



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 106951023 B

(45)授权公告日 2018.05.18

(21)申请号 201710172473.3

审查员 段超霞

(22)申请日 2017.03.22

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 106951023 A

(43)申请公布日 2017.07.14

(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有限公司 32103

代理人 范晴

(51)Int.Cl.

G05F 1/67(2006.01)

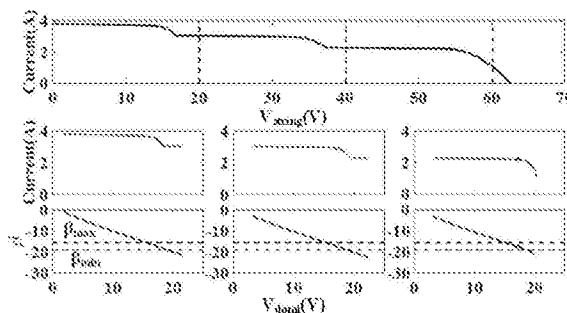
权利要求书1页 说明书4页 附图6页

(54)发明名称

一种基于  $\beta$  参数的多峰值最大电功率跟踪控制方法

(57)摘要

本发明公开了一种基于  $\beta$  参数的多峰值最大电功率跟踪控制方法,首先定义光伏组串的等效主导电压  $V_{domi}$ ,将整个光伏组串的I-V曲线进行划分,划分出带有峰值的曲线部分;定义变量  $\beta_{domi}$ ,将上述步骤中划分的每部分进一步进行划分,使所有的峰值,包括LMPP和GMPP,均在  $\beta_{max}$  和  $\beta_{min}$  范围内,再采用传统的Beta法,分别步骤S3划分的区间进行追踪,求出整个光伏组串的GMPP。本发明提出的一种基于  $\beta$  参数的多峰值最大电功率跟踪控制方法,不仅追踪精确度高,而且简单明了易于实现,同时还能确保追踪速度快,效率高。



1. 一种基于 $\beta$ 参数的多峰值最大电功率跟踪控制方法,其特征在于,包括:

S1、首先定义光伏组串的等效主导电压 $V_{domi}$ ,为

$$V_{domi} = V_{string} - (n-1) \times V_s + (m-n) \times V_d \quad (1);$$

其中 $V_{string}$ 为整个光伏组串的输出电压, $m$ 为光伏组串的光伏组件数量, $n$ 为

$$n = \begin{cases} 1, & \text{for } 0 < V_{string} \leq \alpha \cdot V_{oc} \\ 2, & \text{for } \alpha \cdot V_{oc} < V_{string} \leq 2 \cdot \alpha \cdot V_{oc} \\ \dots \\ m, & \text{for } (m-1) \cdot \alpha \cdot V_{oc} < V_{string} \leq m \cdot \alpha \cdot V_{oc} \end{cases} \quad (2);$$

其中, $V_{oc}$ 为光伏组件的开路电压, $\alpha$ 为常量;

公式(1)中, $V_d$ 为光伏组件的旁路二极管压降, $V_s$ 为线性直流电压源,其近似为

$$V_s = \frac{V_{mpp, stc} - V_{oc, stc}}{I_{mpp, stc}} \times I_{string} + V_{oc, stc} \quad (3);$$

其中 $V_{mpp, stc}$ 、 $I_{mpp, stc}$ 为光伏组件在标准测试环境下位于MPP点的电压、电流值; $V_{oc, stc}$ 为光伏组件在标准测试环境下开路电压; $I_{string}$ 为光伏组串电流;

S2、根据公式(1)-(3),将整个光伏组串的I-V曲线进行划分,划分出带有峰值的曲线部分;

S3、定义变量 $\beta_{domi}$ ,为

$$\beta_{domi} = \ln \left( \frac{I_{string}}{V_{domi}} \right) - c \times V_{domi} \quad (4);$$

其中 $c = q / (N_s A K T)$ ,是光伏特性参数;根据公式(4),可将步骤S2中划分的每部分进一步进行划分,使所有的峰值,包括LMPP和GMPP,均在 $\beta_{max}$ 和 $\beta_{min}$ 范围内;

S4、再采用传统的Beta法,分别对步骤S3划分的区间进行追踪,求出整个光伏组串的GMPP。

2. 根据权利要求1所述的基于 $\beta$ 参数的多峰值最大电功率跟踪控制方法,其特征在于,所述常量 $\alpha$ ,其值设为0.8~0.95之间。

## 一种基于 $\beta$ 参数的多峰值最大电功率跟踪控制方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及光伏系统,特别涉及一种基于 $\beta$ 参数的多峰值最大电功率跟踪控制方法。

