



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 109491443 B

(45) 授权公告日 2020.10.23

(21) 申请号 201811328363.2

(22) 申请日 2018.11.09

(65) 同一申请的已公布的文献号  
申请公布号 CN 109491443 A

(43) 申请公布日 2019.03.19

(73) 专利权人 西交利物浦大学  
地址 215123 江苏省苏州市工业园区独墅湖高等教育区仁爱路111号

(72) 发明人 李星硕 文辉清

(74) 专利代理机构 苏州创元专利商标事务所有  
限公司 32103  
代理人 范晴 丁浩秋

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

(56) 对比文件

CN 106919215 A, 2017.07.04

CN 106951023 A, 2017.07.14

CN 105259972 A, 2016.01.20

CN 102158134 A, 2011.08.17

CN 106647921 A, 2017.05.10

王玲等. 基于虚拟负载的快速变步长光伏电池最大功率点跟踪方法.《电气自动化》.2017,第39卷(第6期),正文第47-50页.

审查员 高辉辉

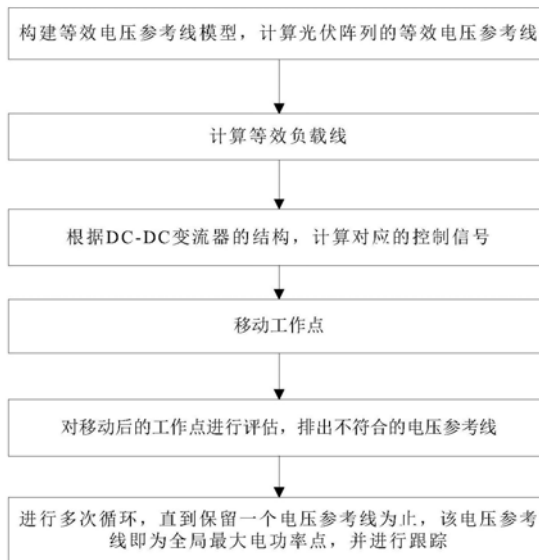
权利要求书1页 说明书4页 附图4页

(54) 发明名称

基于等效电压参考线模型的全局最大电功率点跟踪方法

(57) 摘要

本发明公开了一种基于等效电压参考线模型的全局最大电功率点跟踪方法,包括:构建等效电压参考线模型,计算光伏阵列的等效电压参考线;计算等效负载线 $R_{pv}$ ;根据DC-DC变换器的结构,计算对应的控制信号 $d$ ;根据 $d$ 值将工作点分别移动至 $PL$ 与每个 $R_{pv}$ 的交界处,当 $PL$ 与 $R_{pv}$ 的交界处不在I-V曲线上时,将工作点移动至 $R_{pv}$ 与I-V曲线的交界处;如果移动后的工作点位于电压参考线左侧,则排除相对应的电压参考线;反之,保留相对应的电压参考线;增加 $PL$ 的值,重复步骤进行多次循环,直到保留一个电压参考线为止,该电压参考线即为全局最大电功率点,并进行跟踪.以更加准确地反映出峰值电压的大小,得到准确的全局最大电功率点。



1. 一种基于等效电压参考线模型的全局最大电功率点跟踪方法, 其特征在于, 包括以下步骤:

S01: 构建等效电压参考线模型, 计算每一个光伏阵列的等效电压参考线 $V_{ref}$ ;

S02: 根据每一个光伏阵列的等效电压参考线 $V_{ref}$ 计算等效负载线 $R_{pv}$ ,  $R_{pv} = \frac{V_{ref}}{I_{ref}} = \frac{V_{ref}}{PL/V_{ref}} = \frac{V_{ref}^2}{PL}$ ,

PL为功率线, 为定值;

S03: 根据DC-DC变流器的结构, 计算对应的控制信号d;

S04: 根据d值将工作点分别移动至PL与每个 $R_{pv}$ 的交界处, 当PL与 $R_{pv}$ 的交界处不在I-V曲线上时, 将工作点移动至 $R_{pv}$ 与I-V曲线的交界处;

S05: 如果移动后的工作点位于电压参考线左侧, 则排除相对应的电压参考线; 反之, 保留相对应的电压参考线;

