] 本发明属于光伏发电技术领域,具体涉及一种光伏发电系统MPPT控制方法。

背景技术

[0002] 随着社会的转型、国家对能源改革的大力推进,新能源发电技术日益重要,而光伏发电系统由于其能源清洁、维护成本低的特点,成为目前快速发展的技术之一。由于光伏发电系统必须安装在室外,通常采用旁路二极管来保护电池组,防止电池组过热受损。然而旁路二极管以及串联式模块易导致光伏发电系统输出多个峰值,降低了常规技术的光伏输出效率。因此目前采用如扰动、观察调节(P&O)、爬坡(HC)等方法,以及一些最近发展的技术,提取光伏阵列输出的最大功率,提高系统的效率。

[0003] 由于存在变化莫测的天气条件和遮蔽物如云、树木等造成局部阴影的条件导致光伏组件输出的特性曲线为非线性的多峰曲线。由于光伏发电系统在部分遮荫下的动态是时变的,因此光伏发电系统的MPPT(Maximum PowerPoint Tracking,最大功率跟踪)设计应具备在如光伏电池的遮光、退化、光伏阵列对P-V特性变化的适应性、跟踪平稳性等不同条件下的跟踪全局最大功率点(GMPP)的特性。

[0004] 为了解决难以跟踪全局最大功率点的情况,传统方法如扰动观察法、电导增量法等基于群算法的MPPT技术,存在较大可能使输出功率陷入局部最优,无法跟踪到全局最大功率点,导致光伏发电系统性能显著降低。除此以外还有一些以进化算法为基础的衍生算法,如差分进化算法(DE)、遗传算法(GA)、模拟退火等(SA)。烟火算法(FWA)和粒子群算法(PSO),被用于识别局部阴影下光伏发电系统输出的几个局部最大功率点(LMPPs)中的全局最大功率点。另外一些正在研究中的方法如使用模糊逻辑控制法(FLC)可提高最大功率点跟踪控制器的效率和可靠性;使用人工神经网络算法(ANN)利用光伏板温度和辐照度来跟踪光伏发电系统的全局最大功率点。然而这些方法在模糊化、规则库、去模糊化和培训过程方面的计算量较大,具有局限性。传统技术粒子群算法的标准格式对随机系数依赖性强、收敛速度慢、跟踪时间长,而且控制器中必须记录粒子运动导致占用内存大、计算量大等缺点。目前有许多研究尝试通过修改标准粒子群优化算法,提高算法性能来解决这些问题,然而改进后的算法中仍存在一定缺陷。然而现有方法的算法复杂性高、处理时间长,没有达到最优效果。

发明内容

[0005] 基于此,本发明旨在提供一种光伏发电系统MPPT控制方法,具备更强的全局寻优能力,提高系统的稳定性;运算过程占用的内存小,运算速度快,所需计算耗时短,适用于大型和复杂的搜索空间。

[0006] 本发明申请一种光伏发电系统MPPT控制方法,包括:

[0007] S11、根据光伏电池、地区环境特性建立光伏发电模型;

[0008] S12、检测光伏阵列受遮挡情况并采用不同算法对光伏发电模型进行迭代搜索求

解,获得光伏发电系统的最大输出功率点;当太阳光强变化缓慢时,采用粒子群优化算法进行局部寻优;当太阳光强变化剧烈时,采用自适应径向运动优化算法进行全局搜索。

[0009] 优选地,所述当太阳光强变化剧烈时,采用自适应径向运动优化算法进行全局搜索,包括:

[0010] S21、初始化搜索空间中的粒子;

[0011] S22、更新粒子运动速度;

[0012] S23、更新粒子位置;

[0013] S24、利用根据需求建立的目标函数对粒子的适应度进行评价;将当前迭代的粒子评估得到的径向最佳值Rbest与所有迭代粒子评估中得到全局最佳值Gbest进行比较,若Rbest更优于Gbest,则将Gbest的位置更新为Rbest的当前位置;

[0014] S25、更新自适应径向运动优化算法的系数;

[0015] S26、更新中心点位置,粒子从新的中心点位置重新散射;

[0016] S27、判断是否满足终止条件,若不满足终止条件,则跳转至S22;若满足终止条件,则结束迭代,获得最终的Gbest;所述终止条件为:当Gbest等于一个固定值或者当迭代次数等于设定值。

[0017] 优选地,所述初始化搜索空间中的粒子,包括:

[0018] 在搜索空间的边界内随机分配粒子初始位置。

[0019] 初始化粒子速度,计算粒子从中心以半径大小 $V_{\max(j)}$ 沿直线传播的路径,计算公式

为 $V_{i,j} = \text{rand}(0,1) \times V_{\max(j)}$ 其中, $V_{\max(j)} = \frac{X_{\max(j)} - X_{\min(j)}}{a}$, $i=1,2,\dots,nop$; $j=1,2,\dots,$

nod ; 式中, $V_{\max(j)}$ 表示最大速度, nop 表示指定的粒子数, nod 表示维度的数量, $X_{\max(j)}$ 和 $X_{\min(j)}$ 表示根据环境要求指定的第 j 维约束, a 为常数。