### 背景技术

[0002] 当光伏组串发生局部遮挡时,如图1所示,其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),如图2所示。此时,传统的MPPT算法如,扰动观察法(Perturb&Observe,P&O)、电导增量法(Incremental Conductance,INC)、Beta法等,可能将无法输出在其最大功率,从而造成发电效率下降。

[0003] 为了能够解决这问题,很多GMPPT算法被提出。根据其算法类型,可大致分为以下三种:

[0004] (1)人工智能(Artificial Intelligent,AI)算法,如模糊逻辑(Fuzzy Logic Control,FLC),粒子群优(Particle Swarm Optimization,PSO),模拟退火(Simulated Annealing,SA)等。其优点在于追踪精度高,适应性强。但其缺点主要在于计算复杂、实现困难,且需要人工设定大量参数以确保其能稳定工作。

[0005] (2)阶段性搜索方法(Segmental search)。此类算法一般基于一些数学理论,如斐波纳契线性搜索(Fibonacci line search)、利普希茨连续(Lipschitz continuity)等。此类算法与AI算法相比较为简单、易于实现,且适应性较强。但是,其准确性较低,有可能找不到GMPP。

[0006] (3)两步法(Two-stage method)。此类算法一般分为两步:首先,算法先找到所有LMPP,并从中确定GMPP;然后,传统的MPPT算法,如P&O、INC等,用来精确追踪GMPP并将其维持以输出最大功率。相对于前两种方法,此类算法更为灵活。其算法实现难易度、追踪精确度以及算法适应度主要取决于其算法第一步,即如何确定GMPP的大致位置。目前,此类算法大多数基于 $0.8V_{oc}$ 的算法模型,其代表作为H.Patel所提出的算法。

[0007] 虽然H.Patel算法优点在于简单明了。但是,其缺点主要在于1)可能存在误判的现象;2)追踪速度慢,效率低。

[0008] 基于以上论述,本文提出一种基于 $\beta$ 参数的多峰值最大电功率跟踪控制方法。此算法不仅追踪精确度高,而且简单明了易于实现,同时还能确保追踪速度快,效率高。

### 发明内容

[0009] 本发明目的是:提供一种基于 $\beta$ 参数的多峰值最大电功率跟踪控制方法,追踪精确度高,简单明了易于实现,同时还能确保追踪速度快,效率高。

[0010] 本发明的技术方案是:

[0011] 1.一种基于 $\beta$ 参数的多峰值最大电功率跟踪控制方法,包括:

[0012] S1、首先定义光伏组串的等效主导电压 $V_{domi}$ ,为

[0013]  $V_{domi} = V_{string} - (n-1) \times V_s + (m-n) \times V_d$  (1);

[0014] 其中  $V_{string}$  为整个光伏组串的输出电压,  $m$  为光伏组串的光伏组件数量,  $n$  为

$$n = \begin{cases} 1, & \text{for } 0 < V_{string} \leq \alpha \cdot V_{oc} \\ 2, & \text{for } \alpha \cdot V_{oc} < V_{string} \leq 2 \cdot \alpha \cdot V_{oc} \\ \dots \\ m, & \text{for } (m-1) \cdot \alpha \cdot V_{oc} < V_{string} \leq m \cdot \alpha \cdot V_{oc} \end{cases} \quad (2);$$

[0016] 其中,  $V_{oc}$  为光伏组件的开路电压,  $\alpha$  为常量;

[0017] 公式(1)中,  $V_d$  为光伏组件的旁路二极管压降,  $V_s$  为线性直流电压源, 其近似为

$$V_s = \frac{V_{mpp, stc} - V_{oc, stc}}{I_{mpp, stc}} \times I_{string} + V_{oc, stc} \quad (3);$$

[0019] 其中  $V_{mpp, stc}$ 、 $I_{mpp, stc}$  为光伏组件在标准测试环境下位于MPP点的电压、电流值;  
 $V_{oc, stc}$  为光伏组件在标准测试环境下开路电压;

[0020] S2、根据公式(1)-(3), 将整个光伏组串的I-V曲线进行划分, 划分出带有峰值的曲线部分;

[0021] S3、定义变量  $\beta_{domi}$ , 为

$$\beta_{domi} = \ln \left( \frac{I_{string}}{V_{domi}} \right) - c \times V_{domi} \quad (4);$$

[0023] 其中  $c = q / (N_s k T)$ , 是光伏特性参数; 根据公式(4), 可将步骤S2中划分的每部分进一步进行划分, 使所有的峰值, 包括LMPP和GMPP, 均在  $\beta_{max}$  和  $\beta_{min}$  范围内。

[0024] S4、再采用传统的Beta法, 分别对步骤S3划分的区间进行追踪, 求出整个光伏组串的GMPP。

[0025] 优选的, 所述常量  $\alpha$ , 其值设为0.8~0.95之间。

[0026] 本发明的优点是:

[0027] 本发明提出的一种基于  $\beta$  参数的多峰值最大电功率跟踪控制方法, 不仅追踪精确度高, 而且简单明了易于实现, 同时还能确保追踪速度快, 效率高。

## 附图说明

[0028] 下面结合附图及实施例对本发明作进一步描述:

[0029] 图1为发生局部遮挡的光伏组串的示意图;

[0030] 图2为光伏组串的I-V曲线和P-V曲线。

[0031] 图3为发生局部遮挡的光伏阵列在第一种情况下的电气特性;

[0032] 图4为图3所述第一种情况下的I-V曲线;

[0033] 图5为发生局部遮挡的光伏阵列在第二种情况下的电气特性;

[0034] 图6为图5所述第二种情况下的I-V曲线;

[0035] 图7为发生局部遮挡的光伏阵列在第三种情况下的电气特性;

[0036] 图8为图7所述第三种情况下的I-V曲线;

[0037] 图9为光伏组串的I-V曲线及其等效划分区间的示意图;

[0038] 图10为光伏系统原理图；

[0039] 图11为仿真结果的示意图。

### 具体实施方式

[0040] 当光伏组串发生如图1所示的局部遮挡时,根据其工作状态,可分为三种情况。

[0041] 1.当Module B和Module C因被旁路二极管短路而停止工作时,其电气特性表现为两个独立的电压源 $V_d$ ,如图3所示。此时,由于光伏组串电流 $I_{string}$ 主要由Module A来提供,因此光伏组串的I-V特性主要由Module A主导,如图4所示。

[0042] 2.同理,当仅有Module C因被旁路二极管短路而停止工作时,其电气特性同样表现为一个独立的电压源 $V_d$ ,如图5所示。此时,由于Module A表现为一个线性电压源 $V_s$ ,整个光伏组串的特性主要由Module B主导,如图6所示。

[0043] 3.同理,当所有Module都正常工作时,Module A和Module B同时表现为一个线性电压源 $V_s$ ,如图7所示,整个光伏组串的特性主要由Module C主导,如图8所示。

[0044] 根据上述分析不难看出,当光伏组串发生局部遮挡时,其I-V特性在不同阶段,分别由不同Module所主导。此时,我们只需要追踪此主导Module,便可以追踪到其对应的峰值MPP。在此,我们定义一个新的变量,即光伏组串的等效主导电压( $V_{domi}$ ),其可写为

$$[0045] \quad V_{domi} = V_{string} - (n-1) \times V_s + (m-n) \times V_d \quad (1);$$

[0046] 其中 $V_{string}$ 为整个光伏组串的输出电压, $m$ 为光伏组串的Module数量, $n$ 则由

$$[0047] \quad n = \begin{cases} 1, & \text{for } 0 < V_{string} \leq \alpha \cdot V_{oc} \\ 2, & \text{for } \alpha \cdot V_{oc} < V_{string} \leq 2 \cdot \alpha \cdot V_{oc} \\ \dots \\ m, & \text{for } (m-1) \cdot \alpha \cdot V_{oc} < V_{string} \leq m \cdot \alpha \cdot V_{oc} \end{cases} \quad (2);$$

[0048] 其中, $V_{oc}$ 为光伏组件的开路电压, $\alpha$ 为变量,其值一般设在0.8到0.95之间。本文采用0.95。

[0049] 公式(1)中, $V_d$ 为旁路二极管压降,本文设定为0.8V。 $V_s$ 为线性直流电压源,其近似可由

$$[0050] \quad V_s = \frac{V_{mpp,stc} - V_{oc,stc}}{I_{mpp,stc}} \times I_{string} + V_{oc,stc} \quad (3);$$

[0051] 其中 $V_{mpp,stc}$ 、 $I_{mpp,stc}$ 为光伏组件在标准测试环境下(standard test condition, stc)位于MPP点的电压电流值, $V_{oc,stc}$ 为光伏组件在stc下的开路电压。

[0052] 根据公式(1)-(3),我们可以将整个光伏组串的I-V曲线,如图9第一行的曲线所示,进行划分,其结果如图9第二行的曲线所示。此时,为了能够更快更准地追踪MPP,我们接着引用一个变量 $\beta_{domi}$ ,即

$$[0053] \quad \beta_{domi} = \ln\left(\frac{I_{string}}{V_{domi}}\right) - c \times V_{domi} \quad (4);$$

[0054] 其中 $c = q / (N_s A K T)$ 是光伏特性参数。根据公式(4),可将图9第二行的曲线进一步进行划分,即为图9第三行的曲线部分。从图9第三行的曲线部分可以看出,所有的峰值,包

