



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102811000 A

(43) 申请公布日 2012. 12. 05

(21) 申请号 201210251347. 4

(22) 申请日 2012. 07. 18

(71) 申请人 奇瑞汽车股份有限公司

地址 241006 安徽省芜湖市经济技术开发区  
长春路 8 号

(72) 发明人 李芳珍 王建辉

(74) 专利代理机构 北京天昊联合知识产权代理  
有限公司 11112

代理人 罗建民 邓伯英

(51) Int. Cl.

H02N 6/00(2006. 01)

G05F 1/67(2006. 01)

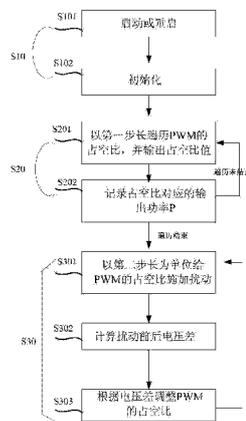
权利要求书 2 页 说明书 5 页 附图 4 页

(54) 发明名称

光伏发电系统、其最大功率点跟踪方法和跟踪装置

(57) 摘要

本发明提供一种光伏发电系统的最大功率点跟踪方法和跟踪装置, 及由该装置控制的光伏发电系统, 属于太阳能光伏发电技术领域, 其可解决现有的以功率的变化来调整光伏发电系统的最大功率点的方法存在电路结构复杂、制造成本高和复杂光照条件下最大功率点跟踪控制会经常失效的问题。本发明采用遍历法快速进行全局寻优, 找到类最大功率点和类最优占空比; 再采用扰动观察法, 以较小的步长在类最优占空比附近进行小范围动态跟踪电压值, 进而跟踪最大功率点。本发明的光伏发电系统具有对太阳能跟踪的反应速度快, 结构简单, 无需大电流、高电压的传感器, 成本低, 操作也更可靠、安全和有效。



1. 一种光伏发电系统的最大功率点跟踪方法,其特征在于,包括以下步骤:

S1) 以第一步长  $D_{ref}$  为单位遍历光伏发电系统的脉冲宽度调制控制器的占空比  $D=[0, 1]$ , 检测与不同占空比对应的光伏发电系统输出功率  $P$ , 获得该占空比范围内输出功率  $P$  的最大值  $P_{max}$  对应的占空比  $D_{max1}$ ;

S2) 以该占空比  $D_{max1}$  为起点, 以第二步长  $D_{step}$  为占空比的扰动量的单位对脉冲宽度调制控制器的占空比施加扰动, 令  $NDuty=pre\_Duty+D_{step}$ , 其中  $NDuty$  为当前占空比,  $pre\_Duty$  为前一周期的占空比, 第二步长  $D_{step}$  小于第一步长  $D_{ref}$ ;

S3) 计算施加扰动后占空比对应的光伏发电系统输出电压的差值  $diff\_vfan$ , 令  $diff\_vfan=vfan - pre\_vfan$ , 其中  $vfan$  为当前周期占空比  $NDuty$  对应的光伏发电系统输出电压,  $pre\_vfan$  为前一周期占空比  $pre\_Duty$  对应的光伏发电系统输出电压;

S4) 若  $diff\_vfan \geq 0$ , 则以第二步长  $D_{step}$  为单位控制脉冲宽度调制控制器的占空比增加, 令  $NDuty=pre\_Duty + D_{step}$ ;

若  $diff\_vfan < 0$ , 则以第二步长  $D_{step}$  为单位控制脉冲宽度调制控制器的占空比减小, 令  $NDuty=pre\_Duty - D_{step}$ 。

2. 如权利要求 1 所述的光伏发电系统的最大功率点跟踪方法, 其特征在于, 所述的第一步长  $D_{ref}$  为 0.05-0.1。

3. 如权利要求 2 所述的光伏发电系统的最大功率点跟踪方法, 其特征在于, 所述的第一步长  $D_{ref}$  为 0.05。

4. 如权利要求 1 至 3 中任意一项所述的光伏发电系统的最大功率点跟踪方法, 其特征在于, 所述的第二步长  $D_{step}$  为 0.005-0.015。

5. 如权利要求 4 所述的光伏发电系统的最大功率点跟踪方法, 其特征在于, 所述的第二步长  $D_{step}$  为 0.01。

6. 一种太阳能光伏发电系统最大功率点跟踪装置, 其特征在于, 包括:

遍历法跟踪单元, 用于以第一步长  $D_{ref}$  为单位遍历光伏发电系统的脉冲宽度调制控制器的占空比  $D=[0, 1]$ , 检测与不同占空比对应的光伏发电系统输出功率  $P$ , 获得该占空比范围内输出功率  $P$  的最大值  $P_{max}$  对应的占空比  $D_{max1}$ ;

扰动观察法跟踪单元, 用于以该占空比  $D_{max1}$  为起点, 以第二步长  $D_{step}$  为占空比的扰动量的单位对脉冲宽度调制控制器的占空比施加扰动, 令  $NDuty=pre\_Duty + D_{step}$ , 其中  $NDuty$  为当前占空比,  $pre\_Duty$  为前一周期的占空比, 第二步长  $D_{step}$  小于第一步长  $D_{ref}$ ;

电压比较计算单元, 用于计算施加扰动后占空比对应的光伏发电系统输出电压的差值  $diff\_vfan$ , 令  $diff\_vfan=vfan - pre\_vfan$ , 其中  $vfan$  为当前周期占空比  $NDuty$  对应的光伏发电系统输出电压,  $pre\_vfan$  为前一周期占空比  $pre\_Duty$  对应的光伏发电系统输出电压;

占空比赋值单元, 根据电压比较计算单元计算的电压差值, 对占空比进行调节, 若  $diff\_vfan \geq 0$ , 则以第二步长  $D_{step}$  为单位控制脉冲宽度调制控制器的占空比增加, 令  $NDuty=pre\_Duty+D_{step}$ ; 若  $diff\_vfan < 0$ , 则以第二步长  $D_{step}$  为单位控制脉冲宽度调制控制器的占空比减小, 令  $NDuty=pre\_Duty - D_{step}$ 。

7. 如权利要求 6 所述的一种太阳能光伏发电系统最大功率点跟踪装置, 其特征在于, 所述的第一步长  $D_{ref}$  为 0.05-0.1。

8. 如权利要求 6 所述的一种太阳能光伏发电系统最大功率点跟踪装置,其特征在于,所述的第二步长  $D_{\text{step}}$  为 0.005-0.015。

9. 如权利要求 8 所述的光伏发电系统的最大功率点跟踪方法,其特征在于,所述的第二步长  $D_{\text{step}}$  为 0.01。

10. 一种汽车天窗光伏发电系统,其特征在于,该系统包括如权利要求 6-9 任一所述的太阳能光伏发电系统最大功率点跟踪装置。

## 光伏发电系统、其最大功率点跟踪方法和跟踪装置

### 技术领域

[0001] 本发明属于太阳能光伏发电技术领域,具体涉及一种光伏发电系统的最大功率点跟踪方法和跟踪装置,以及由该跟踪装置控制的光伏发电系统。

### 背景技术

[0002] 随着太阳能光伏发电的发展,运用独立运行和并网太阳能光伏发电系统分别在解决边远无电地区用电和在城市中缓解能源供应紧张的问题中发挥了重要的作用。不论是独立运行系统或并网光伏发电系统,如何利用有限的空间和面积,提高系统的效率,获得最大的能量就显得尤为重要。太阳能光电池昂贵的价格和较低的效率是制约太阳能光伏系统推广应用的主要原因。因此充分利用太阳能资源,提高光电池的使用效率,降低光伏发电技术成本,是一个重要研究课题。

[0003] 太阳能光电池的输出功率受日照强度,太阳能光电池温度等因素的影响。当温度增加时,太阳能光电池的开路电压下降,短路电流稍有增加,最大输出功率减小;如图 1 所示,当日照强度增加时,太阳能光电池的开路电压变化不大,短路电流增加,最大输出功率增加。如图 2 所示,在一定的温度和日照强度下,太阳能光电池具有唯一的最大功率点,当太阳能电池工作在该点时,能输出当前温度和日照条件下的最大功率。

[0004] 在太阳能光伏系统中,通常要求太阳能光电池的输出功率始终最大,即系统要能跟踪太阳光伏电池输出的最大功率,必须在太阳光伏电池和负载之间加入阻抗变换器,调节太阳能光电池的负载阻抗,进而改变工作电压,使改变后的等效输入阻抗与太阳能光电池输出阻抗相匹配,从而使太阳能光电池以最大功率输出,这就是所谓的太阳能光电池的最大功率点跟踪。

