



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 103677067 B

(45) 授权公告日 2016. 03. 30

(21) 申请号 201310700385. 8

(22) 申请日 2013. 12. 18

(73) 专利权人 深圳市金宏威技术有限责任公司
地址 518000 广东省深圳市南山区高新南九
道 9 号威新软件园 8 号楼 7 层 701-712
室

CN 101697423 A, 2010. 04. 21,

CN 102043419 A, 2011. 05. 04,

CN 102111086 A, 2011. 06. 29,

US 2011/0109346 A1, 2011. 05. 12,

审查员 韩潇

(72) 发明人 翦志强 曹红喜 吴秀彬 司徒琴

(74) 专利代理机构 深圳中一专利商标事务所
44237

代理人 张全文

(51) Int. Cl.

G05F 1/67(2006. 01)

(56) 对比文件

CN 102279614 A, 2011. 12. 14,

权利要求书3页 说明书8页 附图7页

(54) 发明名称

一种实现最大功率点跟踪的方法、装置和光伏发电系统

(57) 摘要

本发明公开了一种实现最大功率点跟踪的方法、装置和光伏发电系统,以较为简便的计算方式实现对光伏发电系统最大功率点进行跟踪。所述方法包括:检测光伏阵列和逆变器之间的耦合电容上电压纹波极大值 U_{in_max} 和极小值 U_{in_min} , 以获取光伏发电系统稳定工作时的最大功率点 P_{MPP} ; 在最大功率点 P_{MPP} 偏移时,通过耦合电容中存储能量的增加或释放,将最大功率点 P_{MPP} 移动至光伏阵列功率输出曲线上新的位置 P ; 根据新的位置 P 上对应的功率值与最大功率点 P_{MPP} 上对应的功率值的关系,确定是否将新的位置 P 作为光伏发电系统稳定工作时新的工作点。一方面,本发明降低了逆变器的成本和提高了系统的可靠性;另一方面,本发明计算简便并免去了振荡,提高了光伏发电系统的发电效率。

检测光伏阵列和逆变器之间的耦合电容上电压纹波极大值 U_{in_max} 和极小值 U_{in_min} , 以获取光伏发电系统稳定工作时的最大功率点 P_{MPP} S101

在最大功率点 P_{MPP} 偏移时,通过耦合电容中存储能量的增加或释放,将最大功率点 P_{MPP} 移动至光伏阵列功率输出曲线上新的位置 P S102

根据新的位置 P 上对应的功率值与最大功率点 P_{MPP} 上对应的功率值的关系,确定是否将新的位置 P 作为光伏发电系统稳定工作时新的工作点 S103

1. 一种实现最大功率点跟踪的方法,其特征在于,所述方法包括:

检测到耦合电容上电压纹波极大值 U_{in_max} 和极小值 U_{in_min} ,所述耦合电容位于光伏阵列与逆变器之间,且一端连接于所述光伏阵列与所述逆变器之间的连线,另一端与地连接;

计算 $P_{dc} = w * C_{pv} * U_{dc} * \Delta V$,所述 w 为市电网角频率,所述 C_{pv} 为所述耦合电容的电容,所述 U_{dc} 为 $\frac{U_{in_max} + U_{in_min}}{2}$,所述 ΔV 为 $U_{in_max} - U_{in_min}$;

通过控制输出功率以正扰动增大,直至在光伏阵列功率输出曲线上得到以 U_{dc} 为变量的电压满足 $\frac{\Delta V}{U_{dc}} = -\frac{d\Delta V}{dU_{dc}}$ 的位置 P_m ,所述位置 P_m 为所述最大功率点 P_{MPP} ;

在所述最大功率点 P_{MPP} 偏移时,通过所述耦合电容中存储能量的增加或释放,将所述最大功率点 P_{MPP} 移动至所述光伏阵列功率输出曲线上新的位置 P ;

根据所述新的位置 P 上对应的功率值与所述最大功率点 P_{MPP} 上对应的功率值的关系,确定是否将所述新的位置 P 作为光伏发电系统稳定工作时新的工作点。

2. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,所述在所述最大功率点 P_{MPP} 偏移时,通过所述耦合电容中存储能量的增加或释放,将所述最大功率点 P_{MPP} 移动至所述光伏阵列功率输出曲线上新的位置 P ,包括:

若所述最大功率点 P_{MPP} 移动后的位置在所述光伏阵列输出曲线上的功率值大于所述最大功率点 P_{MPP} 在所述光伏阵列功率输出曲线上的功率值,则通过将功率差值增加至所述耦合电容中,以不断升高所述耦合电容的电压 U_{pv} ,或者,若所述最大功率点 P_{MPP} 移动后的位置在所述光伏阵列功率输出曲线上的功率值小于所述最大功率点 P_{MPP} 在所述光伏阵列输出曲线上的功率值,则通过释放所述耦合电容中存储能量,以不断降低所述耦合电容的电压 U_{pv} ,直至将所述最大功率点 P_{MPP} 移动至所述光伏阵列功率输出曲线上新的位置 P 。

3. 根据权利要求2所述的方法,其特征在于,所述根据所述新的位置 P 上对应的功率值与所述最大功率点 P_{MPP} 上对应的功率值的关系,确定是否将所述新的位置 P 作为光伏发电系统稳定工作时新的工作点,包括:

若所述新的位置 P 上对应的功率值与所述最大功率点 P_{MPP} 上对应的功率值相等,则将所述新的位置 P 确定为光伏发电系统稳定工作时新的工作点。

4. 根据权利要求2所述的方法,其特征在于,所述根据所述新的位置 P 上对应的功率值与所述最大功率点 P_{MPP} 上对应的功率值的关系,确定是否将所述新的位置 P 作为光伏发电系统稳定工作时新的工作点,包括:

若不断升高或降低所述耦合电容的电压 U_{pv} 后,所述新的位置 P 上对应的功率值与所述最大功率点 P_{MPP} 上对应的功率值仍然不相等,则快速下调控功率参考值;

通过所述耦合电容中存储能量的增加或释放,将所述最大功率点 P_{MPP} 移动至所述光伏阵列功率输出曲线上新的位置 P' ;

在所述新的位置 P' 上对应的功率值与所述最大功率点 P_{MPP} 上对应的功率值相等,则将所述新的位置 P' 确定为光伏发电系统稳定工作时新的工作点。

5. 一种实现最大功率点跟踪的装置,其特征在于,所述装置包括:

检测单元,用于检测到耦合电容上电压纹波极大值 U_{in_max} 和极小值 U_{in_min} ,所述耦合电

容位于光伏阵列与逆变器之间,且一端连接于所述光伏阵列与所述逆变器之间的连线,另一端与地连接;

计算单元,用于计算 $P_{dc} = w * C_{pv} * U_{dc} * \Delta V$, 所述 w 为市电网角频率,所述 C_{pv} 为所述耦合电容的电容量,所述 U_{dc} 为 $\frac{U_{in_max} + U_{in_min}}{2}$, 所述 ΔV 为 $U_{in_max} - U_{in_min}$;

控制单元,用于通过控制输出功率以正扰动增大,直至在光伏阵列功率输出曲线上得到以 U_{dc} 为变量的电压满足 $\frac{\Delta V}{U_{dc}} = -\frac{d\Delta V}{dU_{dc}}$ 的位置 P_m , 所述位置 P_m 为所述最大功率点 P_{MPP} ;

工作点移动模块,用于在所述最大功率点 P_{MPP} 偏移时,通过所述耦合电容中存储能量的增加或释放,将所述最大功率点 P_{MPP} 移动至所述光伏阵列功率输出曲线上新的位置 P ;

