(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 101752877 A
(43)申请公布日 2010.06.23

(21)申请号 201010046547.7
(22)申请日 2010.01.15
(71)申请人 合肥工业大学
地址 230009 安徽省合肥市包河区屯溪路193号
(72)发明人 苏建徽 汪海宁 杜燕 张国荣 茆美琴 刘宁 陈林
(74)专利代理机构 安徽省合肥新安专利代理有限责任公司 34101
代理人 何梅生
(51)Int.Cl.
*H02J 3/38*(2006.01)
*H02M 7/48*(2007.01)
*H02N 6/00*(2006.01)
*G01R 31/00*(2006.01)

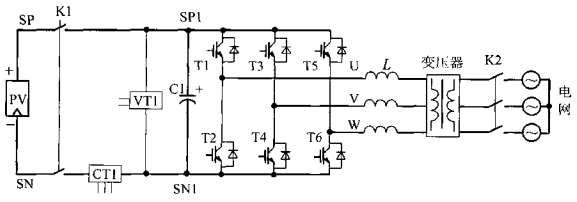
权利要求书 1 页 说明书 3 页 附图 2 页

(54)发明名称

具有光伏阵列IV测试功能的光伏并网逆变器及测试方法

(57)摘要

本发明公开了一种具有光伏阵列IV测试功能的光伏并网逆变器，由逆变器主电路和系统控制器构成，逆变器主电路采用电压型逆变器，包括单相和三相并网系统，其特征是：在光伏阵列输入端口和滤波电容C1之间设置用于测量光伏阵列输入电流的电流传感器CT1；设置用于测量滤波电容C1端电压的直流母线电压传感器VT1；在光伏阵列的输出端口设置直流断路器K1，光伏阵列的输出总电流经所述直流断路器K1输入光伏并网逆变器、直流母线电压传感器VT1和电流传感器CT1。本发明适用于常规的并网逆变系统，可以方便对本系统所配光伏阵列的IV特性进行测试，并利用测试数据进行分析和评估系统光伏阵列的特点和发电能力。




CN 101752877 A

1. 具有光伏阵列 IV 测试功能的光伏并网逆变器，由逆变器主电路和系统控制器构成，所述逆变器主电路采用电压型逆变器，包括单相和三相并网系统，其特征是：

在光伏阵列输入端口和滤波电容 C1 之间设置用于测量光伏阵列输入电流的电流传感器 CT1；设置用于测量滤波电容 C1 端电压的直流母线电压传感器 VT1；

在所述光伏阵列的输出端口设置直流断路器 K1，所述光伏阵列的输出总电流经所述直流断路器 K1 输入光伏并网逆变器、直流母线电压传感器 VT1 和电流传感器 CT1。

2. 根据权利要求 1 所述的具有光伏阵列 IV 测试功能的光伏并网逆变器，其特征是在所述系统控制器中设置电流、电压采样通道及用于保存采样 IV 数据的 RAM 数据存贮器，并配套设置显示单元和通讯接口；系统控制器在对所述采样 IV 数据进行滤波处理后，接入显示器进行显示和 / 或通过通讯接口进行数据传输。

3. 一种权利要求 1 所述光伏并网逆变器的测试方法，其特征是以所述滤波电容 C1 的端电压处于光伏阵列开路电压的 5％以内为侦测状态，在所述侦测状态下实时观测由所述电流传感器 CT1 和直流母线电压传感器 VT1 所测得的电流、电压的变化，根据所述电流和电压的变化判断出所述直流断路器 K1 的闭合时刻和滤波电容 C1 的充电过程的结束时刻，录取自直流断路器 K1 的闭合时刻到滤波电容 C1 充电过程结束时刻的阶段中电流和电压的变化曲线。

4. 一种权利要求 1 所述光伏并网逆变器的测试方法，其特征是设定并网运行时的直流电压下限值为 Vd；在所述逆变器并网运行时，根据用户指令在直流电压下限值 Vd 和光伏阵列开路电压的范围内进行光伏阵列的采样 IV 数据的扫描，获得并网运行状态下的光伏阵列的采样 IV 数据关系，并以此光伏阵列的 PV 曲线。

5. 根据权利要求 4 所述的光伏并网逆变器的测试方法，其特征是对于光伏阵列的 PV 曲线为多峰的情况，设置最佳最大功率点 MPPT 的跟踪搜索范围在最大的峰值的 ±50V 内。