[0005] 对太阳能光电池进行最大功率点跟踪过程中,工作电压的控制是通过升压电路完成的。当占空比  $D$  越大时,升压电路的输入阻抗就越小,占空比  $D$  越小时,升压电路的输入阻抗就越大。通过改变升压电路的占空比  $D$ ,这是采用升压电路能够实现最大功率点跟踪的理论依据。

[0006] 实验表明:最大功率点跟踪器可使光电池的输出功率提高 15%–25%,大大提高光伏发电系统利用效率。

[0007] 传统的最大功率点跟踪法,如扰动观察法、导纳增量法等,都需要使用光电池阵列的输出电流和输出电压作反馈信号,电压电流乘积得到功率参数,在通过功率的变化来判断电压扰动方向。申请号:CN201010106853.5 的发明就公开了一种基于导纳增量法最大功率点跟踪系统。这样的控制系统不仅使电路结构尤为复杂,制造成本也相对较高,并且对于类似汽车经常处于变换的复杂光照条件下最大功率点跟踪(MPPT)会经常失效。

### 发明内容

[0008] 本发明的目的是解决现有的以功率的变化来调整光伏发电系统的最大功率点的方法存在电路结构复杂、制造成本高和复杂光照条件下 MPPT 控制会经常失效的问题,提供

一种以电压的变化来调整光伏发电系统的最大功率点的方法。

[0009] 解决本发明技术问题所采用的技术方案是一种光伏发电系统的最大功率点跟踪方法,包括以下步骤:

[0010] S1) 以第一步长  $D_{ref}$  为单位遍历光伏发电系统的脉冲宽度调制控制器的占空比  $D=[0, 1]$ , 检测与不同占空比对应的光伏发电系统输出功率  $P$ , 获得该占空比范围内输出功率  $P$  的最大值  $P_{max}$  对应的占空比  $D_{max1}$ ;

[0011] S2) 以该占空比  $D_{max1}$  为起点, 以第二步长  $D_{step}$  为占空比的扰动量的单位对脉冲宽度调制控制器的占空比施加扰动, 令  $NDuty=pre\_Duty + D_{step}$ , 其中  $NDuty$  为当前占空比,  $pre\_Duty$  为前一周期的占空比, 第二步长  $D_{step}$  小于第一步长  $D_{ref}$ ;

[0012] S3) 计算施加扰动后占空比对应的光伏发电系统输出电压的差值  $diff\_vfan$ , 令  $diff\_vfan=vfan - pre\_vfan$ , 其中  $vfan$  为当前周期占空比  $NDuty$  对应的光伏发电系统输出电压,  $pre\_vfan$  为前一周期占空比  $pre\_Duty$  对应的光伏发电系统输出电压;

[0013] S4) 若  $diff\_vfan \geq 0$ , 则以第二步长  $D_{step}$  为单位控制脉冲宽度调制控制器的占空比增加, 令  $NDuty=pre\_Duty + D_{step}$ ;

[0014] 若  $diff\_vfan < 0$ , 则以第二步长  $D_{step}$  为单位控制脉冲宽度调制控制器的占空比减小, 令  $NDuty=pre\_Duty - D_{step}$ 。

[0015] 本发明提供的光伏发电系统的最大功率点跟踪方法中, 在系统启动或重启时, 以较大的步长在占空比范围内, 采用遍历法快速进行全局寻优, 找到类最大功率点和类最优占空比; 再采用扰动观察法, 以较小的步长在类最优占空比附近进行小范围动态跟踪电压值, 进而跟踪最大功率点。采用遍历法与保持的扰动观察法相结合的方式, 具有简单、实时和高效的特色, 相对于传统的最大功率点跟踪法能使太阳能光伏系统获取更多的能量。

[0016] 本发明提供的光伏发电系统的最大功率点跟踪方法, 在控制方式上, 采用的是对最大功率点不敏感的电压控制方式, 只需侦测电压值, 不需有电流侦测及演算程序, 大幅提高对太阳能跟踪的反应速度。