S06: 增加PL的值, 重复步骤S02进行多次循环, 直到保留一个电压参考线为止, 该电压参考线即为全局最大电功率点, 并进行跟踪。

2. 根据权利要求1所述的基于等效电压参考线模型的全局最大电功率点跟踪方法, 其特征在于, 所述步骤S01中等效电压参考线模型为:

$$V_{ref1 \dots N} = V_{mpp} + (N-1) V_s - (M-N) V_d$$

其中,  $V_{mpp}$ 为光伏模块最大功率点处参考电压,  $V_d$ 为光伏组件的旁路二极管压降,  $V_s$ 为线性直流电压源, M为光伏模块总数, N为第N个光伏模块。

3. 根据权利要求1所述的基于等效电压参考线模型的全局最大电功率点跟踪方法, 其

特征在于, 所述步骤S03中, DC/DC变流器采用Boost结构,  $d = \frac{\sqrt{R_{load}}}{\sqrt{R_{load}} + \sqrt{R_{pv}}}$ ;

其中,  $R_{load}$ 为DC-DC变流器的输出电阻。

4. 根据权利要求1所述的基于等效电压参考线模型的全局最大电功率点跟踪方法, 其特征在于, 使用扰动观察法将工作点稳定在全局最大电功率点附近。

## 基于等效电压参考线模型的全局最大电功率点跟踪方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及一种全局最大电功率跟踪方法,具体地涉及一种基于等效电压参考线模型的全局最大电功率点跟踪方法。

### 背景技术

[0002] 太阳能被全世界广泛地认为是一种非常重要的可持续能源。但由于光伏阵列受到外界环境因素如光照或温度的影响,其输出电压、电流呈现出明显的非线性特征。因此如何实时地调节光伏模块的输出功率,在任何外界环境下实现最大功率点跟踪(maximum power point tracking,MPPT)显得十分重要。

[0003] 当光伏阵列发生局部遮挡时,P-V曲线上会出现多个局部最大功率点(Local Maximum Power Point,LMPP)和一个全局最大功率点(Global Maximum Power Point,GMPP)。此时,传统的MPPT算法可能使光伏系统工作于某一个LMPP而非GMPP,从而导致光伏阵列无法输出其最大功率。

[0004] 为了能够解决这问题,很多全局最大功率点跟踪(GMPPT)算法被提出。其中,大多数的GMPPT算法基于0.8Voc的算法模型,其假定每个峰值间间距均为0.8Voc,如图1所示。每当算法找到一个峰值后,算法通过增加或减小0.8Voc的电压可移动至另一个峰值区间进行搜索,最终确定GMPP。但由于在实际中,每个峰值间间距实际不完全等同于0.8Voc,因此,此模型不够准确,并且往往会造成对GMPP的误判或陷入LMPP中。

### 发明内容

[0005] 为了解决上述存在的技术问题,本发明的目的是提出了一种基于等效电压参考线模型的全局最大电功率点跟踪方法。基于等效电压参考线模型进行全局最大电功率点跟踪,可以更加准确地反映出峰值电压的大小,得到准确的全局最大电功率点。

[0006] 本发明的技术方案是:

[0007] 一种基于等效电压参考线模型的全局最大电功率点跟踪方法,包括以下步骤:

[0008] S01:构建等效电压参考线模型,计算光伏阵列的等效电压参考线 $V_{ref}$ ;

[0009] S02:计算等效负载线 $R_{pv}$ ,  $R_{pv} = \frac{V_{ref}}{I_{ref}} = \frac{V_{ref}}{PL/V_{ref}} = \frac{V_{ref}^2}{PL}$ ,PL为功率线,为给定值;

[0010] S03:根据DC-DC变流器的结构,计算对应的控制信号d;

[0011] S04:根据d值将工作点分别移动至PL与每个 $R_{pv}$ 的交界处,当PL与 $R_{pv}$ 的交界处不在I-V曲线上时,将工作点移动至 $R_{pv}$ 与I-V曲线的交界处;

[0012] S05:如果移动后的工作点位于电压参考线左侧,则排除相对应的电压参考线;反之,保留相对应的电压参考线;

[0013] S06:增加PL的值,重复步骤S02进行多次循环,直到保留一个电压参考线为止,该电压参考线即为全局最大电功率点,并进行跟踪。

[0014] 优选的技术方案中,所述步骤S01中等效电压参考线模型为:

[0015]  $V_{ref1\dots N} = V_{mpp} + (N-1)V_s - (M-N)V_d$

[0016] 其中,  $V_{mpp}$  为光伏模块最大功率点处参考电压,  $V_d$  为光伏组件的旁路二极管压降,  $V_s$  为线性直流电压源,  $M$  为光伏模块总数,  $N$  为第  $N$  个光伏模块。

[0017] 优选的技术方案中, 所述步骤 S03 中, DC/DC 变流器采用 Boost 结构,

$$d = \frac{\sqrt{R_{load}}}{\sqrt{R_{load}} + \sqrt{R_{pv}}};$$

[0018] 其中,  $R_{load}$  为 DC-DC 变流器的输出电阻。

[0019] 优选的技术方案中, 使用扰动观察法将工作点稳定在全局最大电功率点附近。

[0020] 与现有技术相比, 本发明的优点是:

[0021] 基于等效电压参考线模型进行全局最大电功率点跟踪, 可以更加准确地反映出峰值电压的大小, 得到准确的全局最大电功率点, 从而实现快速的动态追踪并且避免误判现象。

### 附图说明

[0022] 下面结合附图及实施例对本发明作进一步描述:

[0023] 图1为基于 0.8Voc 的算法模型示意图;

[0024] 图2为本发明基于等效电压参考线模型的全局最大电功率点跟踪方法的流程图;

[0025] 图3为本实施例三个光伏模块的光照示意图;

[0026] 图4为构建等效电压参考线模型示意图;

[0027] 图5为基于等效电压参考线模型示意图;

[0028] 图6为工作点移动示意图;

[0029] 图7为本发明基于等效电压参考线模型的全局最大电功率点跟踪方法的实验结果图。

### 具体实施方式

[0030] 为使本发明的目的、技术方案和优点更加清楚明了, 下面结合具体实施方式并参照附图, 对本发明进一步详细说明。应该理解, 这些描述只是示例性的, 而并非要限制本发明的范围。此外, 在以下说明中, 省略了对公知结构和技术的描述, 以避免不必要地混淆本发明的概念。

[0031] 实施例:

[0032] 如图2所示, 一种基于等效电压参考线模型的全局最大电功率点跟踪方法, 包括以下步骤:

[0033] S01: 构建等效电压参考线模型, 计算光伏阵列的等效电压参考线  $V_{ref}$ ;

[0034] S02: 计算等效负载线  $R_{pv}$ ,  $R_{pv} = \frac{V_{ref}}{I_{ref}} = \frac{V_{ref}}{PL/V_{ref}} = \frac{V_{ref}^2}{PL}$ ,  $PL$  为功率线, 为给定值;

[0035] S03: 根据 DC-DC 变流器的结构, 计算对应的控制信号  $d$ ;

[0036] S04: 根据  $d$  值将工作点分别移动至  $PL$  与每个  $R_{pv}$  的交界处, 当  $PL$  与  $R_{pv}$  的交界处不在  $I-V$  曲线上时, 将工作点移动至  $R_{pv}$  与  $I-V$  曲线的交界处;

[0037] S05:如果移动后的工作点位于电压参考线左侧,则排除相对应的电压参考线;反之,保留相对应的电压参考线;

[0038] S06:增加PL的值,重复步骤S02进行多次循环,直到保留一个电压参考线为止,该电压参考线即为全局最大电功率点,并进行跟踪。

[0039] 本发明所提出的等效电压参考线模型如图3所示。包括光伏组串由三个光伏模块A、B、C组成,当然光伏模块还连接DC/DC变流器(图中未示出)。当光伏组串发生局部遮挡时,其中每个光伏模块的光照如图2所示(通过二极管旁路进行模拟)。根据光伏组串的工作情况,其电气特性可以分为三种情况:

[0040] 1.当模块B和模块C同时被旁路二极管短路时,如图3中左1所示,整个光伏组串的电气特性主要由模块A主导,此时光伏组串第一个峰值电压参考值 $V_{ref1}$ 为:

$$[0041] \quad V_{ref1} = V_{mpp} - 2V_d \quad (1)$$

[0042] 其中 $V_{mpp}$ 为光伏模块最大功率点处参考电压, $V_d$ 为光伏组件的旁路二极管压降。

[0043] 2.当只有模块C被旁路二极管短路时,如图3中中间所示,整个光伏组串的电气特性主要由模块B主导,此时光伏组串第二个峰值电压参考值 $V_{ref2}$ 为:

$$[0044] \quad V_{ref2} = V_{mpp} + V_s - V_d \quad (2)$$

[0045] 其中 $V_s$ 为线性直流电压源。

[0046] 3.没有模块被旁路二极管短路时,如图3中右1所示,整个光伏组串的电气特性主要由模块C主导,此时光伏组串第三个峰值电压参考值 $V_{ref3}$ 为:

$$[0047] \quad V_{ref3} = V_{mpp} + 2V_s \quad (3)$$

[0048] 如图4所示,根据上述情况,假设光伏组串中包含M个光伏组件,每个峰值电压可用如下通式来表示:

$$[0049] \quad V_{ref1 \dots N} = V_{mpp} + (N-1)V_s - (M-N)V_d \quad (4)$$

[0050] 其中,N为第N个光伏模块或第N个峰值电压。

[0051] 根据上述等效电压参考线模型,可以更为精准地计算出峰值电压的大小,如图5所示。

[0052] DC/DC变流器具体实施拓扑结构包括Buck、Boost、Buck-Boost、Sepic及Zeta变流器,本实施例的DC/DC变流器采用Boost结构,对应的控制信号 $d = \frac{\sqrt{R_{load}}}{\sqrt{R_{load}} + \sqrt{R_{pv}}}$ ;

[0053] 其中, $R_{load}$ 为DC-DC变流器的输出电阻。

[0054] 如图6、7所示,系统进入循环并根据d值分别移动至PL与每个 $R_{pv}$ 交界处,即 $Ref_A$ 、 $Ref_B$ 、 $Ref_C$ 。由于 $Ref_A$ 、 $Ref_B$ 、 $Ref_C$ 不一定位于I-V曲线上,系统工作点实际会移动至A、B、C点。

[0055] 当完成A、B、C点的移动后,系统会对系统工作点进行评估。如果工作点位于电压参考线左侧,如点A,则下次循环将排除相对应的电压参考线;反之,如果工作点位于电压参考线右侧,如点B、点C,则下次循环将保留相对应的电压参考线。

[0056] 增加PL的值,并以此进行多次循环,直到只有一个电压参考线为止。此时,此唯一保留的电压参考线即为GMPP。

[0057] 最后使用扰动观察法将工作点稳定在GMPP附近。

[0058] 应当理解的是,本发明的上述具体实施方式仅仅用于示例性说明或解释本发明的

原理,而不构成对本发明的限制。因此,在不偏离本发明的精神和范围的情况下所做的任何修改、等同替换、改进等,均应包含在本发明的保护范围之内。此外,本发明所附权利要求旨在涵盖落入所附权利要求范围和边界、或者这种范围和边界的等同形式内的全部变化和修改例。