[0020] 优选地,所述更新粒子运动速度,包括:

[0021] 使用惯性权值解决粒子运动速度的收敛问题,将粒子群迭代速度进行惯性权值的加权计算,计算公式为 $V_{i,j}^k = W_k \times \text{rand}(0,1) \times V_{\max(j)}$, 其中, k 为迭代次数, 惯性权值 W_k 为常数, $\text{rand}(0,1)$ 为 $[0,1]$ 之间的随机数, 前10次迭代中 W_k 在 $[0,1]$ 内变化, 第10次迭代之后的

惯性权值 W_k 根据公式 $W_k = W_{\max} - 2 \times \frac{W_{\max} - W_{\min}}{\text{Iteration}_{\max}} \times \text{Iteration}_k$ 做调整, 其中, $W_{\max} = 1$, W_{\min}

$= 0$, Iteration_{\max} 为最大迭代次数。

[0022] 优选地,所述更新粒子位置,包括:

[0023] 根据公式更新粒子位置,计算公式为 $X_{i,j}^k = \text{Center}^k + V_{i,j}^k$; 式中 $X_{i,j}^k$ 为第 k 次迭代中粒子的位置, Center^k 是第 k 次迭代中粒子发散的中心, $V_{i,j}^k$ 是第 k 次迭代中的粒子速度矢量。

[0024] 优选地,所述更新自适应径向运动优化算法的系数,包括:

[0025] 在迭代过程中自适应径向运动优化算法的系数 N_1 、 N_2 按照公式进行调整,计算公式

$$\text{为} \begin{cases} N_{1k} = N_{1\min} + \frac{N_{1\max} - N_{1\min}}{\text{Iteration}_{\max}} \times \text{Iteration}_k \\ N_{2k} = N_{2\min} + \frac{N_{2\max} - N_{2\min}}{\text{Iteration}_{\max}} \times \text{Iteration}_k \end{cases}。$$

[0026] 优选地,所述更新中心点位置,粒子从新的中心点位置重新散射,包括:

[0027] 利用目标函数对粒子的适应度进行评价,根据各代粒子评估中得到的径向最佳值Rbest与所有迭代粒子评估中的全局最佳值Gbest更新中心位置,公式为 $\text{Center}^{\text{new}} = \text{Center}^{\text{old}} + N_1 \times (\text{Gbest} - \text{Center}^{\text{old}}) + N_2 \times (\text{Rbest} - \text{Center}^{\text{old}})$,其中 N_1 、 N_2 为自适应径向运动优化算法的系数。

[0028] 优选地,每次迭代中的搜索边界随着中心点的移动而自适应变化,自适应变化的搜索边界保证了MPPT单元能够平稳、快速地收敛。

[0029] 优选地,粒子的搜索空间由变换器的运行占空比组成,表示每个参与搜索的粒子在空间中的位置,对应光伏发电系统对应位置的输出端的电压。

[0030] 从以上技术方案可以看出,本发明具有以下优点:

[0031] 本发明提供了一种光伏发电系统MPPT控制方法,根据光伏阵列受遮挡情况选择不同算法对光伏发电模型进行求解,当阳光强变化缓慢时,采用粒子群优化算法进行局部寻优;当太阳光强变化剧烈时,采用自适应径向运动优化算法进行全局搜索;针对光伏阵列不同的受遮挡情况,采取不同的算法追踪光伏发电系统的最大功率点,可以提高随机系数对算法的准确性,减少随机系数误差的不利影响。另外,因为本发明使用自适应径向运动优化算法进行全局搜索时,其通过在预定义的搜索空间中分散多个粒子来开始优化过程,将离散粒子作为优化解,利用目标函数计算各粒子在优化过程中的适应度值,粒子以不同的速度沿着中心周围的半径移动,根据目标函数定义的适应度值,确定最佳粒子的位置,其中自适应径向运动算法中的系数在整个算法过程中都是自适应变化的;这种径向运动的方法可以高效探索粒子的搜索空间和避免陷入局部最优,提高了在极值密集型搜索空间中的目标点探索能力,大幅度优化连续搜索空间的效率。因为本方法在更新过程中存在全局最优向量,且惯性权值下降速度更快,更快下降的惯性权值有助于粒子在最终迭代时搜索的全局区域向实际的全局最大功率点收敛,所以本方法能够避免算法陷入局部最优,提高了系统的稳定性和输出的功率。因为本方法的粒子在每个迭代步骤中从一个最新的更新点开始移动,所有粒子的位置和速度并不需要在不同的迭代之间存储和传输,所以本方法在整个探索过程中算法处理所需的内存更少,在处理时间内产生的计算负担也更少,使MPPT系统可以采用低成本的控制,更适合于大型和复杂的搜索空间。因为本方法的系数在运算的过程中变化,偏置不同迭代代数的中心点方向,影响着粒子的探测轨迹和算法的收敛速度,而且本方法搜索边界可进行自适应变化,所以本方法可以保证MPPT单元能够更平稳、快速地收敛。综上,本方法提高了在大型复杂搜索空间的全局寻优能力,解决MPPT系统易收敛到局部最优的问题,提高光伏发电系统的输出功率,本发明方法的算法需要的内存更小、计算速度更快。