[0017] 优选的是, 所述的第一步长  $D_{ref}$  为 0.05-0.1。

[0018] 进一步优选的是, 所述的第一步长  $D_{ref}$  为 0.05。

[0019] 优选的是, 所述的第二步长  $D_{step}$  为 0.005-0.015。

[0020] 进一步优选的是, 所述的第二步长  $D_{step}$  为 0.01。

[0021] 本发明的另一个目的是解决现有的以功率的变化来调整太阳能光伏发电系统的最大功率点跟踪装置存在电路结构复杂、制造成本高和复杂光照条件下 MPPT 控制会经常失效的问题, 提供一种以电压的变化来调整太阳能光伏发电系统的最大功率点跟踪装置。

[0022] 解决本发明技术问题所采用的技术方案是一种太阳能光伏发电系统的最大功率点的跟踪装置, 包括:

[0023] 遍历法跟踪单元, 用于以第一步长  $D_{ref}$  为单位遍历光伏发电系统的脉冲宽度调制控制器的占空比  $D=[0, 1]$ , 检测与不同占空比对应的光伏发电系统输出功率  $P$ , 获得该占空比范围内输出功率  $P$  的最大值  $P_{max}$  对应的占空比  $D_{max1}$ ;

[0024] 扰动观察法跟踪单元, 用于以该占空比  $D_{max1}$  为起点, 以第二步长  $D_{step}$  为占空比的扰动量的单位对脉冲宽度调制控制器的占空比施加扰动, 令  $NDuty=pre\_Duty + D_{step}$ , 其中  $NDuty$  为当前占空比,  $pre\_Duty$  为前一周期的占空比, 第二步长  $D_{step}$  小于第一步长  $D_{ref}$ ;

[0025] 电压比较计算单元,用于计算施加扰动后占空比对应的光伏发电系统输出电压的差值  $\text{diff\_vfan}$ ,令  $\text{diff\_vfan}=\text{vfan}-\text{pre\_vfan}$ ,其中  $\text{vfan}$  为当前周期占空比  $\text{NDuty}$  对应的光伏发电系统输出电压,  $\text{pre\_vfan}$  为前一周期占空比  $\text{pre\_Duty}$  对应的光伏发电系统输出电压;

[0026] 占空比赋值单元,根据电压比较计算单元计算的电压差值,对占空比进行调节,若  $\text{diff\_vfan} \geq 0$ ,则以第二步长  $D_{\text{step}}$  为单位控制脉冲宽度调制控制器的占空比增加,令  $\text{NDuty}=\text{pre\_Duty}+D_{\text{step}}$ ;

[0027] 若  $\text{diff\_vfan}<0$ ,则以第二步长  $D_{\text{step}}$  为单位控制脉冲宽度调制控制器的占空比减小,令  $\text{NDuty}=\text{pre\_Duty}-D_{\text{step}}$ 。

[0028] 本发明提供的太阳能光伏发电系统的最大功率点的跟踪装置具有结构简单,无需大电流、高电压的传感器,成本低的优点,操作也更可靠、安全和有效;同时该最大功率点跟踪装置既可应用于独立光伏系统,也可用于并网光伏系统。

[0029] 优选的是,所述的第一步长  $D_{\text{ref}}$  为 0.05-0.1。

[0030] 优选的是,所述的第二步长  $D_{\text{step}}$  为 0.005-0.015。

[0031] 进一步优选的是,所述的第二步长  $D_{\text{step}}$  为 0.01。

[0032] 本发明的另一个目的是解决现有的以功率的变化来调整汽车天窗光伏发电系统的最大功率点跟踪装置存在电路结构复杂、制造成本高和复杂光照条件下 MPPT 控制会经常失效的问题,提供一种以电压的变化来调整最大功率点的汽车天窗光伏发电系统。

[0033] 解决本发明技术问题所采用的技术方案是一种汽车天窗光伏发电系统,其采用上述的最大功率点跟踪装置控制该汽车天窗光伏发电系统的输出功率。

[0034] 本发明提供的汽车天窗光伏发电系统,由于采用上述最大功率点控制方法和最大功率点跟踪装置,因此具有反应速度快,结构简单,无需大电流、高电压的传感器,成本低,操作也更可靠、安全和有效,可作为多种直流负载的供电电源。