括LMPP和GMPP,均在 $\beta_{\max}$ 和 $\beta_{\min}$ 范围内。此时,只需要采用传统的Beta法,分别对这三个区间进行追踪,即可求出整个光伏组串的GMPP。

[0055] 如图10所示,本发明的系统结构图,其中包括了光伏阵列、DCDC变换器和MPPT跟踪模块。其中太阳能阵列模拟器(PV emulator)用来模拟光伏阵列的输出,dSPACE用来完成本算法的实现。

[0056] 实验结果如图11所示。

[0057] 上述实施例只为说明本发明的技术构思及特点,其目的在于让熟悉此项技术的人能够了解本发明的内容并据以实施,并不能以此限制本发明的保护范围。凡根据本发明主要技术方案的精神实质所做的修饰,都应涵盖在本发明的保护范围之内。

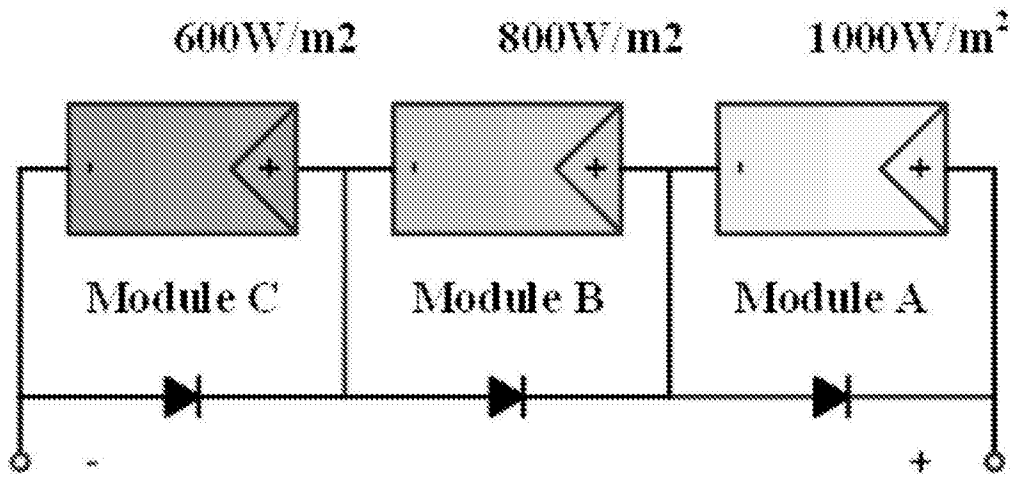


图1

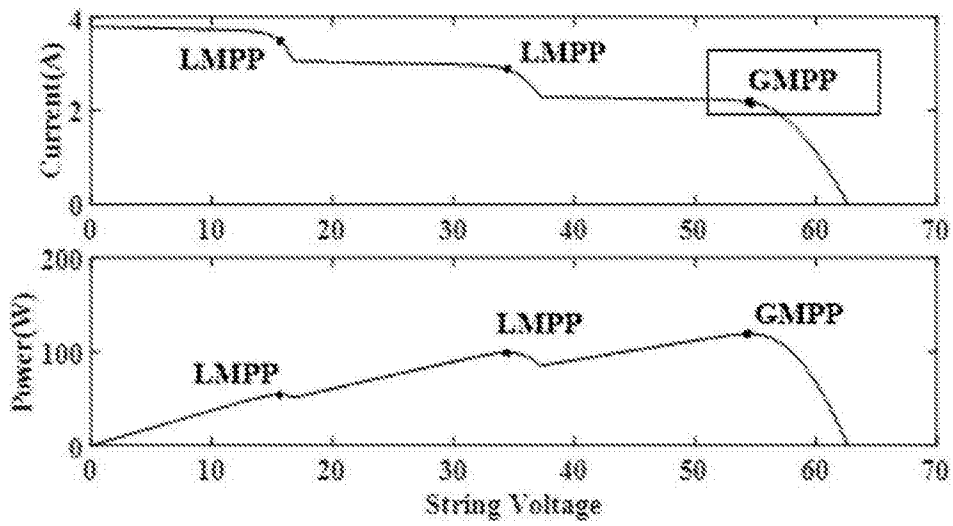


图2

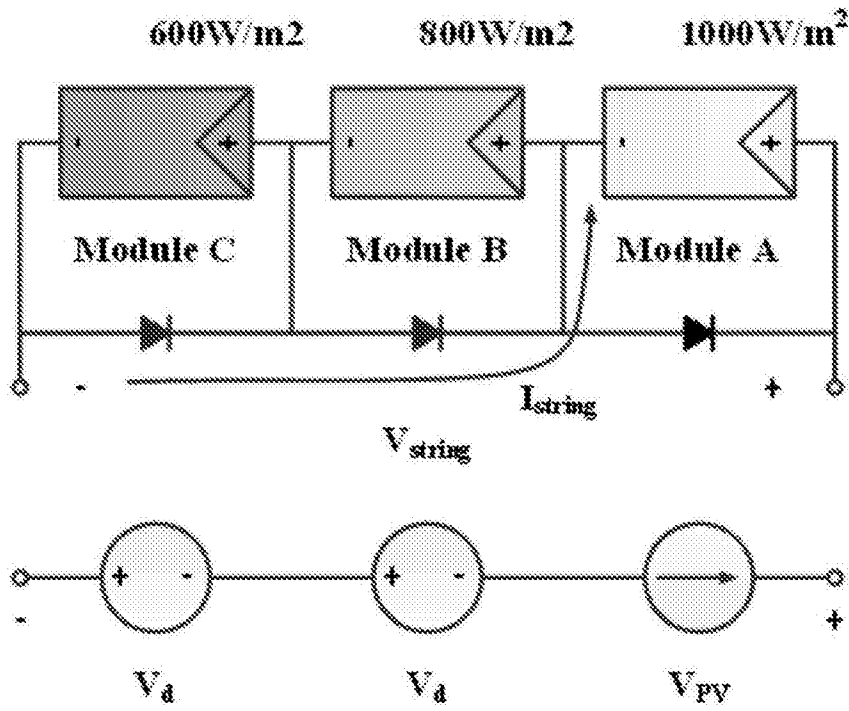


图3

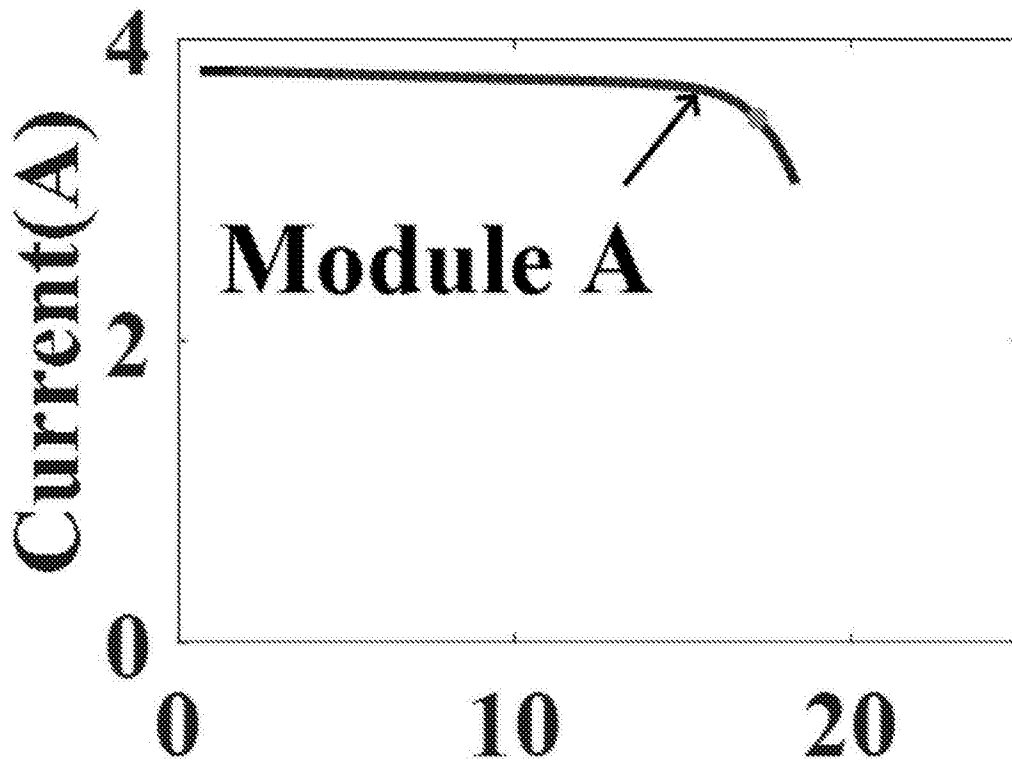