工作点重确定模块,用于根据所述新的位置 P 上对应的功率值与所述最大功率点 P_{MPP} 上对应的功率值的关系,确定是否将所述新的位置 P 作为光伏发电系统稳定工作时新的工作点。

6. 根据权利要求 5 所述的装置,其特征在于,所述工作点移动模块包括:

移动单元,用于若所述最大功率点 P_{MPP} 移动后的位置在所述光伏阵列功率输出曲线上的功率值大于所述最大功率点 P_{MPP} 在所述光伏阵列功率输出曲线上的功率值,则通过将功率差值增加至所述耦合电容中,以不断升高所述耦合电容的电压 U_{pv} , 或者,若所述最大功率点 P_{MPP} 移动后的位置在所述光伏阵列功率输出曲线上的功率值小于所述最大功率点 P_{MPP} 在所述光伏阵列功率输出曲线上的功率值,则通过释放所述耦合电容中存储能量,以不断降低所述耦合电容的电压 U_{pv} , 直至将所述最大功率点 P_{MPP} 移动至所述光伏阵列功率输出曲线上新的位置 P 。

7. 根据权利要求 6 所述的装置,其特征在于,所述工作点重确定模块包括:

第一确定单元,用于若所述新的位置 P 上对应的功率值与所述最大功率点 P_{MPP} 上对应的功率值相等,则将所述新的位置 P 确定为光伏发电系统稳定工作时新的工作点。

8. 根据权利要求 6 所述的装置,其特征在于,所述工作点重确定模块包括:

参考值下调单元,用于若不断升高或降低所述耦合电容的电压 U_{pv} 后,所述新的位置 P 上对应的功率值与所述最大功率点 P_{MPP} 上对应的功率值仍然不相等,则快速下控制功率参考值;

重移动单元,用于通过所述耦合电容中存储能量的增加或释放,将所述工作点 P_w 移动至所述光伏阵列功率输出曲线上新的位置 P' ;

重确定单元,用于在所述新的位置 P' 上对应的功率值与所述最大功率点 P_{MPP} 上对应的功率值相等,则将所述新的位置 P' 确定为光伏发电系统稳定工作时新的工作点。

9. 一种光伏发电系统,其特征在于,所述光伏发电系统包括权利要求 5 至 8 中任意一项所述的实现最大功率点跟踪的装置、光伏阵列、耦合电容和逆变器;

所述实现最大功率点跟踪的装置,用于检测所述光伏阵列和逆变器之间的耦合电容上电压纹波极大值 U_{in_max} 和电压纹波极小值 U_{in_min} 检测,以获取光伏发电系统稳定工作时的最大功率点 P_{MPP} , 在所述最大功率点 P_{MPP} 偏移时,通过所述耦合电容中存储能量的增加或释放,将所述最大功率点 P_{MPP} 移动至所述光伏阵列功率输出曲线上新的位置 P , 根据所述新的位置 P 上对应的功率值与所述最大功率点 P_{MPP} 上对应的功率值的关系,确定是否将所述新的

位置 P 作为光伏发电系统稳定工作时新的工作点。

一种实现最大功率点跟踪的方法、装置和光伏发电系统

技术领域

[0001] 本发明涉及太阳能应用领域,具体涉及一种实现最大功率点跟踪的方法、装置和光伏发电系统。

背景技术

[0002] 太阳能光伏阵列是光伏发电系统的重要组成部分,其输出特性具有非线性特点,并且输出受太阳辐照度、环境温度和负载影响,只有在某一输出电压值时,光伏阵列的输出功率才能达到最大值,这时光伏阵列的工作点就达到了输出功率电压曲线的最高点,称之为最大功率点(Maximum Power Point, MPP)。为了有效地利用光伏电池,对光伏发电进行最大功率点跟踪(Maximum Power Point Tracking, MPPT)就显得尤为重要。

[0003] MPPT 的工作原理为:在一个规定的周期内,微处理器定期地主动调节 PWM 的占空比 D,改变太阳能光伏阵列的输出电流,从而引起太阳能电池的输出电压变化,检测太阳能电池输出电压及输出电流,计算出太阳能光伏阵列的输出功率,然后根据最大功率点跟踪策略寻找最大功率点的位置。

[0004] 现有技术提供的一种实现最大功率点跟踪的方法是:结合电容特性,通过计算每个开关周期光伏阵列一侧电容电流和控制输入的电流,间接得到光伏发电系统的输出电流,进而再得出输出功率。

[0005] 然而,上述现有技术提供的方法,其电流的计算过程较为复杂,对于实际应用,要求微处理器计算处理能力有较高的要求。

发明内容

[0006] 本发明实施例提供一种实现最大功率点跟踪的方法、装置和光伏发电系统,以较为简便的计算方式实现对光伏发电系统最大功率点进行跟踪。

[0007] 本发明实施例提供一种实现最大功率点跟踪的方法,所述方法包括:

[0008] 检测光伏阵列和逆变器之间的耦合电容上电压纹波极大值 U_{in_max} 和极小值 U_{in_min} ,以获取光伏发电系统稳定工作时的最大功率点 P_{MPP} ;

[0009] 在所述最大功率点 P_{MPP} 偏移时,通过所述耦合电容中存储能量的增加或释放,将所述最大功率点 P_{MPP} 移动至所述光伏阵列功率输出曲线上新的位置 P;

[0010] 根据所述新的位置 P 上对应的功率值与所述最大功率点 P_{MPP} 上对应的功率值的关系,确定是否将所述新的位置 P 作为光伏发电系统稳定工作时新的工作点。

[0011] 本发明另一实施例提供一种实现最大功率点跟踪的装置,所述装置包括:

[0012] 工作点获取模块,用于检测光伏阵列和逆变器之间的耦合电容上电压纹波极大值 U_{in_max} 和极小值 U_{in_min} ,以获取光伏发电系统稳定工作时的最大功率点 P_{MPP} ;

[0013] 工作点移动模块,用于在所述最大功率点 P_{MPP} 偏移时,通过所述耦合电容中存储能量的增加或释放,将所述最大功率点 P_{MPP} 移动至所述光伏阵列功率输出曲线上新的位置 P;

[0014] 工作点重确定模块,用于根据所述新的位置 P 上对应的功率值与所述最大功率点

P_{MPP} 上对应的功率值的关系,确定是否将所述新的位置 P 作为光伏发电系统稳定工作时新的工作点。

[0015] 从上述本发明实施例可知,一方面,由于检测光伏阵列和逆变器之间的耦合电容上电压纹波极大值 U_{in_max} 和极小值 U_{in_min} ,以获取光伏发电系统稳定工作时的最大功率点 P_{MPP} ,因此,在对最大功率点 P_{MPP} 跟踪时无需电流传感器,降低了逆变器的成本和提高了系统的可靠性;另一方面,由于在最大功率点 P_{MPP} 偏移时,通过耦合电容中存储能量的增加或释放,将最大功率点 P_{MPP} 移动至光伏阵列输出曲线上新的位置 P,如此,在外界环境发生变化时能及时作出调整,重新找到最大功率点,并在新的最大功率点上稳定工作,计算简便,并且免去了振荡,提高了光伏发电系统的发电效率。