## 附图说明

[0035] 图 1 为汽车天窗太阳能光伏发电系统在不同光照条件下的  $I_V$  曲线。

[0036] 图 2 为汽车天窗太阳能光伏发电系统在不同光照条件下的  $P_V$  曲线。

[0037] 图 3 为本发明实施例 1 的太阳能光伏发电系统最大功率点跟踪方法的流程图。

[0038] 图 4 为本发明实施例 1 的太阳能光伏发电系统最大功率点跟踪方法中的扰动观察法的流程图。

[0039] 图 5 为本发明的太阳能光伏发电系统的基本构成框图。

## 具体实施方式

[0040] 为使本领域技术人员更好地理解本发明的技术方案,下面结合附图和具体实施方式对本发明作进一步详细描述。

[0041] 下面介绍本发明的最大功率点跟踪方法和最大功率点跟踪装置,优选用于控制太阳能光伏发电系统,更优选用于控制汽车天窗太阳能光伏发电系统用于为车载鼓风机提供电源。当然上述的最大功率点跟踪装置既可应用于独立光伏系统,也可用于并网光伏系统。上述的太阳能光伏发电系统可作为多种直流负载的供电电源。

## [0042] 实施例 1

[0043] 本实施例提供一种太阳能光伏发电系统最大功率点跟踪方法,其优选用于控制汽车天窗太阳能光伏发电系统。汽车天窗太阳能光伏发电系统用于为车载鼓风机提供电源,实现汽车的降温换气。为了最大限度的利用太阳能,结合汽车天窗太阳能光伏发电系统所处的光照环境的变化复杂性的复杂性,提供了一种光伏发电系统最大功率点的跟踪方法,该方法可用于控制最大功率点跟踪装置,该装置可以用于控制汽车天窗太阳能光伏发电系统。

[0044] 如图 3 所示,本实施例的太阳能光伏发电系统最大功率点跟踪方法的流程图,太阳能电池板通过 DC/DC 转换器调节输出电压为直流负载即车载鼓风机和单片机供电,单片机接受车载鼓风机的反馈电压,并计算前后两周期电压的差值,指令 PWM 控制芯片控制输出的占空比,从而控制 DC/DC 转换器的输出电压。

[0045] 本实施例的太阳能光伏发电系统最大功率点跟踪方法具体包括:

[0046] S10,系统启动与准备,其包括:

[0047] S101,系统启动或重启;其中,重启包括人为重启系统,以及汽车进入阴影、电池阵列被遮挡等光照强度急剧减少使光伏发电系统的输出功率不能维持控制系统的正常运行而自动关闭系统,之后又进入能维持控制系统的正常运行的光照强度下,系统自动重启。

[0048] S102,初始化;PWM 控制器的占空比  $D=0$ ,单片机接收车载鼓风机的电压并存储。

[0049] S20,遍历法跟踪,其包括:

[0050] S201,以第一步长  $D_{ref}$  为单位遍历光伏发电系统的脉冲宽度调制控制器的占空比  $D=[0,1]$ ,令  $NDuty=pre\_Duty + D_{ref}$ 。

[0051] S202,单片机检测每个周期与不同占空比  $NDuty$  对应的光伏发电系统输出功率  $NP$ 。

[0052] 计算输出功率  $P$  的最大值  $P_{max}$  对应的占空比  $D_{max1}$ ,结束遍历法步骤;优选的,第一步长  $D_{ref}$  取值范围为  $0.05-0.1$ ,更优选的,第一步长  $D_{ref}$  取值为  $0.05$ 。

[0053] S30,扰动观察法跟踪,具体流程如图 4 所示,其具体包括下述步骤。

[0054] S301,PWM 控制芯片的占空比施加扰动。

[0055] PWM 控制芯片以上述的占空比  $D_{max1}$  为起点,以第二步长  $D_{step}$  为占空比的扰动量的单位,调整 DC/DC 转换器的占空比,令  $NDuty=pre\_Duty + D_{step}$ ,其中  $NDuty$  为当前占空比; $pre\_Duty$  为前一周期的占空比,第二步长  $D_{step}$  小于第一步长  $D_{ref}$ 。

[0056] 优选的,第二步长  $D_{step}$  的取值范围为  $0.005-0.015$ ,更优选的,第二步长  $D_{step}$  的取值为  $0.01$ 。