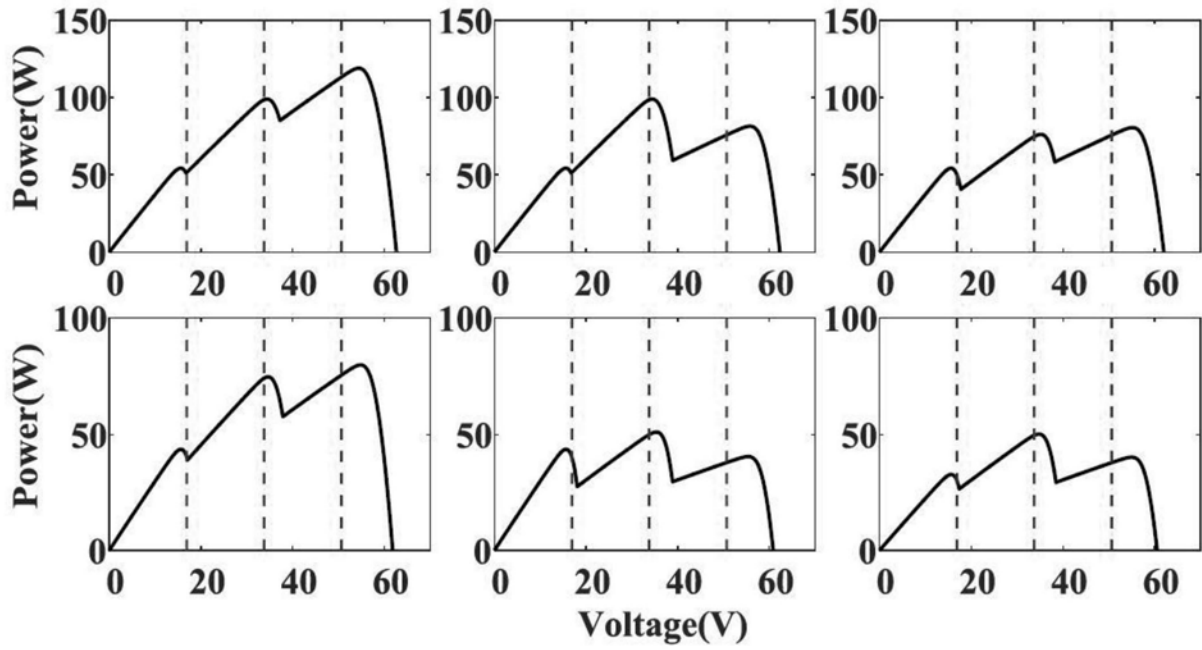


图1

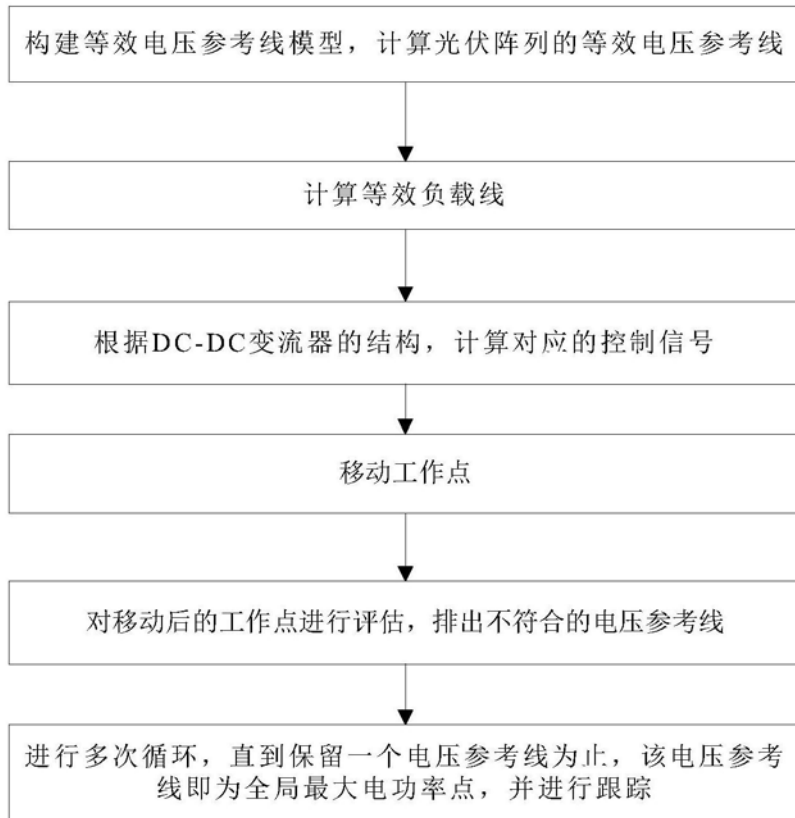