附图说明

- [0016] 图 1 是本发明实施例提供的实现最大功率点跟踪的方法的基本流程示意图;
[0017] 图 2 是本发明实施例提供的光伏发电系统示意图;
[0018] 图 3 是本发明实施例提供的光伏发电系统的逆变器的输出功率波形图;
[0019] 图 4 是本发明实施例提供的光伏阵列功率输出曲线;
[0020] 图 5 是本发明另一实施例提供的光伏阵列功率输出曲线;
[0021] 图 6 是本发明另一实施例提供的光伏阵列功率输出曲线;
[0022] 图 7 是本发明实施例提供的实现最大功率点跟踪的装置结构示意图;
[0023] 图 8 是本发明另一实施例提供的实现最大功率点跟踪的装置结构示意图;
[0024] 图 9-a 是本发明另一实施例提供的实现最大功率点跟踪的装置结构示意图;
[0025] 图 9-b 是本发明另一实施例提供的实现最大功率点跟踪的装置结构示意图;
[0026] 图 10-a 是本发明另一实施例提供的实现最大功率点跟踪的装置结构示意图;
[0027] 图 10-b 是本发明另一实施例提供的实现最大功率点跟踪的装置结构示意图;
[0028] 图 11-a 是本发明另一实施例提供的实现最大功率点跟踪的装置结构示意图;
[0029] 图 11-b 是本发明另一实施例提供的实现最大功率点跟踪的装置结构示意图;
[0030] 图 12 是本发明实施例提供的光伏发电系统结构示意图。

具体实施方式

[0031] 本发明实施例提供一种实现最大功率点跟踪的方法,包括:检测光伏阵列和逆变器之间的耦合电容上电压纹波极大值 U_{in_max} 和极小值 U_{in_min} ,以获取光伏发电系统稳定工作时的最大功率点 P_{MPP} ;在所述最大功率点 P_{MPP} 偏移时,通过所述耦合电容中存储能量的增加或释放,将所述最大功率点 P_{MPP} 移动至所述光伏阵列功率输出曲线上新的位置 P;根据所述新的位置 P 上对应的功率值与所述最大功率点 P_{MPP} 上对应的功率值的关系,确定是否将所述新的位置 P 作为光伏发电系统稳定工作时新的工作点。本发明实施例还提供相应的实现最大功率点跟踪的装置和光伏发电系统。以下分别进行详细说明。

[0032] 本发明实施例的实现最大功率点跟踪的方法的基本流程可参考附图 1,该方法可以应用于附图 2 示例的光伏发电系统。附图 1 示例的实现最大功率点跟踪的方法主要包括如下步骤 S101 至步骤 S103:

[0033] S101,检测光伏阵列和逆变器之间的耦合电容上电压纹波极大值 U_{in_max} 和极小值

U_{in_min} , 以获取光伏发电系统稳定工作时的最大功率点 P_{MPP} 。

[0034] 具体地, 所述检测光伏阵列和逆变器之间的耦合电容上电压纹波极大值 U_{in_max} 和极小值 U_{in_min} , 以获取光伏发电系统稳定工作时的最大功率点 P_{MPP} 包括如下步骤 S1011 至步骤 S1012:

[0035] S1011, 检测到耦合电容上电压纹波极大值 U_{in_max} 和极小值 U_{in_min} 。

[0036] 在附图 2 示例的光伏发电系统中, 光伏(PV)阵列一侧作为光伏电池输出端给逆变器提供能量, C_{pv} 为光伏阵列和逆变器之间的耦合电容。由于逆变器输出为正弦交流, 因此, 逆变器瞬时输出功率 $P_o(t)$ 是变化的, 可知逆变器输入端功率 $P_{in}(t)$ 也是瞬时变化的, 则耦合电容起着能量缓冲的作用, 以保证输入电压稳定在一个微小变换范围之内, 使光伏(PhotoVoltaic, PV)阵列输出点稳定。

[0037] 已知逆变器输出端与电网相连, 电压同相, 现假设电流也与电压同相, 有:

$$[0038] \quad U_o(t) = U_{gird_peak} \sin(wt) \quad (1-1)$$

$$[0039] \quad I_o(t) = I_{o_peak} \sin(wt) \quad (1-2)$$

$$[0040] \quad P_o(t) = U_o(t) * I_o(t) = U_{gird_peak} I_{peak} \sin^2(wt) = P_{peak} \sin^2(wt) \quad (1-3)$$

[0041] U_{gird_peak} 和 I_{o_peak} 分别为输出峰值电压和输出峰值电流, w 为电网角频率, 因此, 由式(1-3)可知输出功率波形如附图 3 所示。

[0042] 附图 3 还可直观发现耦合电容 C_{pv} 释放能量和储存能量的阶段, 即在瞬时功率 $P_o(t) < P_{dc}$ 时, 耦合电容 C_{pv} 存储 P_{dc} 相对于 $P_o(t)$ 多出的能量, 当 $P_o(t) > P_{dc}$ 时, P_{dc} 相对于 $P_o(t)$ 释放能量以平衡 P_{dc} 和 $P_o(t)$, 这里, P_{dc} 为光伏阵列的输出功率。此外, 伴随着耦合电容能量的变化, 在光伏阵列侧输入电压 U_{pv} 有微小的纹波。

[0043] 附图 3 中阴影部分表示释放的能量 Q_1 , 其可由下式得到:

$$[0044] \quad Q_1 = \int_{t_1}^{t_2} P_o(t) dt - P_{dc} * (t_2 - t_1) \quad (1-4)$$

[0045] 根据分析, 此部分释放的能量将全由耦合电容提供, 因此又有:

$$[0046] \quad Q_1 = \frac{1}{2} C U_{in_max}^2 - \frac{1}{2} C U_{in_min}^2 \quad (1-5)$$

[0047] 上述式(1-5)中, U_{in_max} 和 U_{in_min} 分别表示耦合电容上电压纹波极大值和极小值。

[0048] S1012, 计算 $P_{dc} = w * C_{pv} * U_{dc} * \Delta V$, 其中, w 为市电网角频率, C_{pv} 为耦合电容的电容量大小, 其中, U_{dc} 为 $\frac{U_{in_max} + U_{in_min}}{2}$, ΔV 为 $U_{in_max} - U_{in_min}$ 。

[0049] 已知 $t_1 = \frac{1}{8}T$, $t_2 = \frac{3}{8}T$, T 为电网周期, 再将式(1-3)代入式(1-4), 并且与式(1-5)整合, 得:

$$[0050] \quad \int_{\frac{1}{8}T}^{\frac{3}{8}T} P_{peak} \sin^2 wtdt - P_{dc} * (\frac{3}{8}T - \frac{1}{8}T) = \frac{1}{2} C (U_{in_max}^2 - U_{in_min}^2)$$

$$[0051] \quad \text{即, } \frac{P_{peak}}{2w} - \frac{P_{peak}}{8}T + \frac{P_{dc}}{4}T = C_{pv} * U_{dc} * \Delta V \quad (1-6)$$

[0052] 当由光伏阵列、逆变器和耦合电容等构成的光伏发电系统正常稳态允许时, 假设不存在损耗, 光伏阵列输出功率应该和逆变器输出功率相等, 则逆变器输出峰值功率是光

伏阵列输出功率 P_{dc} 也即逆变器输入功率 P_{in} 的两倍, 即:

$$[0053] \quad \frac{P_{peak}}{2} = P_{dc} \quad (1-7)$$

[0054] 代入最终可得:

$$[0055] \quad P_{dc} = P_{in} = w * C_{pv} * U_{dc} * \Delta V \quad (1-8)$$

[0056] 其中 $U_{dc} = \frac{(U_{in_max} + U_{in_min})}{2}$, $\Delta V = (U_{in_max} - U_{in_min})$, 通过检测电容电压纹波的极大值和极小值, 即可由式(1-8) 计算出光伏发电系统稳定运行状态下光伏阵列输出功率 P_{dc} 。