附图说明

[0032] 为了更清楚地说明本发明实施例或现有技术中的技术方案,下面将对实施例或现有技术描述中所需要使用的附图作简单地介绍,显而易见地,下面描述中的附图仅仅是本发明的实施例,对于本领域普通技术人员来讲,在不付出创造性劳动的前提下,还可以根据提供的附图获得其他的附图。

[0033] 图1为本申请提供了一种光伏发电系统MPPT控制方法实施流程图;

[0034] 图2为本申请提供了一种光伏发电系统MPPT控制方法实施子流程图;

[0035] 图3为本申请提供了一种光伏发电系统MPPT控制方法一个实施例的具体算法流程图;

[0036] 图4为本申请提供了一种光伏发电系统MPPT控制方法在局部阴影下光伏发电系统的模型图;

[0037] 图5为本申请提供的一个实施例中一种光伏发电系统MPPT控制方法的I-U曲线仿真效果图;

[0038] 图6为本申请提供的一个实施例中一种光伏发电系统MPPT控制方法的P-U曲线仿真效果图。

具体实施方式

[0039] 下面将结合本发明实施例中的附图,对本发明实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述,显然,所描述的实施例仅仅是本发明一部分实施例,而不是全部的实施例。基于本发明中的实施例,本领域普通技术人员在没有做出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例,都属于本发明保护的范围。

[0040] 具体的,本申请实施例提供了一种光伏发电系统MPPT控制方法,请参考图1所示,该方法包括:

[0041] 步骤S11:根据光伏电池、地区环境特性建立光伏发电模型;

[0042] 步骤S12:检测光伏阵列受遮挡情况并采用不同算法对光伏发电模型进行迭代搜索求解,获得光伏发电系统的最大输出功率点;当太阳光强变化缓慢时,采用粒子群优化算法进行局部寻优;当太阳光强变化剧烈时,采用自适应径向运动优化算法进行全局搜索。

[0043] 本实施例中,将粒子群优化算法与自适应径向运动算法相结合,针对光伏阵列不同的受遮挡情况,采取不同的算法追踪光伏发电系统的最大功率点,可以提高随机系数对算法的准确性,减少随机系数误差的不利影响,本方法可以提高MPPT控制单元在不同局部阴影条件下跟踪全局最大功率点的高效性和可靠性。

[0044] 在前述实施例的基础上,本申请实施例对技术方案进行了进一步的说明和优化,具体如下:

[0045] 请参考图2,本实施例中,所述当太阳光强变化剧烈时,采用自适应径向运动优化算法进行全局搜索,具体可以包括:

[0046] S21、初始化搜索空间中的粒子;

[0047] S22、更新粒子运动速度;

[0048] S23、更新粒子位置;

[0049] S24、利用根据需求建立的目标函数对粒子的适应度进行评价;将当前迭代的粒子

评估得到的径向最佳值Rbest与所有迭代粒子评估中得到全局最佳值Gbest进行比较,若Rbest更优于Gbest,则将Gbest的位置更新为Rbest的当前位置;

[0050] S25、更新自适应径向运动优化算法的系数;

[0051] S26、更新中心点位置,粒子从新的中心点位置重新散射;

[0052] S27、判断是否满足终止条件,若不满足终止条件,则跳转至S22;若满足终止条件,则结束迭代,获得最终的全局最佳值Gbest;所述终止条件为:当Gbest等于一个固定值或者当迭代次数等于设定值。

[0053] 其中,本实施例中所述的初始化搜索空间中的粒子,具体包括:

[0054] 对搜索空间中的粒子位置、速度进行初始化。

[0055] 粒子在搜索空间中的位置由大小为 $nop \times nod$ 的矩阵表示:

$$[0056] \quad X_{i,j} = \begin{bmatrix} X_{1,1} & X_{1,2} & \cdots & X_{1,4} \\ X_{2,1} & \ddots & \cdots & \vdots \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ X_{nop,1} & X_{nop,2} & \cdots & X_{nop,nod} \end{bmatrix} \quad (1)$$

[0057] 其中, $i=1,2,\dots,nop$; $j=1,2,\dots,nod$; nop 表示指定的粒子数,而 nod 则表示维度的数量。

[0058] 在搜索空间的边界内随机分配粒子初始位置,一个随机分配粒子位置的方法可以为:

$$[0059] \quad X_{i,j} = X_{\min(j)} + \text{rand}(0,1) \times (X_{\max(j)} - X_{\min(j)}) \quad (2)$$

[0060] 式中 $i=1,2,\dots,nop$; $j=1,2,\dots,nod$, $X_{\max(j)}$ 与 $X_{\min(j)}$ 表示根据环境要求指定的第 j 维约束, $\text{rand}(0,1)$ 为 $[0,1]$ 之间的随机数。