图2

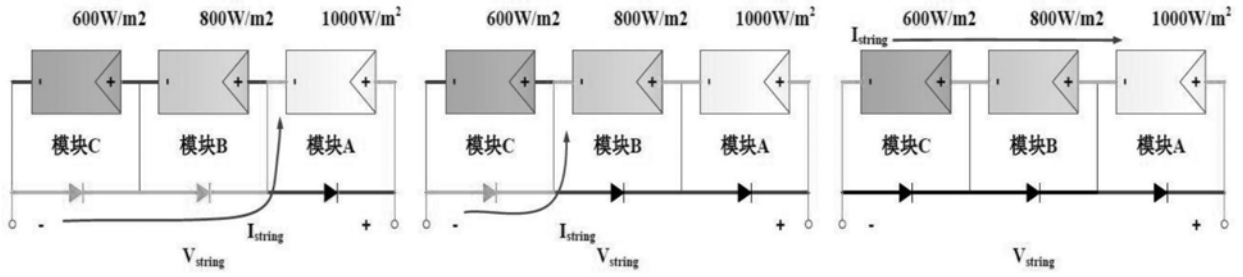


图3

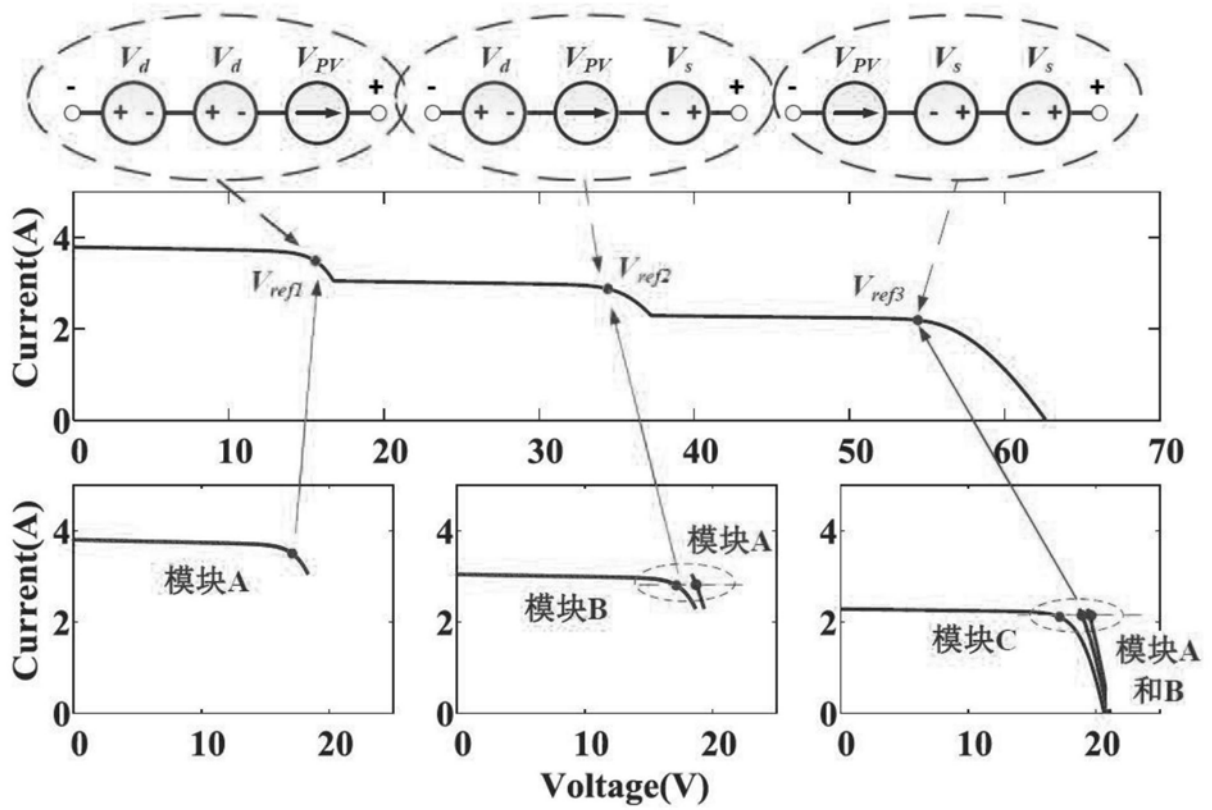