[0057] S302,单片机计算施加扰动后占空比对应的车载鼓风机反馈电压的差值  $diff\_vfan$ 。

[0058] 根据系统接收到的前后两周期对应的车载鼓风机反馈电压进行计算,令  $diff\_vfan=vfan - pre\_vfan$ ,其中  $vfan$  为当前周期占空比  $NDuty$  对应的车载鼓风机反馈电压; $pre\_vfan$  为前一周期占空比  $pre\_Duty$  对应的车载鼓风机反馈电压;

[0059] S303,根据车载鼓风机反馈电压的电压差值,调节 PWM 控制器的占空比。

[0060] 若  $diff\_vfan \geq 0$ ,则 PWM 控制芯片以第二步长  $D_{step}$  为占空比的扰动量的单位,调整 DC/DC 转换器的占空比,令  $NDuty=pre\_Duty + D_{step}$ ;

[0061] 若  $diff\_vfan < 0$ ,则 PWM 控制芯片以第二步长  $D_{step}$  为占空比的扰动量的单位,调整

DC/DC 转换器的占空比,令  $NDuty = pre\_Duty - D_{step}$ 。

[0062] S40,返回执行 S302;从而持续跟踪太阳能光伏发电系统的最大功率点,直至系统关闭或再次重启。

[0063] 实施例 2

[0064] 本实施例提供了一种光伏发电系统最大功率点跟踪装置,该装置可以用于控制汽车天窗太阳能光伏发电系统。

[0065] 该太阳能光伏发电系统最大功率点跟踪装置,包括:

[0066] 遍历法跟踪单元,用于以第一步长  $D_{ref}$  为单位遍历光伏发电系统的脉冲宽度调制控制器的占空比  $D=[0, 1]$ ,检测与不同占空比对应的光伏发电系统输出功率  $P$ ,获得该占空比范围内输出功率  $P$  的最大值  $P_{max}$  对应的占空比  $D_{max1}$ ;优选的,第一步长  $D_{ref}$  取值范围为  $0.05-0.1$ ,更优选的,第一步长  $D_{ref}$  取值为  $0.05$ 。

[0067] 扰动观察法跟踪单元,用于以该占空比  $D_{max1}$  为起点,以第二步长  $D_{step}$  为占空比的扰动量的单位对脉冲宽度调制控制器的占空比施加扰动,令  $NDuty = pre\_Duty + D_{step}$ ,其中  $NDuty$  为当前占空比,  $pre\_Duty$  为前一周期的占空比,第二步长  $D_{step}$  小于第一步长  $D_{ref}$ ;优选的,第二步长  $D_{step}$  的取值范围为  $0.005-0.015$ ,更优选的,第二步长  $D_{step}$  的取值为  $0.01$ 。

[0068] 电压比较计算单元,用于计算施加扰动后占空比对应的光伏发电系统输出电压的差值  $diff\_vfan$ ,令  $diff\_vfan = vfan - pre\_vfan$ ,其中  $vfan$  为当前周期占空比  $NDuty$  对应的光伏发电系统输出电压,  $pre\_vfan$  为前一周期占空比  $pre\_Duty$  对应的光伏发电系统输出电压。

[0069] 占空比赋值单元,根据电压比较计算单元计算的电压差值,对占空比进行调节。

[0070] 若  $diff\_vfan \geq 0$ ,则以第二步长  $D_{step}$  为单位控制脉冲宽度调制控制器的占空比增加,令  $NDuty = pre\_Duty + D_{step}$ ;

[0071] 若  $diff\_vfan < 0$ ,则以第二步长  $D_{step}$  为单位控制脉冲宽度调制控制器的占空比减小,令  $NDuty = pre\_Duty - D_{step}$ 。

[0072] 实施例 3

[0073] 如图 5 所示,本实施例提供了一种汽车天窗光伏发电系统,该系统包括上述的太阳能光伏发电系统最大功率点跟踪装置。

[0074] 采用上述最大功率点跟踪方法和跟踪装置控制的汽车天窗太阳能光伏发电系统,其跟踪速度快。控制系统的主循环周期为  $10ms$  时,遍历法采用的第一步长  $D_{ref}$  为  $0.05$ ,搜索到类最大功率点的最大用时为  $200ms$ 。当然主循环也可以根据具体的应用情况采用其它的时间周期;在扰动观察法采用的第二步长  $D_{step}$  为  $0.01$ ,搜索到最大功率点的最大用时为  $100ms$ ;综合上述情况,控制系统找到最大功率点的最大用时为  $300ms$ 。