[0061] 对粒子速度进行初始化,计算粒子从中心以半径大小 $V_{\max(j)}$ 沿直线传播的路径,计算公式为:

$$[0062] \quad V_{i,j} = \text{rand}(0,1) \times V_{\max(j)} \quad (3)$$

$$[0063] \quad V_{\max(j)} = \frac{X_{\max(j)} - X_{\min(j)}}{a}, i=1,2,\dots,nop; j=1,2,\dots,nod \quad (4)$$

[0064] 式中, $V_{\max(j)}$ 表示最大速度, nop 表示指定的粒子数, nod 表示维度的数量, $X_{\max(j)}$ 和 $X_{\min(j)}$ 表示根据环境要求指定的第 j 维约束, a 设为常数2。

[0065] 本实施例中所述更新粒子运动速度矢量,具体包括:

[0066] 使用惯性权值解决粒子运动速度的收敛问题,将粒子群迭代速度进行惯性权值的加权计算,计算公式为:

$$[0067] \quad V_{i,j}^k = W_k \times \text{rand}(0,1) \times V_{\max(j)} \quad (5)$$

[0068] 其中, k 为迭代次数,惯性权值 W_k 为常数, $\text{rand}(0,1)$ 为 $[0,1]$ 之间的随机数,前10次迭代中 W_k 在 $[0,1]$ 内变化,第10次迭代之后的惯性权值 W_k 根据以下公式做调整:

$$[0069] \quad W_k = W_{\max} - 2 \times \frac{W_{\max} - W_{\min}}{\text{Iteration}_{\max}} \times \text{Iteration}_k \quad (6)$$

[0070] 其中, $W_{\max}=1$, $W_{\min}=0$, Iteration_{\max} 为最大迭代次数,为了使粒子不提前收敛,本

方法中最大迭代次数设置为30次或30次以上。惯性权值 W_k 的值在前10次迭代中保持不变，目的是允许粒子在尚未确定全局最大功率点所在区域的早期阶段探索更大的空间。在10次之后的迭代中，更快下降的权值有助于粒子在最终迭代时搜索的全局区域向实际的全局最大功率点收敛。

[0071] 本实施例中所述更新自适应径向运动优化算法的系数，具体包括：

[0072] 在迭代过程中自适应径向运动优化算法的系数 N_1 、 N_2 按照公式进行调整，计算公式为：

$$[0073] \quad \begin{cases} N_{1k} = N_{1\min} + \frac{N_{1\max} - N_{1\min}}{Iteration_{\max}} \times Iteration_k \\ N_{2k} = N_{2\min} + \frac{N_{2\max} - N_{2\min}}{Iteration_{\max}} \times Iteration_k \end{cases} \quad (7)$$

[0074] 系数 N_1 、 N_2 对Rbest和Gbest有直接的影响，它们在优化的水平上提供了一定的灵活性，并影响算法对全局最大功率点的收敛性。一般情况下，这两个系数可以通过偏置不同迭代代数的中心点方向，影响粒子的探测轨迹和算法的收敛速度。 N_1 取值越大，收敛速度越快。但是，若 N_1 为0.9或以上，会降低该算法的收敛质量。与 N_2 相比， N_1 越大，全局寻优能力越强。与 N_1 相比， N_2 越大，局部寻优能力越强。若 N_1 和 N_2 的值超过1，则会增加更新向量的长度，导致减缓算法的收敛速度，降低算法全局寻优的能力。因此在本实施例的算法中， N_1 和 N_2 的取值范围在[0.4, 0.9]之间。

[0075] 本实施例中所述更新中心点位置，粒子从新的中心点位置重新散射，具体包括：

[0076] 利用目标函数对粒子的适应度进行评价，根据各代粒子评估中得到的径向最佳值Rbest与所有迭代粒子评估中的全局最佳值Gbest更新中心位置，公式为：

$$[0077] \quad Center^{new} = Center^{old} + N_1 \times (Gbest - Center^{old}) + N_2 \times (Rbest - Center^{old}) \quad (8)$$

[0078] 其中 N_1 、 N_2 为自适应径向运动优化算法的系数。

[0079] 本申请一种光伏发电系统MPPT控制方法的另一个实施例如下：

[0080] 所述当太阳光强变化缓慢时，采用粒子群优化算法进行局部寻优，具体包括：

[0081] 根据迭代次数依次记录粒子所处位置和最佳适应度值，并进行比较，直至确定最大功率点，粒子位置与速度的计算公式为：

$$[0082] \quad \begin{cases} v_i^{k+1} = W_k \times v_i^k + c_1 \times r_1 \times (p_i - x_i^k) + c_2 \times r_2 \times (p_g - x_i^k) \\ x_i^{k+1} = x_i^k + v_i^{k+1} \end{cases} \quad (9)$$

[0083] 其中， W_k 为惯性权值； x_i^k 为粒子群中第k次迭代的第i个粒子所处位置； v_i^k 为粒子群中第k次迭代的第i个进化粒子的瞬时速度； c_1 、 c_2 为加速因子； r_1 、 r_2 为[0, 1]内的随机数； p_i 为第i个变量个体极值的第k维、 p_g 为全局最优解的第k维。