[0057] S1013, 通过控制输出功率以正扰动增大, 直至在光伏阵列功率输出曲线上得到以

U_{dc} 为变量的电压满足 $\frac{\Delta V}{U_{dc}} = -\frac{d\Delta V}{dU_{dc}}$ 的位置 P_m , 其中, 位置 P_m 为最大功率点 P_{MPP} 。

[0058] 对于式(1-8), 若 $\frac{dP_{dc}}{dU_{dc}} = 0$, 即

$$[0059] \quad \frac{w * C_{pv} d(U_{dc} * \Delta V)}{dU_{dc}} = w C_{pv} (\Delta V + U_{dc} \frac{d\Delta V}{dU_{dc}}) = 0 \quad (1-9)$$

[0060] 则此时求出的 P_{dc} 为光伏阵列最大输出功率。

[0061] 上式中电网角频率 w 和耦合电容的电容值 C_{pv} 都为定值, 所以进一步可得:

$$[0062] \quad \frac{\Delta V}{U_{dc}} = -\frac{d\Delta V}{dU_{dc}} \quad (1-10)$$

[0063] 在最大功率点, 光伏发电系统稳定工作时应满足式(1-10)。然而, 式(1-10) 表征的能量是逆变器输入的能量, 而非光伏阵列输出的能量, 它与光伏阵列输出的能量和耦合电容的能量变化由下式表示:

$$[0064] \quad \int_t^{t+T} p_{pv}(t) dt = Q_{in} + \Delta Q_c \quad (1-11)$$

[0065] 在本发明实施例中, 就是通过控制输出功率以正扰动增大, 直至在光伏阵列输出

曲线上得到以 U_{dc} 为变量的电压满足 $\frac{\Delta V}{U_{dc}} = -\frac{d\Delta V}{dU_{dc}}$ 的位置 P_m , 此处的位置 P_m 为最大功率点

P_{MPP} 。具体地, 以附图 4 示例的光伏阵列功率输出曲线即稳定状态下光伏阵列功率 - 电压 (P-U) 输出特性曲线为例。当由光伏阵列、逆变器和耦合电容等构成的光伏发电系统开始输出能量时, 通过给定一个小的参考输出功率阈值控制电路, 假设光伏发电系统的工作点将稳定在 A_1 , 随着控制输出功率以正扰动 $+\Delta P$ 不断增大, 工作点由 A_1 向左移动。假设在此阶段外界环境稳定, 从而输出特性曲线恒定。在不断地移动过程中, 通过检测 U_{in_max} 和 U_{in_min} 来判断下一正扰动是否执行, 直到近似满足式(1-10), 即, 附图 4 中 $|P_{n+1} - P_n| \approx 0$ 时, 可认为工作点位于最大功率点 (Maximum Power Point, MPP) 上。

[0066] S102, 在最大功率点 P_{MPP} 偏移时, 通过耦合电容中存储能量的增加或释放, 将最大功率点 P_{MPP} 移动至光伏阵列功率输出曲线上新的位置 P 。

[0067] 作为本发明一个实施例, 在最大功率点 P_{MPP} 偏移时, 通过耦合电容中存储能量的增

加或释放,将最大功率点 P_{MPP} 移动至光伏阵列功率输出曲线上新的位置 P 可以是:若最大功率点 P_{MPP} 移动后的位置在光伏阵列功率输出曲线上的功率值大于最大功率点 P_{MPP} 在所述光伏阵列功率输出曲线上的功率值,则通过将功率差值增加至耦合电容中,以不断升高所述耦合电容的电压 U_{pv} ,或者,若所述最大功率点 P_{MPP} 移动后的位置在所述光伏阵列功率输出曲线上的功率值小于最大功率点 P_{MPP} 在光伏阵列功率输出曲线上的功率值,则通过释放耦合电容中存储能量,以不断降低耦合电容的电压 U_{pv} ,直至将最大功率点 P_{MPP} 移动至光伏阵列功率输出曲线上新的位置 P 。

[0068] 当光伏发电系统稳定工作在最大功率点后,若发生光照强度变化或者温度变化,则会使光伏发电系统重新运行在新的工作点。以附图 5 示例的光伏阵列功率输出曲线为例,假设光伏发电系统原来工作附图 5 示例的光伏阵列功率输出曲线的最大功率点 M_2 处,对应的输出功率为 P_1 。当外界环境发生变化(例如,光照强度变化或者温度变化)导致光伏阵列功率输出曲线由光伏阵列功率输出曲线 a 变化到光伏阵列功率输出曲线 b 时,工作点首先由 M_2 移动至 B_2 点,然而在 B_2 点,光伏阵列输出功率 $P_2 > P_1$,因此根据式(1-11)和附图 2 可知,此时 $P_2 - P_1$ 这部分能量将储存在光伏阵列一侧的耦合电容中,进而使耦合电容两端的电压 U_{pv} 升高,继而又促进光伏电池输出点由 B_2 向右即电压增大方向移动,最终稳定在 B_1 点,使光伏阵列输出功率重新降至 P_2 ,达到光伏阵列输出功率和逆变器输入功率平衡。

[0069] 在 B_2 向右移动的过程中,可通过检测 PV 侧电容电压变化值 ΔV_1 来判断出此种情况,进而根据如图 4 示例的光伏阵列功率输出曲线对应的初始启动的扰动策略来使光伏阵列工作点重新回到新的 MPP 上。

[0070] S103,根据新的位置 P 上对应的功率值与最大功率点 P_{MPP} 上对应的功率值的关系,确定是否将新的位置 P 作为光伏发电系统稳定工作时新的工作点。

[0071] 作为本发明一个实施例,根据新的位置 P 上对应的功率值与最大功率点 P_{MPP} 上对应的功率值的关系,确定是否将新的位置 P 作为光伏发电系统稳定工作时新的工作点可以是:若新的位置 P 上对应的功率值与最大功率点 P_{MPP} 上对应的功率值相等,则将新的位置 P 确定为光伏发电系统稳定工作时新的工作点。例如,附图 5 示例的光伏阵列功率输出曲线,随着耦合电容两端的电压 U_{pv} 升高,新的位置 B_1 上对应的功率值与最大功率点即 M_2 上对应的功率值 P_1 相等,则将新的位置 B_1 确定为光伏发电系统稳定工作时新的工作点。

[0072] 作为本发明另一实施例,根据新的位置 P 上对应的功率值与最大功率点 P_{MPP} 上对应的功率值的关系,确定是否将新的位置 P 作为光伏发电系统稳定工作时新的工作点包括如下步骤 S1031 至步骤 S1033:

[0073] S1031,若不断升高或降低耦合电容的电压 U_{pv} 后,新的位置 P 上对应的功率值与最大功率点 P_{MPP} 上对应的功率值仍然不相等,则快速下控制功率参考值。

[0074] S1032,通过耦合电容中存储能量的增加或释放,将最大功率点 P_{MPP} 移动至光伏阵列功率输出曲线上新的位置 P' 。

[0075] S1033,在新的位置 P' 上对应的功率值与最大功率点 P_{MPP} 上对应的功率值相等,则将新的位置 P' 确定为光伏发电系统稳定工作时新的工作点。

[0076] 以附图 6 示例的光伏阵列功率输出曲线为例,当光伏发电系统稳定工作在光伏阵列功率输出曲线 a 的最大功率点 M_1 处,随着外界环境变化导致光伏阵列功率输出曲线由光伏阵列功率输出曲线 a 变为光伏阵列功率输出曲线 b 时,光伏发电系统的工作点即最大功