图4



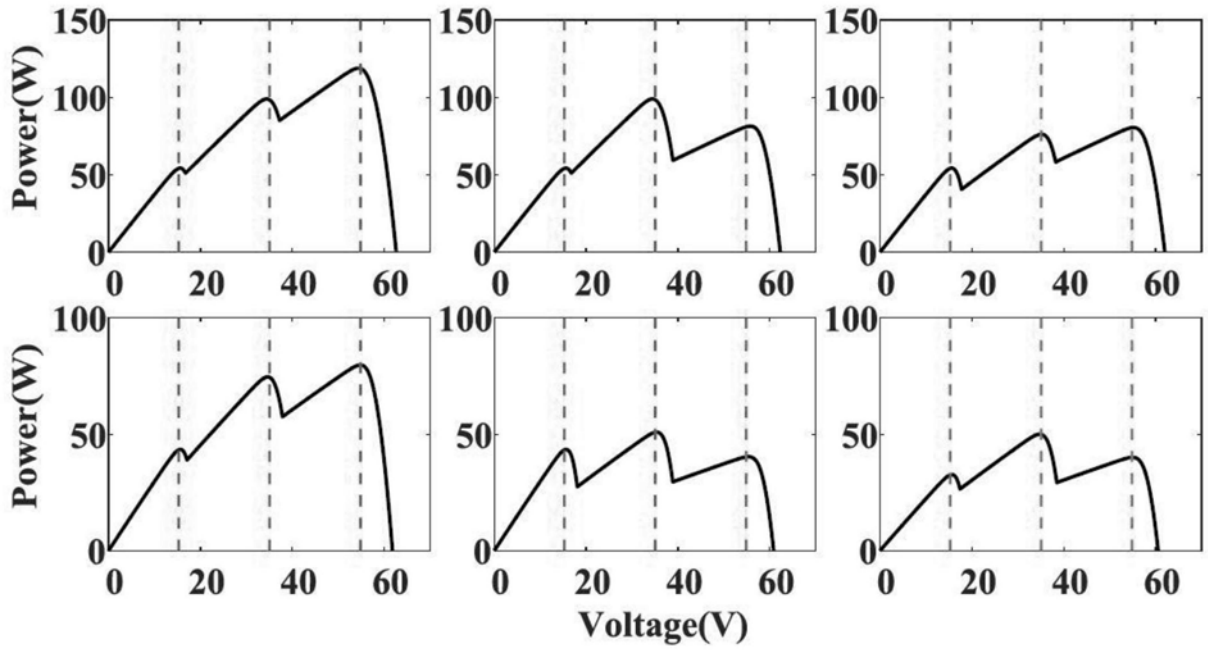


图5