[0084] 请参考图3，本申请一种光伏发电系统MPPT控制方法的另一个实施例如下：

[0085] S301、判断太阳光强变化是否剧烈，若否则跳转至S302采用粒子群优化算法进行局部寻优；若是则跳转至S307采用自适应径向运动优化算法进行全局搜索；

[0086] S302、对粒子群优化算法进行设置初始化；其中，所述设置初始化，包括：种群初始化；

- [0087] S303、初始化搜索空间中的粒子；其中，所述初始化搜索空间中的粒子，包括：对粒子的位置、速度进行初始化；
- [0088] S304、根据目标函数评估每个粒子的适应值；
- [0089] S305、更新粒子速度、位置；其中，所述更新粒子速度、位置的计算公式为式(9)；
- [0090] S306、判断是否满足局部寻优终止条件，若否则跳转至S304，若是则结束迭代，得到光伏发电系统的最大功率点，其中，所述局部寻优终止条件，包括：确定最大功率点。
- [0091] S307、对自适应径向运动优化算法进行设置初始化；其中，所述设置初始化，包括：种群初始化；
- [0092] S308、初始化搜索空间中的粒子；其中，所述初始化搜索空间中的粒子，包括：对粒子的位置、速度进行初始化；计算公式如式(2)、式(3)；
- [0093] S309、根据目标函数评估每个粒子的适应值；
- [0094] S310、判断是否满足重新初始化条件；若是则进行重新初始化并跳转至S308；若否则跳转至S311；其中，所述重新初始化条件，包括：检测得到太阳光强度变化剧烈的信号；
- [0095] S311、选择最佳中心点；
- [0096] S312、沿半径从选定中心散射粒子；其中，所述沿半径从选定中心散射粒子，计算公式如式(3)；
- [0097] S313、使用目标函数评估每个粒子的适应值；
- [0098] S314、判断是否满足重新初始化条件；若是则进行重新初始化并跳转至S308；若否则跳转至S315；其中，所述重新初始化条件，包括：检测得到太阳光强度变化剧烈的信号；
- [0099] S315、判断全局最优值是否大于局部最优值；若是则跳转至S316；若否则跳转至S317；
- [0100] S316、令全局最优值的位置更新为局部最优值的位置；
- [0101] S317、判断迭代次数是否等于1；若是则跳转至S318；若否则跳转至S319；
- [0102] S318、将中心点位置定义为 $Center^{new} = Center^{old} + N_2 \times Rbest$ ，并跳转至S322；
- [0103] S319、将中心点位置按照式(8)进行更新，更新公式为 $Center^{new} = Center^{old} + N_1 \times (Gbest - Center^{old}) + N_2 \times (Rbest - Center^{old})$ ；
- [0104] S320、更新算法系数；其中，所述更新算法系数，包括：按照式(7)对自适应径向运动优化算法的系数进行更新；
- [0105] S321、定义下一个最大半径，计算公式如式(4)；
- [0106] S322、迭代次数加一；
- [0107] S323、判断是否满足停止条件；若是则结束搜索；若否则跳转至S312。其中，所述全局搜索停止条件，包括：当全局最佳值等于一个固定值或者当迭代次数等于设定值。
- [0108] 请参考图4，图4为本实施例一种光伏发电系统MPPT控制方法在局部阴影下光伏发电系统的模型图。
- [0109] 请参考图5与图6，图5为本申请提供的一个实施例中一种光伏发电系统MPPT控制方法的I-U曲线仿真效果图；图6为本申请提供的一个实施例中一种光伏发电系统MPPT控制方法的P-U曲线仿真效果图；从图中可以看出，使用本发明的一种光伏发电系统MPPT控制方法可以顺利寻找到光伏发电系统的最大功率点。
- [0110] 以上实施例仅用以说明本发明的技术方案，而非对其限制；尽管参照前述实施例

对本发明进行了详细的说明,本领域的技术人员应当理解:其依然可以对前述实施例所记载的技术方案进行修改,或者对其中部分技术特征进行等同替换;而这些修改或者替换,并不使相应技术方案的本质脱离本发明实施例技术方案的精神和范围。