率点由 M_1 下降至 A_1 点,进而又由于光伏阵列输出功率不足($P_2 < P_1$)使得光伏阵列一侧的耦合电容释放出自身能量补充输出,工作点在光伏阵列功率输出曲线 b 上由最初的 A_1 往左方向移动(如图 6 所示的虚线方向)。由于在整个光伏阵列功率输出曲线 b 上都无法满足 P_1 输出功率,最终导致光伏阵列输出功率无法与逆变器输出功率平衡,进一步发展,则光伏发电系统崩溃。为防止这种情况的发生,需要在 A_1 点往左移动时及时检测光伏阵列一侧耦合电容电压变化值来判断光伏发电系统情况,进而通过快速下调控制功率参考值来使光伏发电系统重新稳定在光伏阵列功率输出曲线 b 的某个工作点上,接着遵循图 4 所示步骤来达到光伏阵列功率输出曲线 b 的 MPP 输出。

[0077] 从上述本发明实施例提供的实现最大功率点跟踪的方法可知,一方面,一方面,由于检测光伏阵列和逆变器之间的耦合电容上电压纹波极大值 U_{in_max} 和极小值 U_{in_min} ,以获取光伏发电系统稳定工作时的最大功率点 P_{MPP} ,因此,在对最大功率点 P_{MPP} 跟踪时无需电流传感器,降低了逆变器的成本和提高了系统的可靠性;另一方面,由于在最大功率点 P_{MPP} 偏移时,通过耦合电容中存储能量的增加或释放,将最大功率点 P_{MPP} 移动至光伏阵列输出曲线上新的位置 P ,如此,在外界环境发生变化时能及时作出调整,重新找到最大功率点,并在新的最大功率点上稳定工作,计算简便,并且免去了振荡,提高了光伏发电系统的发电效率。

[0078] 下面对于用于执行上述实现最大功率点跟踪的方法的本发明实施例的实现最大功率点跟踪的装置进行说明,其基本逻辑结构参考附图 7。为了便于说明,附图 7 示例的实现最大功率点跟踪的装置仅仅示出了与本发明实施例相关的部分,主要包括工作点获取模块 701、工作点移动模块 702 和工作点重确定模块 703,各模块详细说明如下:

[0079] 工作点获取模块 701,用于检测光伏阵列和逆变器之间的耦合电容上电压纹波极大值 U_{in_max} 和极小值 U_{in_min} ,以获取光伏发电系统稳定工作时的最大功率点 P_{MPP} ;

[0080] 工作点移动模块 702,用于在所述最大功率点 P_{MPP} 偏移时,通过所述耦合电容中存储能量的增加或释放,将所述最大功率点 P_{MPP} 移动至所述光伏阵列功率输出曲线上新的位置 P ;

[0081] 工作点重确定模块 703,用于根据所述新的位置 P 上对应的功率值与所述最大功率点 P_{MPP} 上对应的功率值的关系,确定是否将所述新的位置 P 作为光伏发电系统稳定工作时新的工作点。

[0082] 需要说明的是,以上附图 7 示例的实现最大功率点跟踪的装置的实施方式中,各功能模块的划分仅是举例说明,实际应用中可以根据需要,例如相应硬件的配置要求或者软件的实现的便利考虑,而将上述功能分配由不同的功能模块完成,即将所述实现最大功率点跟踪的装置的内部结构划分成不同的功能模块,以完成以上描述的全部或者部分功能。而且,实际应用中,本实施例中的相应的功能模块可以是由相应的硬件实现,也可以由相应的硬件执行相应的软件完成,例如,前述的工作点获取模块,可以是具有执行前述检测光伏阵列和逆变器之间的耦合电容上电压纹波极大值 U_{in_max} 和极小值 U_{in_min} ,以获取光伏发电系统稳定工作时的最大功率点 P_{MPP} 的硬件,例如工作点获取器,也可以是能够执行相应计算机程序从而完成前述功能的一般处理器或者其他硬件设备;再如前述的工作点移动模块,可以是具有执行前述在所述最大功率点 P_{MPP} 偏移时,通过所述耦合电容中存储能量的增加或释放,将所述最大功率点 P_{MPP} 移动至所述光伏阵列功率输出曲线上新的位置 P 功能的硬件,例如工作点移动器,也可以是能够执行相应计算机程序从而完成前述功能的一般处

理器或者其他硬件设备(本说明书提供的各个实施例都可应用上述描述原则)。

[0083] 附图7示例的工作点获取模块701可以包括检测单元801、计算单元802和控制单元803,如附图8所示本发明另一实施例提供的实现最大功率点跟踪的装置,其中:

[0084] 检测单元801,用于检测到所述耦合电容上电压纹波极大值 U_{in_max} 和极小值 U_{in_min} ;

[0085] 计算单元802,用于计算 $P_{dc}=w*C_{pv}*U_{dc}*\Delta V$,所述 w 为市电网角频率,所述 C_{pv} 为所述耦合电容的电容量,所述 U_{dc} 为 $\frac{U_{in_max}+U_{in_min}}{2}$,所述 ΔV 为 $U_{in_max}-U_{in_min}$;

[0086] 控制单元803,用于通过控制输出功率以正扰动增大,直至在光伏阵列功率输出曲线上得到以 U_{dc} 为变量的电压满足 $\frac{\Delta V}{U_{dc}}=-\frac{d\Delta V}{dU_{dc}}$ 的位置 P_m ,所述位置 P_m 为所述最大功率点 P_{MPP} 。

[0087] 附图7或附图8示例的工作点移动模块702可以包括移动单元901,如附图9-a或附图9-b所示本发明另一实施例提供的实现最大功率点跟踪的装置。移动单元901用于若最大功率点 P_{MPP} 移动后的位置在光伏阵列功率输出曲线上的功率值大于最大功率点 P_{MPP} 在所述光伏阵列功率输出曲线上的功率值,则通过将功率差值增加至所述耦合电容中,以不断升高所述耦合电容的电压 U_{pv} ,或者,若所述最大功率点 P_{MPP} 移动后的位置在所述光伏阵列功率输出曲线上的功率值大于所述最大功率点 P_{MPP} 在所述光伏阵列功率输出曲线上的功率值,则通过释放所述耦合电容中存储能量,以不断降低所述耦合电容的电压 U_{pv} ,直至将所述最大功率点 P_{MPP} 移动至所述光伏阵列功率输出曲线上新的位置 P 。

[0088] 附图9-a或附图9-b示例的工作点重确定模块703可以包括第一确定单元1001,如附图10-a或附图10-b所示本发明另一实施例提供的实现最大功率点跟踪的装置。第一确定单元1001用于若所述新的位置 P 上对应的功率值与所述最大功率点 P_{MPP} 上对应的功率值相等,则将所述新的位置 P 确定为光伏发电系统稳定工作时新的工作点。

[0089] 附图9-a或附图9-b示例的工作点重确定模块703可以包括参考值下调单元1101、重移动单元1102和重确定单元1103,如附图11-a或附图11-b所示本发明另一实施例提供的实现最大功率点跟踪的装置,其中:

[0090] 参考值下调单元1101,用于若不断升高或降低所述耦合电容的电压 U_{pv} 后,所述新的位置 P 上对应的功率值与所述最大功率点 P_{MPP} 上对应的功率值仍然不相等,则快速下控制功率参考值。

[0091] 重移动单元1102,用于通过所述耦合电容中存储能量的增加或释放,将所述工作点 P_w 移动至所述光伏阵列功率输出曲线上新的位置 P' 。

[0092] 重确定单元1103,用于在所述新的位置 P' 上对应的功率值与所述最大功率点 P_{MPP} 上对应的功率值相等,则将所述新的位置 P' 确定为光伏发电系统稳定工作时新的工作点。