[0075] 另外采用上述最大功率点跟踪方法和跟踪装置控制的汽车天窗太阳能光伏发电系统的功率损失较小,以一个  $40w$  汽车天窗太阳能光伏发电系统为例,在主循环时间周期为  $10ms$ ,遍历法采用的第一步长  $D_{ref}$  为  $0.05$ ,扰动观察法采用的第二步长  $D_{step}$  为  $0.01$ ,则该装置跟踪到最大功率点的功率损失为  $0.4w$ ,耗能较低,完全符合实际要求。

[0076] 可以理解的是,以上实施方式仅仅是为了说明本发明的原理而采用的示例性实施方式,然而本发明并不局限于此。对于本领域内的普通技术人员而言,在不脱离本发明的精神和实质的情况下,可以做出各种变型和改进,这些变型和改进也视为本发明的保护范围。

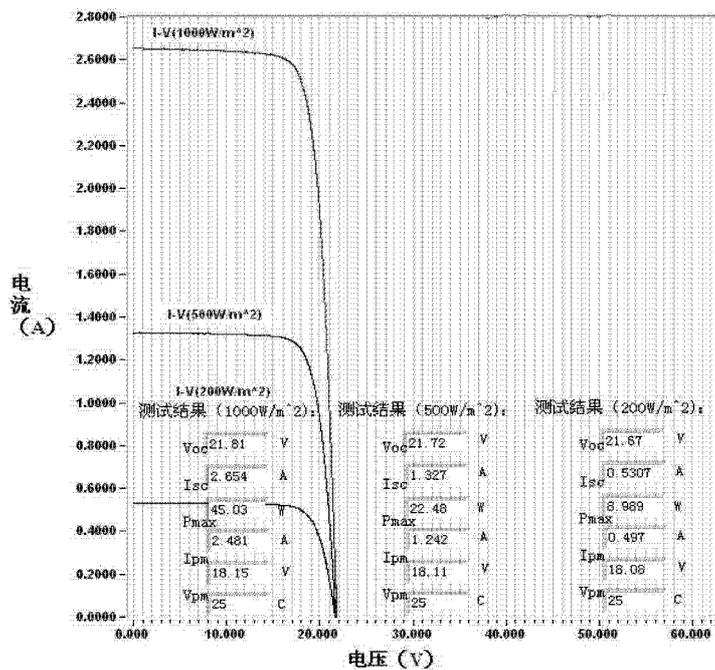


图 1

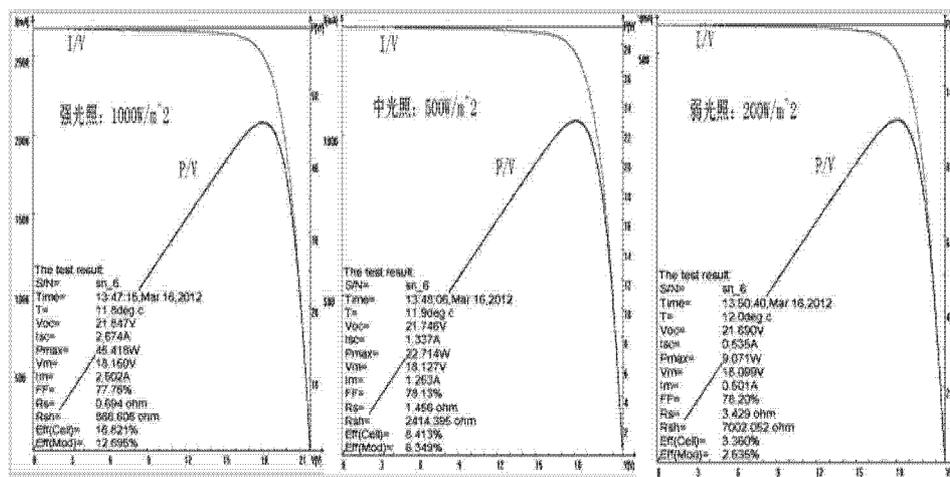


图 2

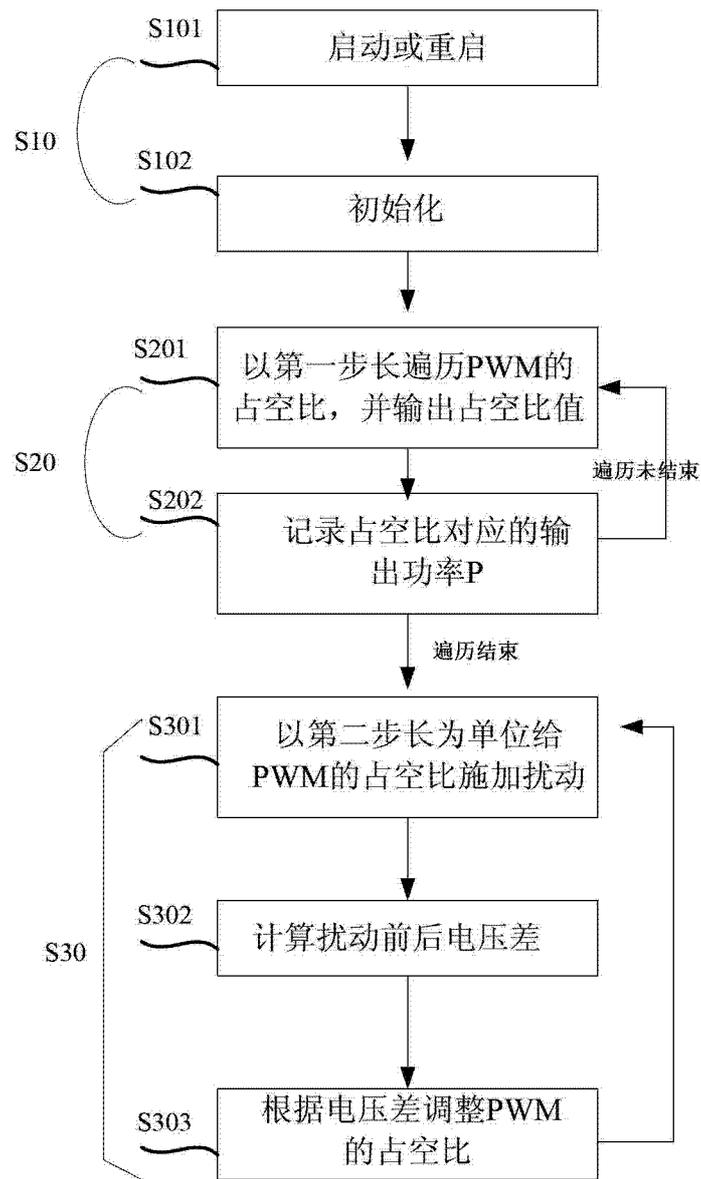


图 3



图 4

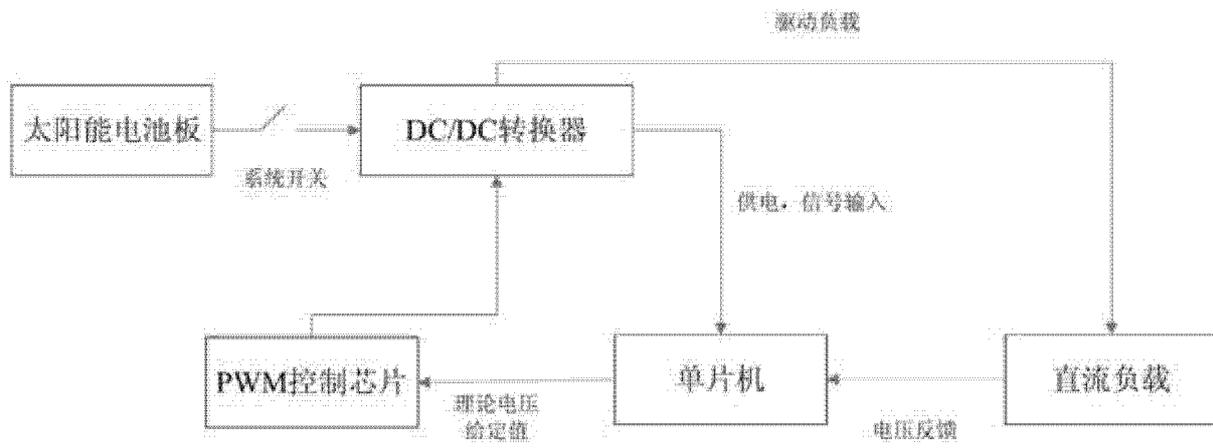


图 5