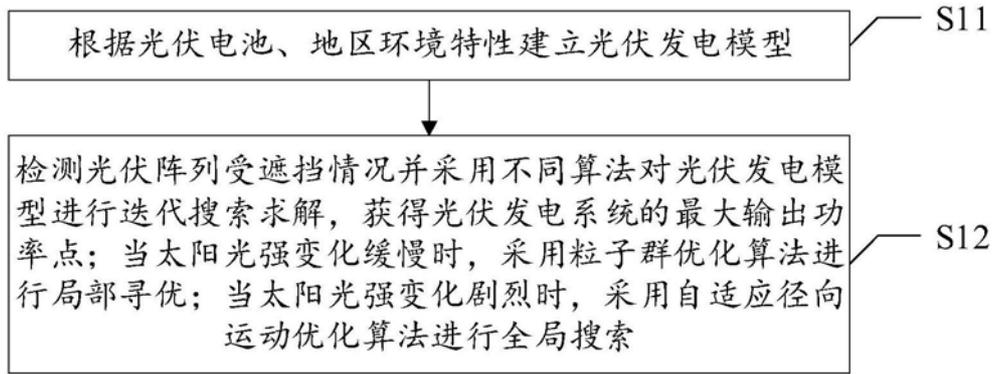


图1

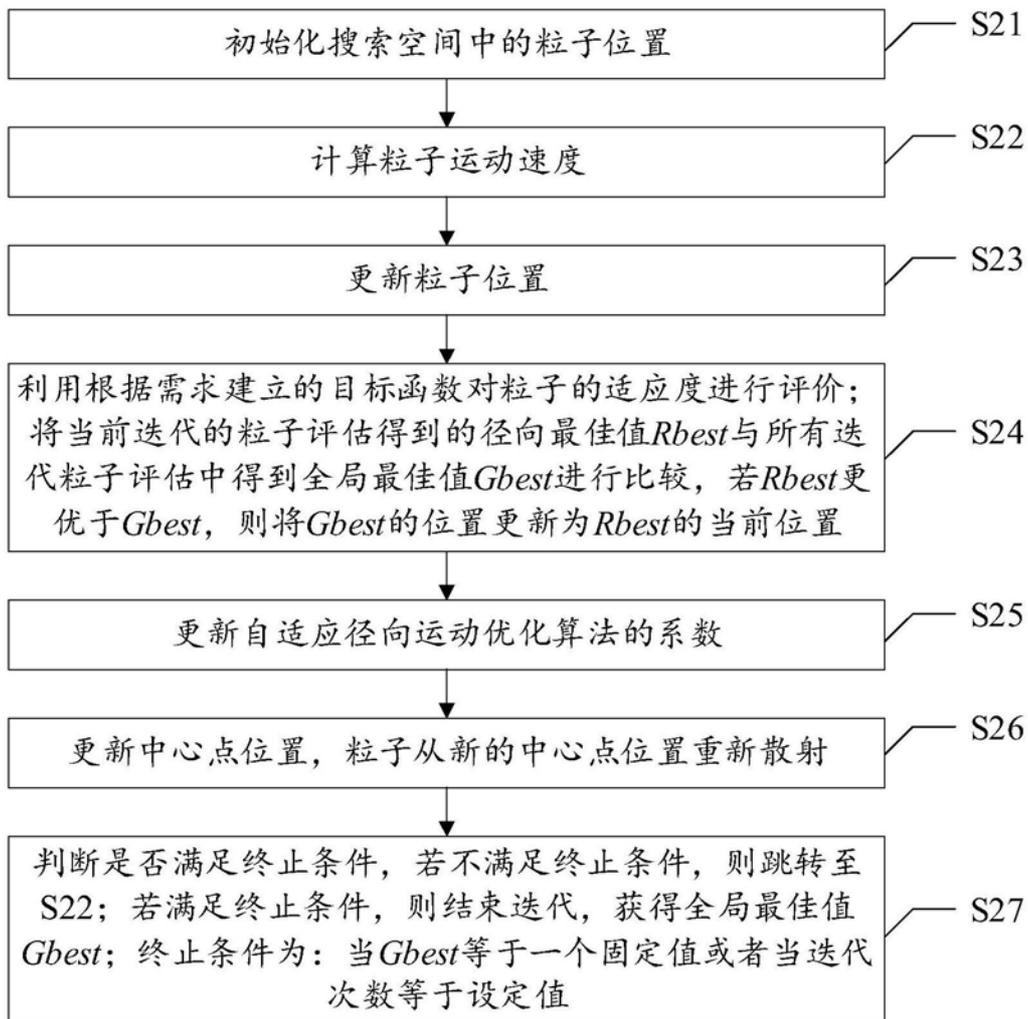


图2