[0093] 本发明实施例还提供如附图12所示的光伏发电系统,为了便于说明,仅仅示出了与本发明实施例相关的部分。附图12示例的光伏发电系统包括附图7至附图11-b任一示例的实现最大功率点跟踪的装置1201、光伏阵列1202、耦合电容1203和逆变器1204,其中,实现最大功率点跟踪的装置1201主要用于检测光伏阵列1202和逆变器1203之间的耦合电容1204上电压纹波极大值 U_{in_max} 和极小值 U_{in_min} 检测,以获取光伏发电系统稳定工作时

的最大功率点 P_{MPP} , 在所述最大功率点 P_{MPP} 偏移时, 通过耦合电容 1203 中存储能量的增加或释放, 将所述最大功率点 P_{MPP} 移动至所述光伏阵列功率输出曲线上新的位置 P, 根据所述新的位置 P 上对应的功率值与所述最大功率点 P_{MPP} 上对应的功率值的关系, 确定是否将所述新的位置 P 作为光伏发电系统稳定工作时新的工作点。

[0094] 需要说明的是, 上述装置各模块 / 单元之间的信息交互、执行过程等内容, 由于与本发明方法实施例基于同一构思, 其带来的技术效果与本发明方法实施例相同, 具体内容可参见本发明方法实施例中的叙述, 此处不再赘述。

[0095] 本领域普通技术人员可以理解上述实施例的各种方法中的全部或部分步骤是可以通程序来指令相关的硬件来完成, 该程序可以存储于一计算机可读存储介质中, 存储介质可以包括: 只读存储器 (ROM, Read Only Memory)、随机存取存储器 (RAM, Random Access Memory)、磁盘或光盘等。

[0096] 以上对本发明实施例所提供的实现最大功率点跟踪的方法、装置和光伏发电系统进行了详细介绍, 本文中应用了具体个例对本发明的原理及实施方式进行了阐述, 以上实施例的说明只是用于帮助理解本发明的方法及其核心思想; 同时, 对于本领域的一般技术人员, 依据本发明的思想, 在具体实施方式及应用范围上均会有改变之处, 综上所述, 本说明书内容不应理解为对本发明的限制。