# 具有光伏阵列 IV 测试功能的光伏并网逆变器及测试方法

## 技术领域

[0001] 本发明涉及数十千瓦到 MW 级别的大功率光伏并网逆变装置，更具体地说是一种具有光伏阵列 IV 测试功能的光伏并网逆变器及测试方法。

## 背景技术

[0002] 随着太阳能光伏并网发电的迅速发展，规模化的太阳能光伏并网发电是未来的发展趋势，大型或特大型的光伏并网电站将会越来越多，光伏阵列是光伏发电系统的重要组成部分，它决定了光伏系统的发电量，同时也占光伏系统成本的主要部分。光伏阵列的发电量从理论上来说是组成阵列的所有单块太阳电池组件发电量的总和，但在实际中光伏阵列的发电量却往往大大低于理论设计要求，这是由于太阳能发电所受的制约因数相当多。就其内部原因，包括单块电池自身特性差异引起的联接组合效率损失，单块电池损坏、电池老化等等，而外界环境因素则包括阵列的电池的安装、电池板的洁净程度、组合规则等。就是对于同一块光伏阵列来说，外界环境温度、日照强度、风速、运行时间等外界条件的变化，也均会引起光伏系统的发电量、系统效率等的变化。这一系列不确定的影响因素会导致理论设计合理的光伏系统，在实际运行时发电量与设计要求误差较大。因而对于任何的光伏系统都只能在具体实践中根据安装的实际环境条件确定真正的发电量和系统效率。光伏阵列的现场测试结果是分析和评价光伏阵列发电效率的重要依据之一。

[0003] 对于大功率光伏电站光伏阵列的现场测试，需要有专用的测试设备，现场也不方便操作，现有的测试设备参数难以满足各种电站的需求。

## 发明内容

[0004] 本发明是为避免上述现有技术所存在的不足之处，提供一种具有光伏阵列 IV 测试功能的光伏并网逆变器及测试方法，在并网逆变器内部实现输入侧光伏阵列 IV 特性的测试，为实现现场光伏阵列的 IV 特性测试提供解决方案，并可用来预估设定条件下的光伏阵列 IV、PV 特性，方便光伏电站系统的发电能力评估，指导光伏逆变器的 MPPT 最大功率跟踪方式，提高跟踪效率。

[0005] 本发明解决技术问题采用如下技术方案 ：

[0006] 本发明具有光伏阵列 IV 测试功能的光伏并网逆变器，由逆变器主电路和系统控制器构成，所述逆变器主电路采用电压型逆变器，包括单相和三相并网系统，其结构特点是 ：

[0007] 在光伏阵列输入端口和滤波电容 C1 之间设置用于测量光伏阵列输入电流的电流传感器 CT1 ；设置用于测量滤波电容 C1 端电压的直流母线电压传感器 VT1 ；

[0008] 在所述光伏阵列的输出端口设置直流断路器 K1，所述光伏阵列的输出总电流经所述直流断路器 K1 输入光伏并网逆变器、直流母线电压传感器 VT1 和电流传感器 CT1。

[0009] 本发明具有光伏阵列 IV 测试功能的光伏并网逆变器的结构特点也在于 ：

[0010] 在所述系统控制器中设置电流、电压采样通道及用于保存采样 IV 数据的 RAM 数据

存贮器，并配套设置显示单元和通讯接口；系统控制器在对所述采样 IV 数据进行滤波处理后，接入显示器进行显示和 / 或通过通讯接口进行数据传输。

[0011] 本发明光伏并网逆变器的测试方法的特点是：以所述滤波电容 C1 的端电压处于光伏阵列开路电压的 5％以内为侦测状态，在所述侦测状态下实时观测由所述电流传感器 CT1 和直流母线电压传感器 VT1 所测得的电流、电压的变化，根据所述电流和电压的变化判断出所述直流断路器 K1 的闭合时刻和滤波电容 C1 的充电过程的结束时刻，录取自直流断路器 K1 的闭合时刻到滤波电容 C1 充电过程结束时刻的阶段中电流和电压的变化曲线。

[0012] 本发明光伏并网逆变器的测试方法的特点也可以是：设定并网运行时的直流电压下限值为 Vd；在所述逆变器并网运行时，根据用户指令在直流电压下限值 Vd 和光伏阵列开路电压的范围内进行光伏阵列的采样 IV 数据的扫描，获得并网运行状态下的光伏阵列的采样 IV 数据关系，并以此光伏阵列的 PV 曲线。