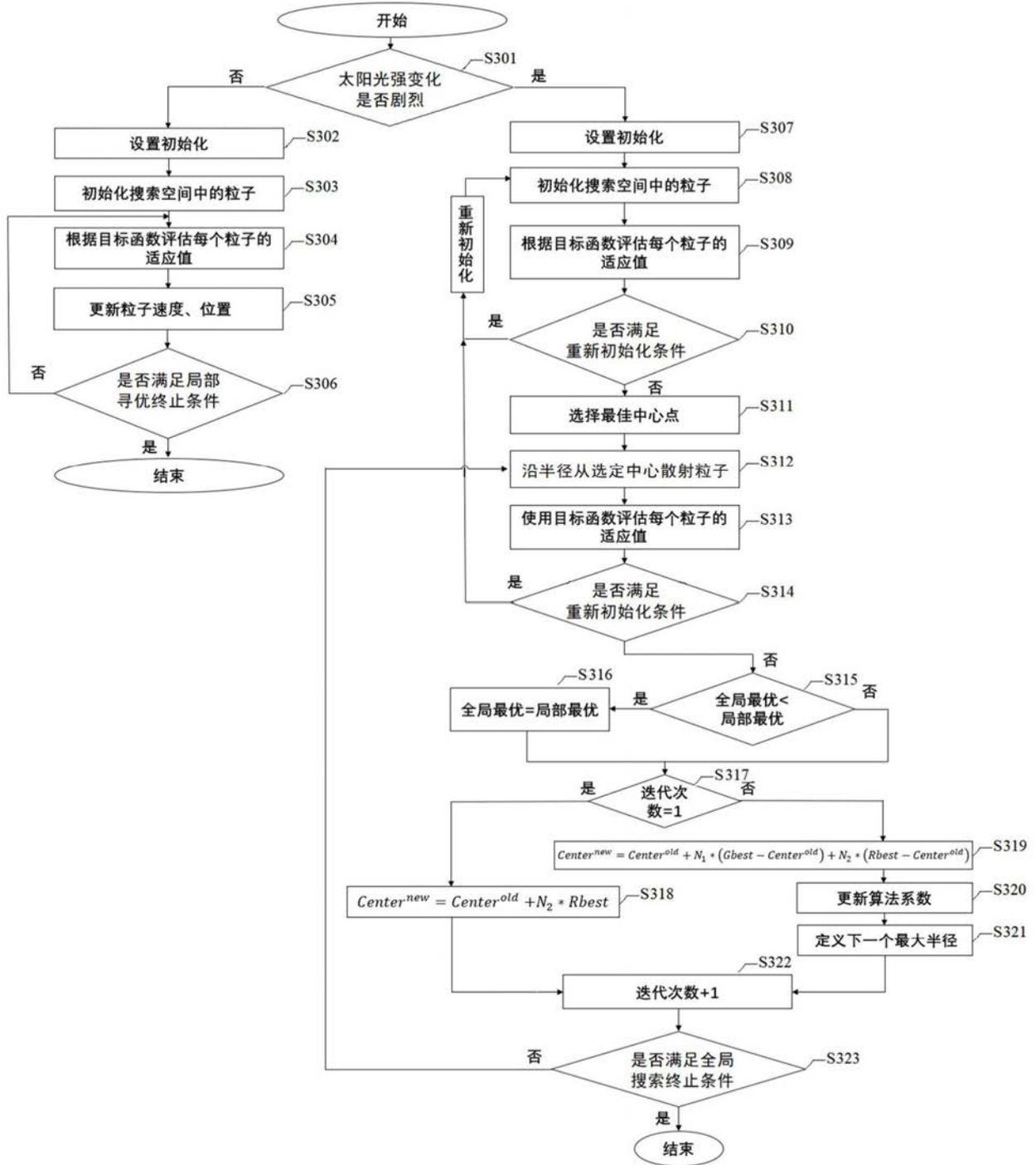


图3

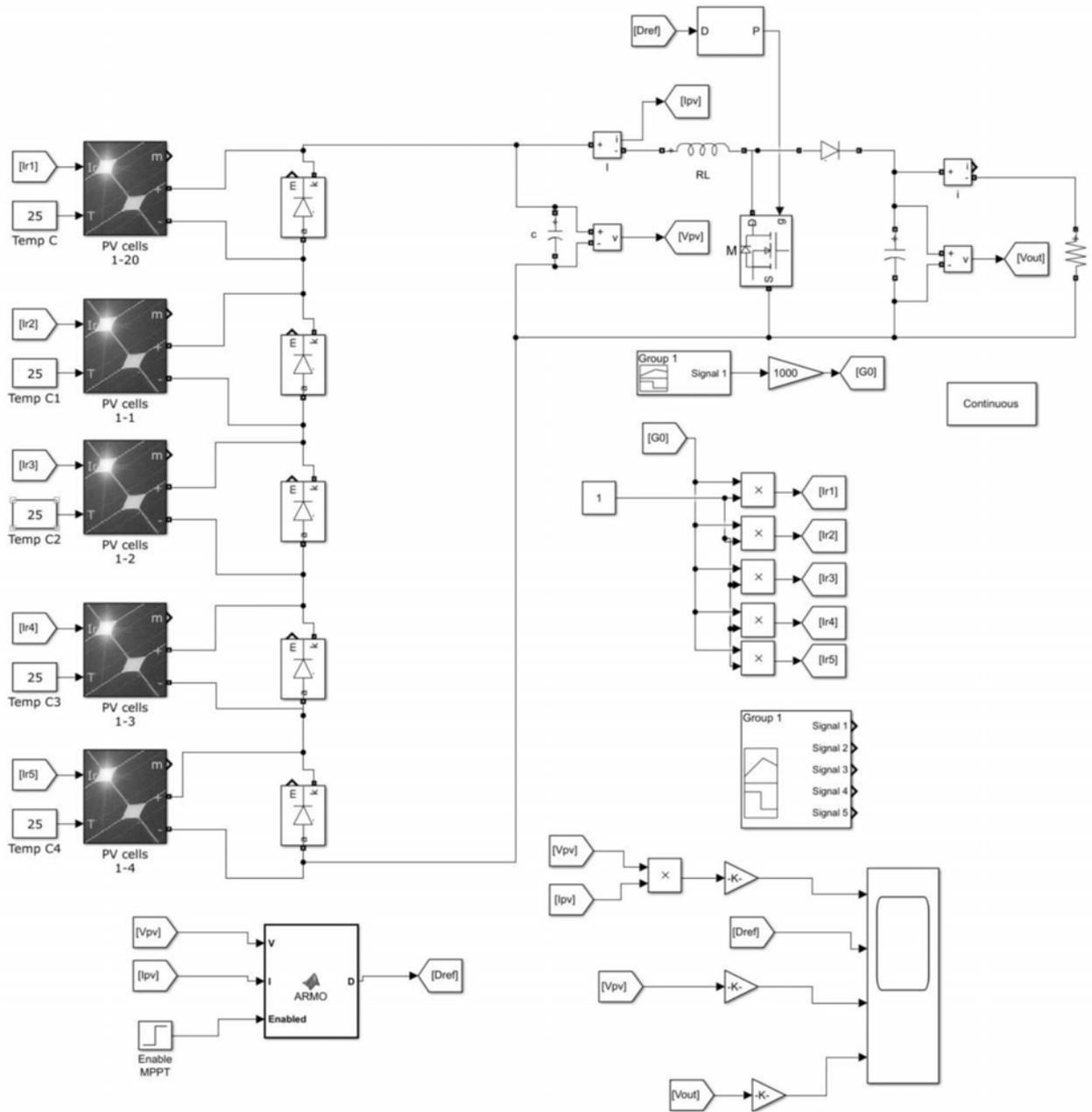


图4