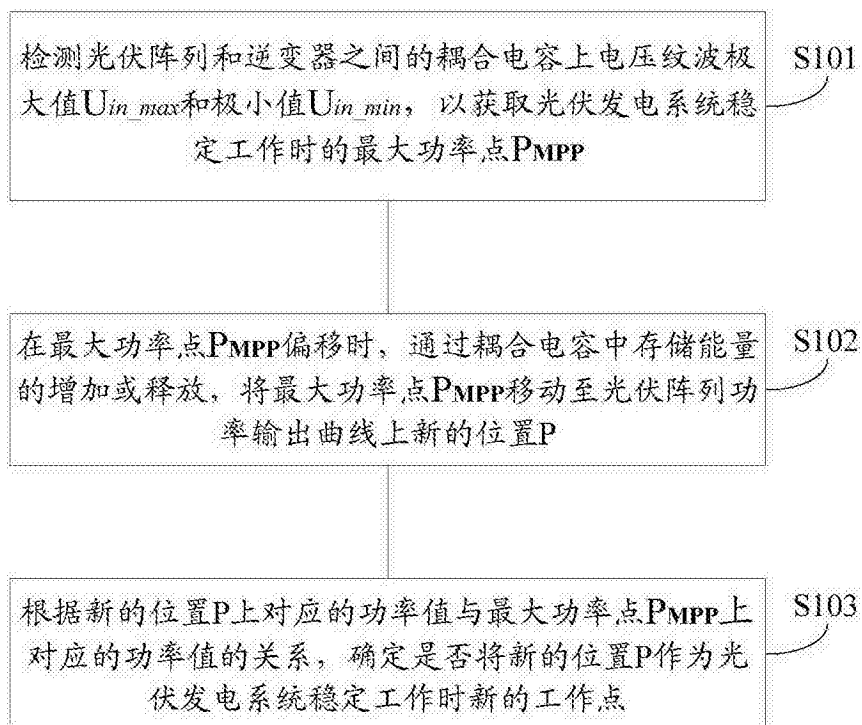


图 1

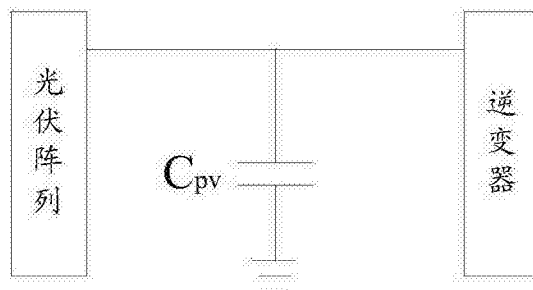


图 2

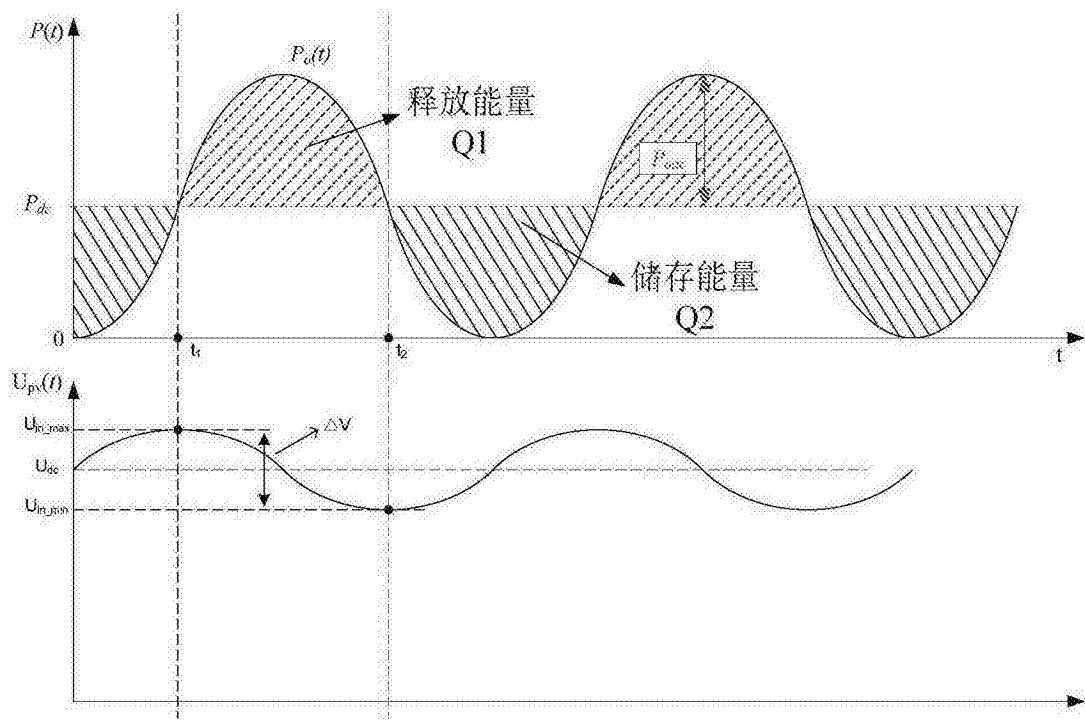


图 3

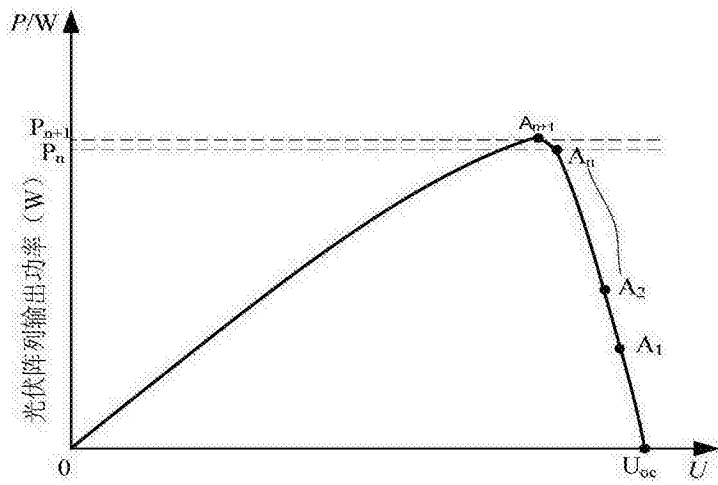


图 4

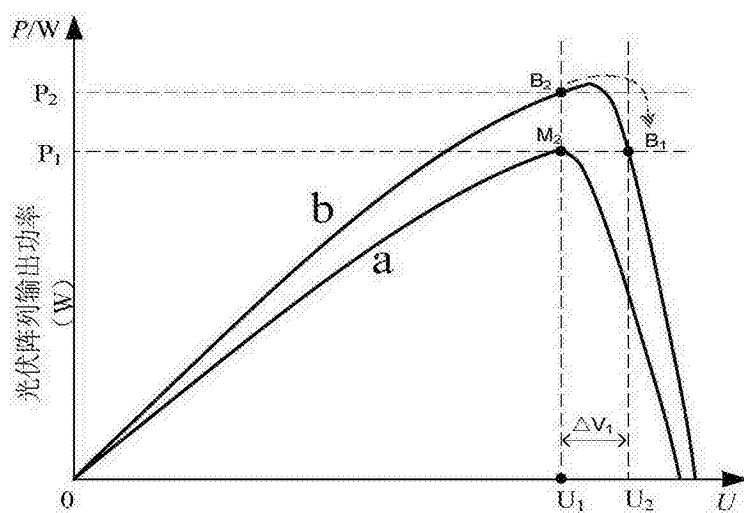


图 5

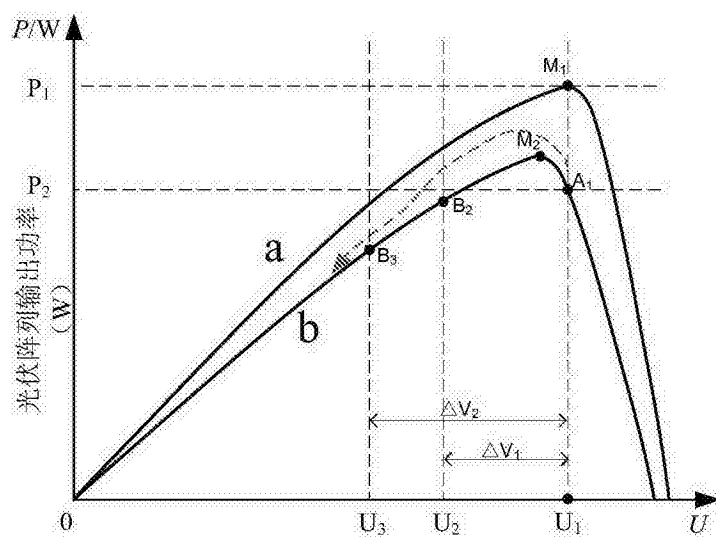


图 6

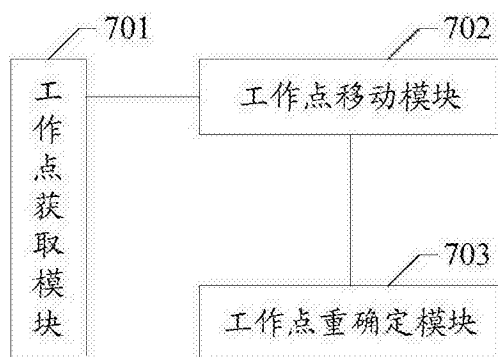


图 7

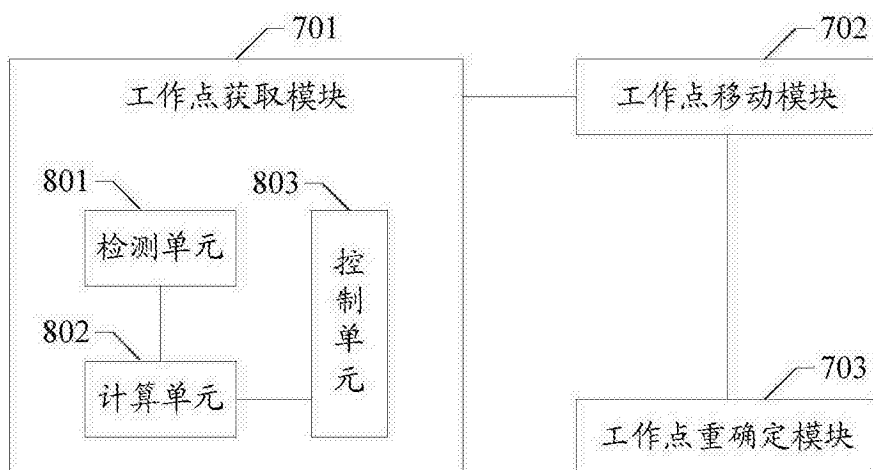