图4



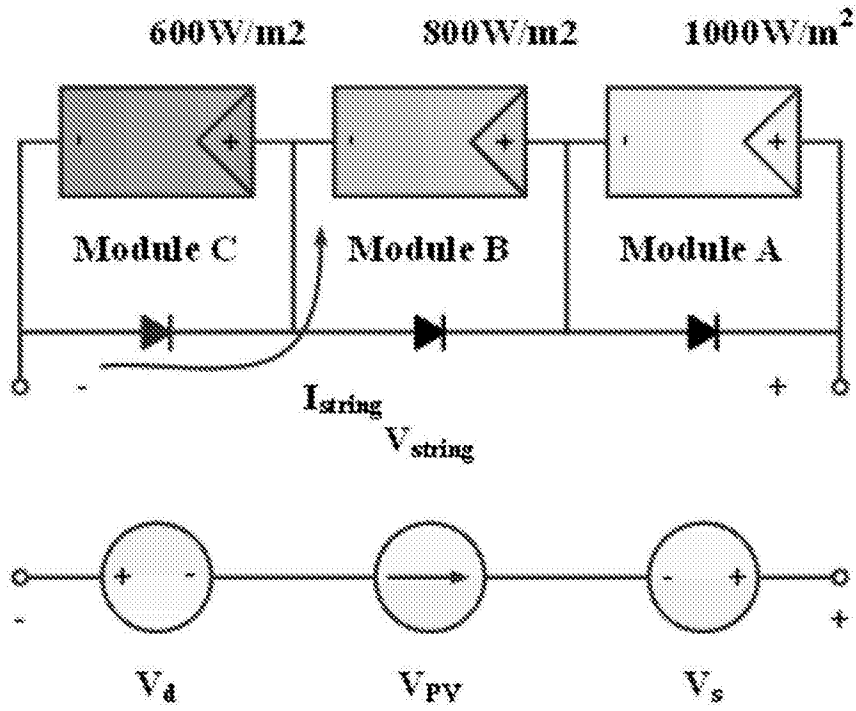


图5

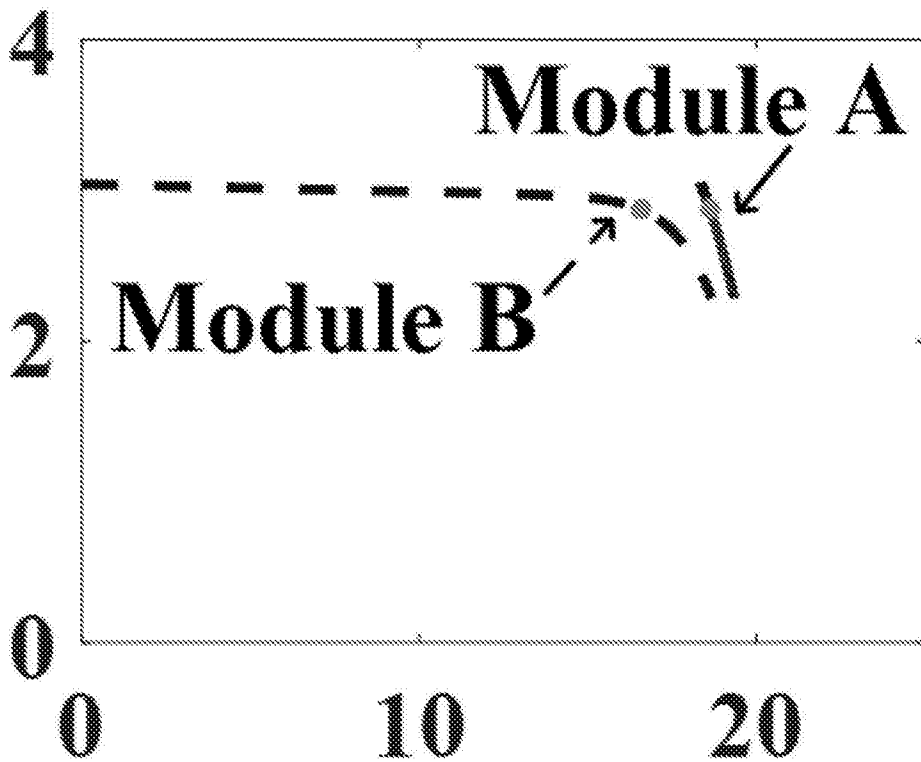


图6

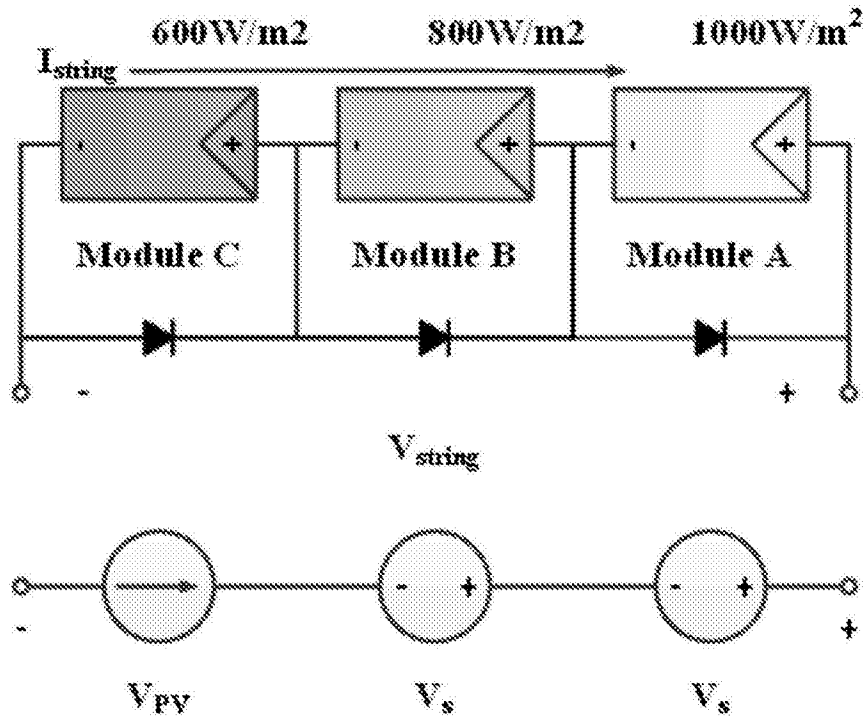


图7