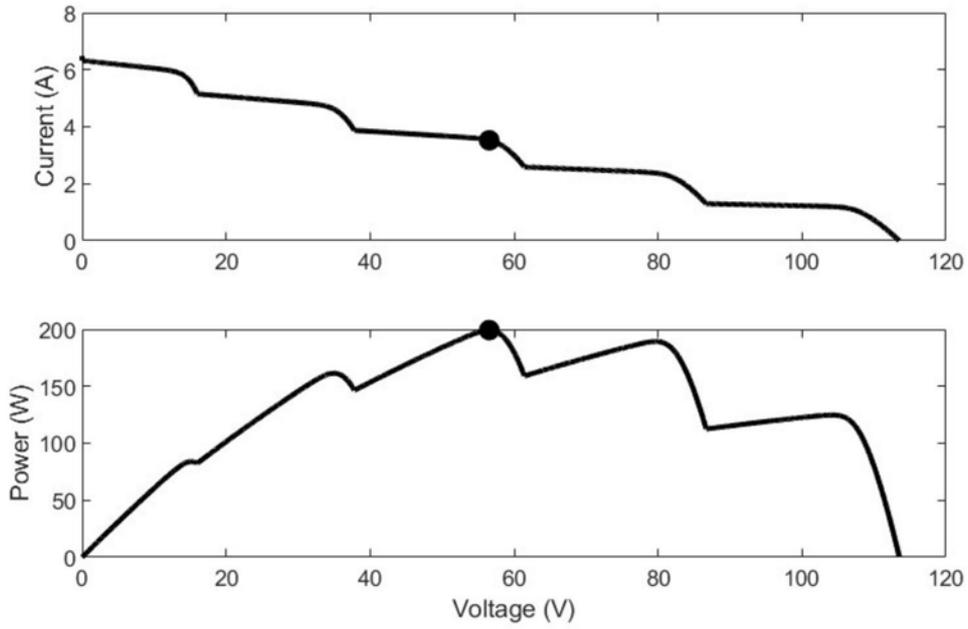


图5

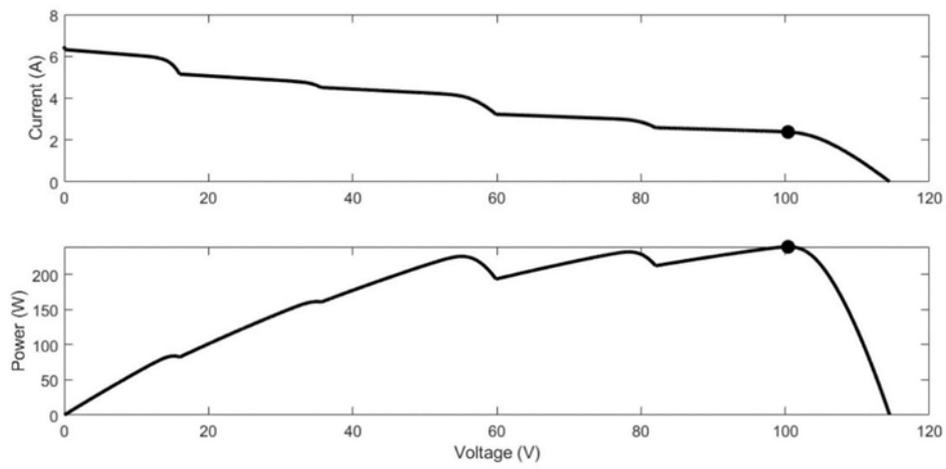


图6