图 8

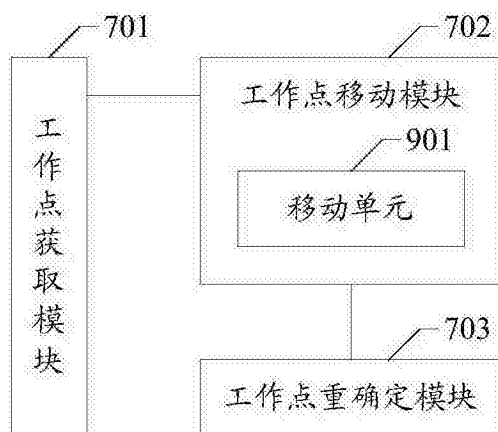


图 9-a

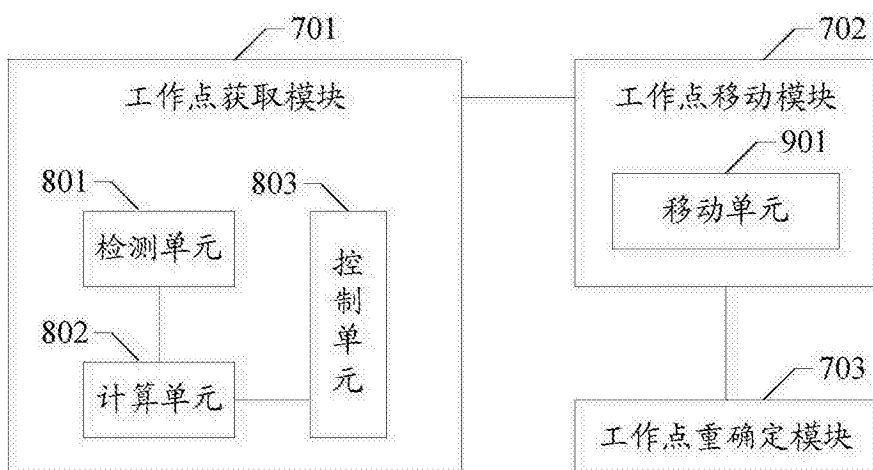


图 9-b

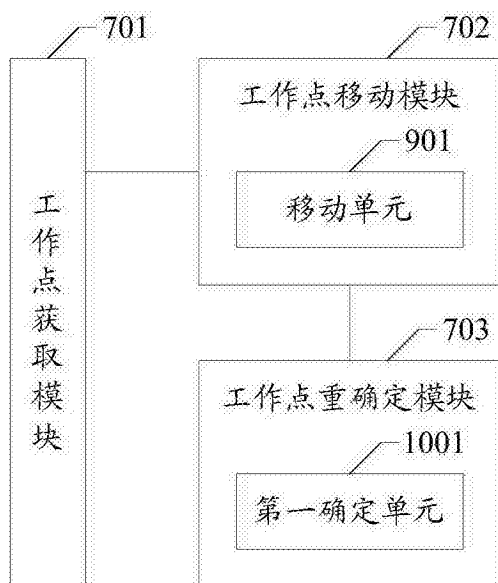


图 10-a

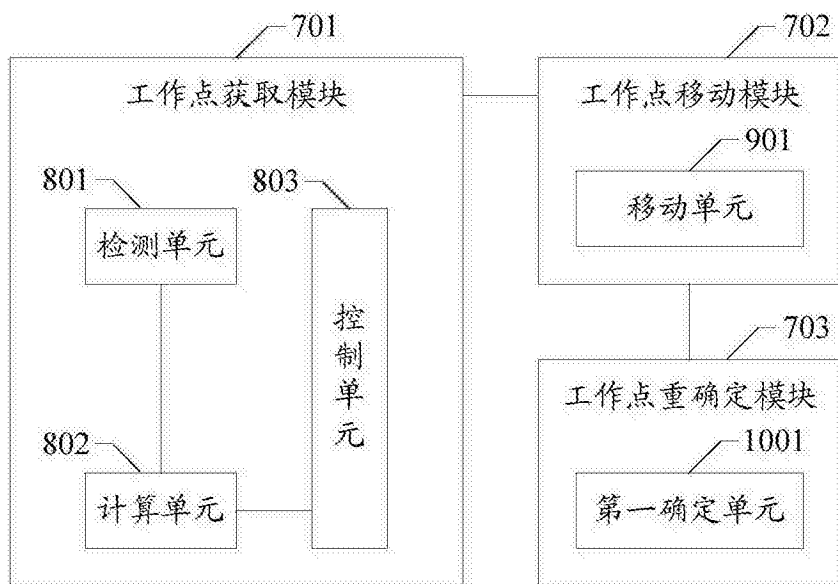


图 10-b

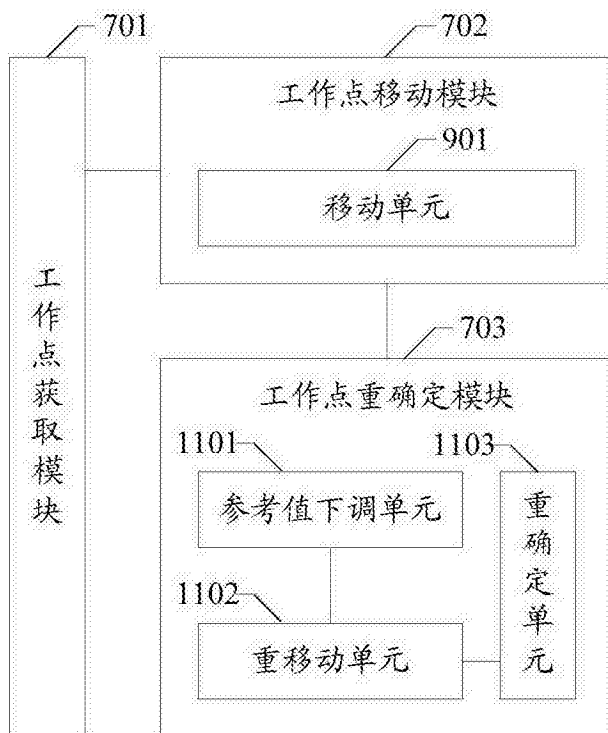


图 11-a

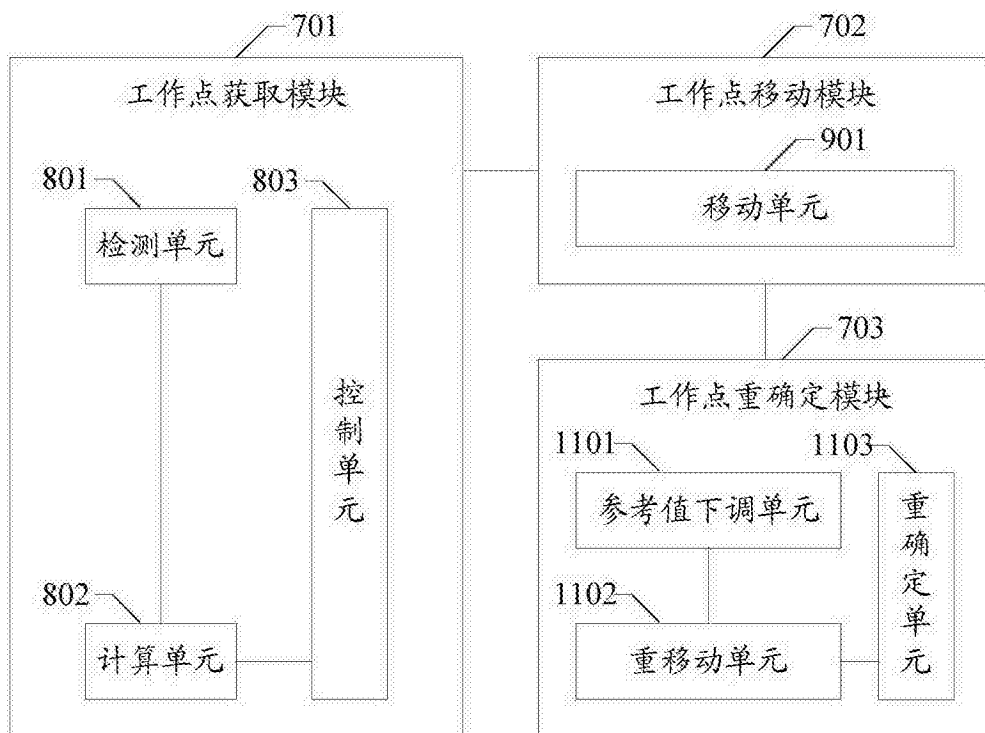


图 11-b

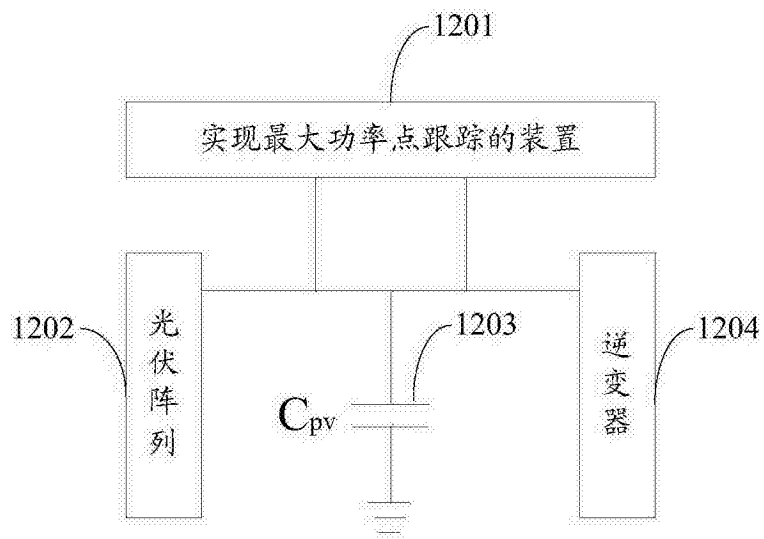


图 12