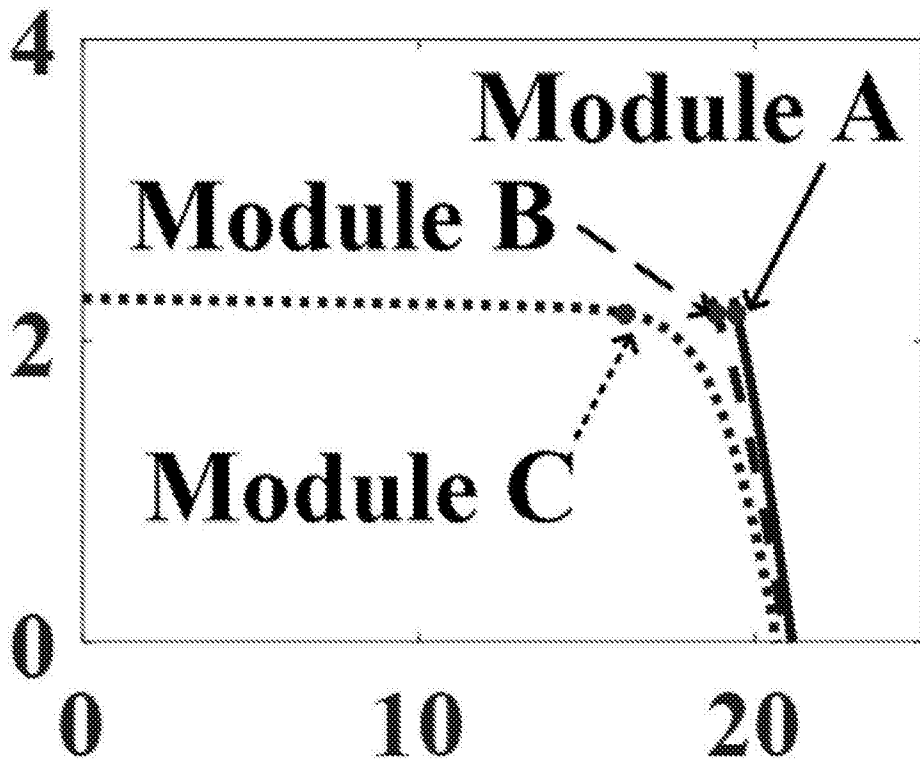


图8

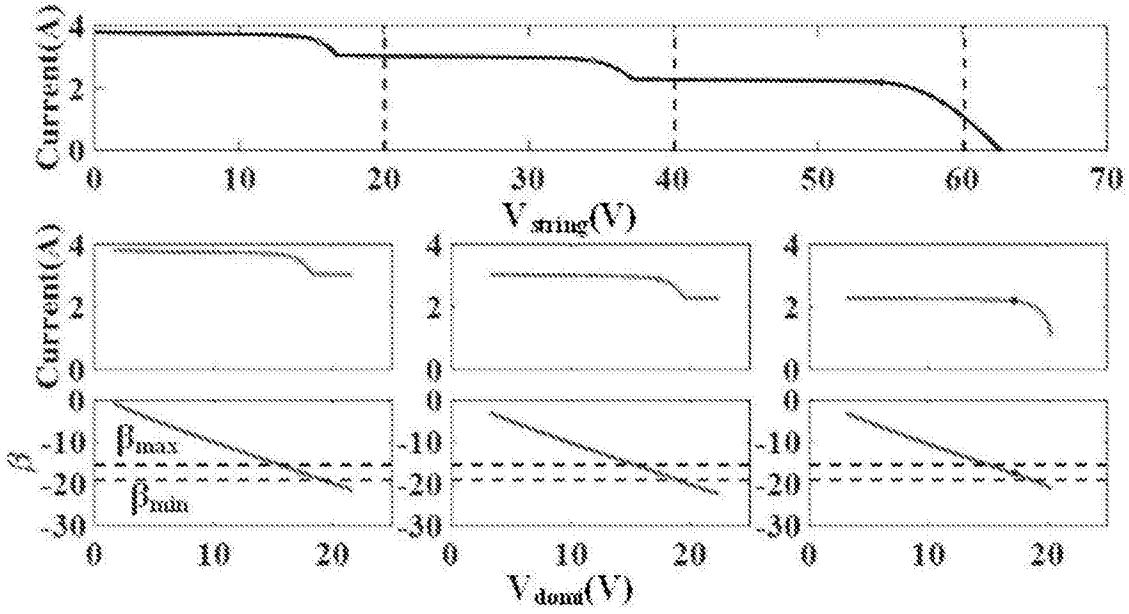


图9

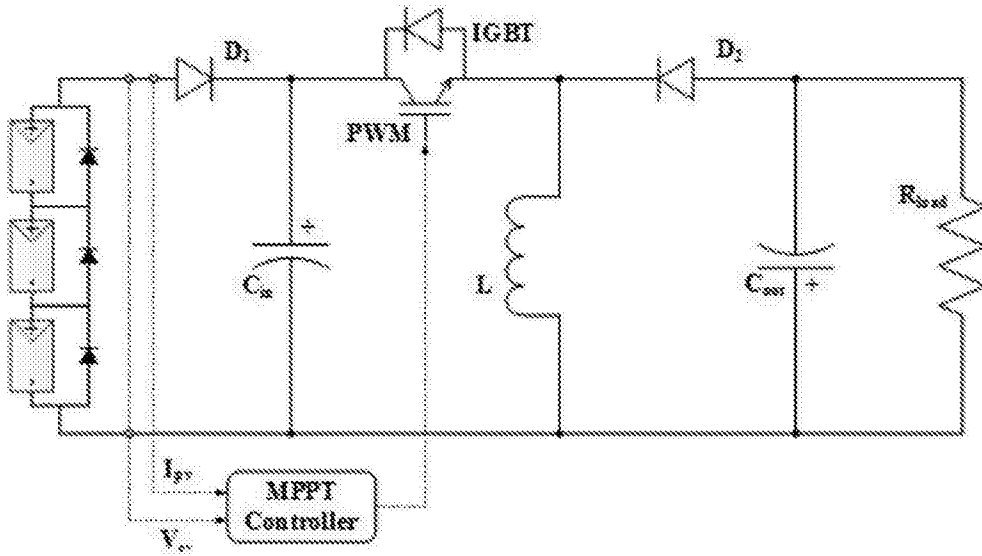


图10

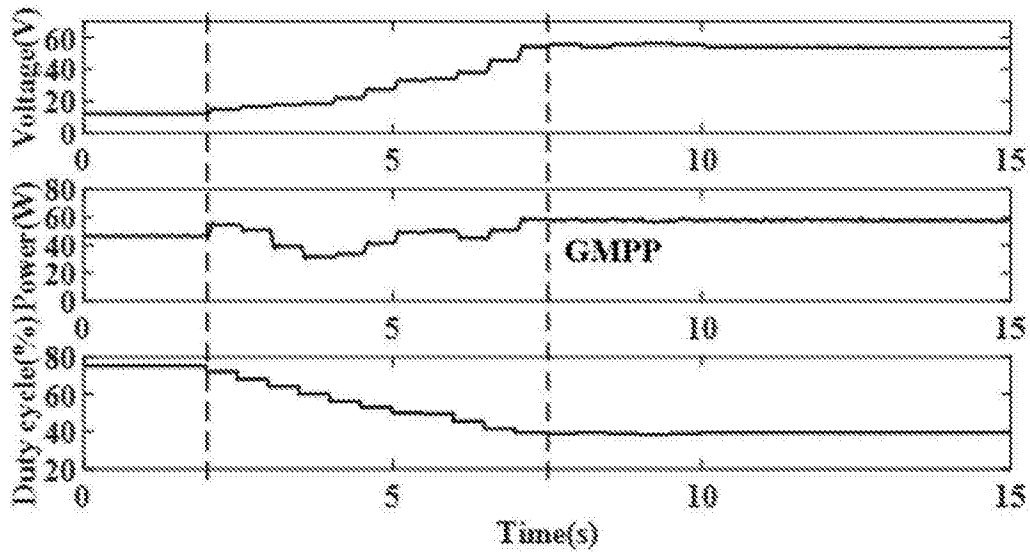


图11