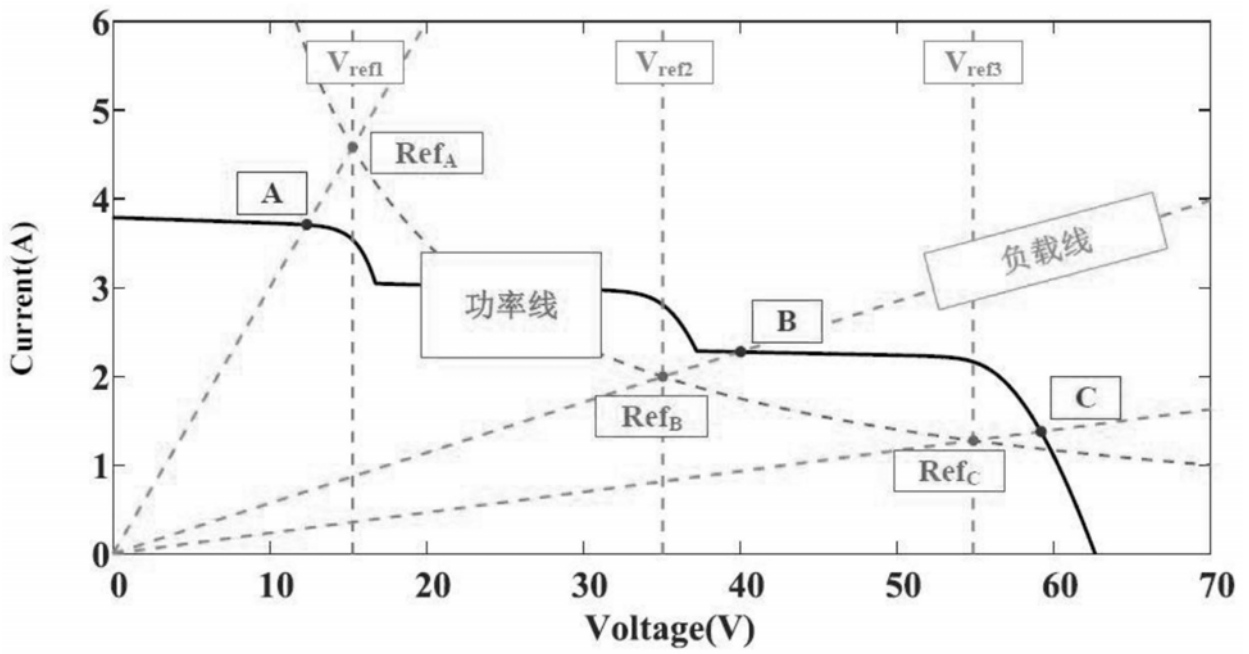


图6

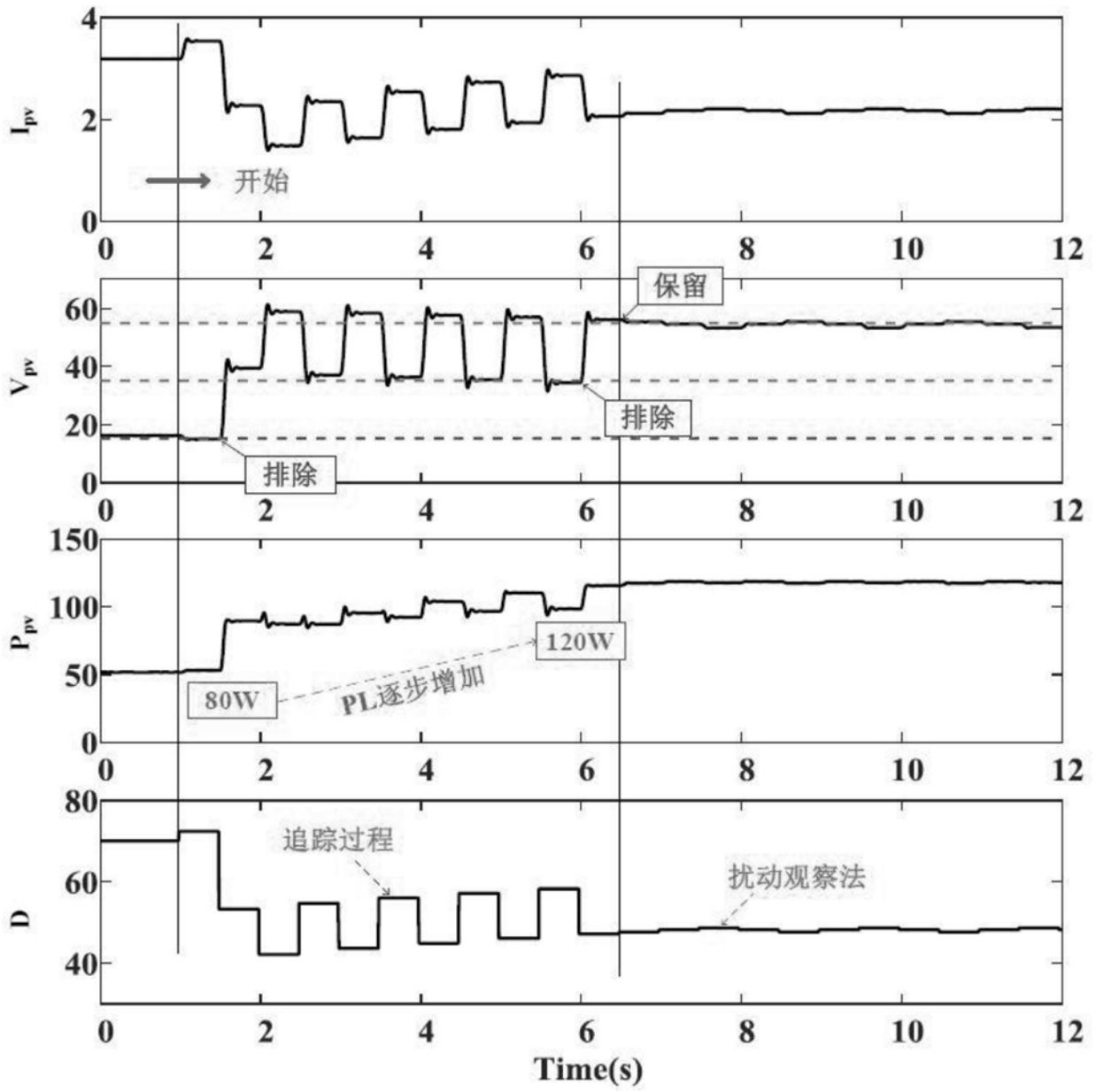


图7