[0013] 对于光伏阵列的 PV 曲线为多峰的情况，设置最佳最大功率点 MPPT 的跟踪搜索范围在最大的峰值的 ±50V 内。

[0014] 与已有技术相比，本发明有益效果体现在：

[0015] 1、本发明适用于常规的并网逆变系统，可以方便对本系统所配光伏阵列的 IV 特性进行测试，并利用测试数据进行分析和评估系统光伏阵列的特点和发电能力。

[0016] 2、本发明可以根据现场实测光伏阵列 PV 峰值特性，用于指导光伏并网逆变器的 MPPT 跟踪方式，提高发电效率。

[0017] 3、本发明可用于方便地对光伏阵列进行使用寿命和故障的分析。

## 附图说明

[0018] 图 1 为主电路原理图。

[0019] 图 2 光伏阵列电容充电过渡过程示意图。

[0020] 图 3 光伏阵列的 IV 和 PV 示意图。

[0021] 图 4 并网在线 IV 特性扫描测量控制框图。

[0022] 以下通过具体实施方式，结合附图对本发明作进一步说明。

## 具体实施方式

[0023] 在图 1 所示的本发明系统中，端口 SP 和 SN 为光伏阵列 PV 的输入端口，K1 为直流断路器，可以位于系统外部或内部，手动或自动均可，U、V、W 为逆变单元的三相输出端口，CT1 为逆变单元的直流母线电流传感器，C1 为直流滤波电容，CT1 位于光伏阵列 PV 和滤波电容 C1 之间，可以检测 PV 的输出电流，VT1 为直流电压传感器，CT1 和 VT1 选择精密高速的霍尔传感器，T1 ～ T6 为逆变单元中的功率模块 IGBT，对于主电路中的其它部件，包括电感和变压器按常规设置。

[0024] 在对光伏阵列 PV 进行测试时，首先需停机，并断开 K1 及切断逆变器与电网的连接，然后等待主电路滤波电容 C1 的电压逐步自放电下降为合适的低电压。控制系统的供电必须正常，即电网可以给控制器供电，但并不给主电路供电，在电容电压位于合适的低电压，比如 0 伏时，启动系统的 IV 测试程序，并闭合 K1，针对 K1 闭合时刻的不确定性，该程序始终检测直流电压和电流的变化，一旦发现电流、电压有突变，即认为 K1 闭合，立即进行数

据的采样和存储记录，直至电压和电流稳定（即电流接近 0 值，而电压几乎不变）时，结束采样并进行采样数据的存储，此时即认为 PV 对电容的充电过渡过程结束。

[0025] 在系统采样完成后，对所存数据进行滤波平滑处理，通过本机的串行接口送点阵液晶屏显示，在显示屏上可以标示最大功率点电压和电流值，以及纵横坐标轴及单位（如电压、电流、功率），其日照强度和结温采用手动输入。点阵式液晶屏可以采用触摸屏，其不仅具有系统运行的监控管理功能，也具有对光伏阵列数据曲线的处理功能，程序设计方便灵活，通过人机界面设置当前太阳电池组件的结温和日照强度，系统可以显示用户所感兴趣的日照强度和结温条件下的预估 IV 和 PV 曲线。该光伏阵列的预估功能可以为光伏并网电站的发电能力提供有价值的参考数据。

[0026] 图 2 为光伏阵列给电容充电时的电压电流过渡过程示意图。

[0027] 图 3(a) 图 3(b) 分别为根据电压电流采样数据生成的 IV 和 PV 曲线示意图。

[0028] 以上的 IV 测试过程需要停机，并等待滤波电容 C1 的放电，这在检修和安装阶段是较为方便的，一般不会影响发电，但如果系统已经处于正常的发电状态，停机测试 IV 特性则会影响发电生产，对电网也会造成较大的冲击影响，并网发电的同时，在线对 IV 特性进行测试，可以减少对电网发电的影响，虽然不能在全电压范围对光伏阵列的 IV 进行测试，但可以在工作电压范围内实现对光伏阵列的 IV 测试，发现可能存在的 PV 曲线多峰值或电池板的遮挡、故障和衰减等。

[0029] 图 4 为并网在线 IV 特性扫描测量控制框图，根据系统的光伏阵列工作电压范围，在接受到 IV 扫描测试指令时 (M/S 选择为 1 时)，结束 MPPT 跟踪程序，执行 SCPV 扫描 PV 程序，将直流母线的电压指令 $V_{dc}^*$ 按步进方式给定闭环控制，增加或减少直流电压 $V_{dc}$，其变化范围覆盖系统的正常工作电压范围，在指令电压扫描期间，系统的直流电压 $V_{dc}$ 跟踪指令电压 $V_{dc}^*$ 变化，并网发电也在继续，但并网功率会随着直流电压的变化而变化，系统对此扫描过程的直流电压和电流进行采样存储并建立数据关系，形成 IV 和 PV 关系曲线。由于并网需要正常工作，所以扫描的电压有最低限制，IV 曲线在直流电压的下限会缺少相关数据，但这并不影响对光伏阵列特性的评估和判断。

[0030] 本发明是在系统主电路结构不变的情况下，利用主电路的直流断路器合闸瞬间，光伏阵列对主电路滤波电容的充电过程的 IV 变化关系，高速采样直流电压和电流，实现光伏阵列的 IV、功率 - 电压 (PV) 特性测试，并可以根据测试结果，对该光伏阵列的 IV、PV 特性进行预估和评价。系统根据测试结果，可以设置最佳最大功率点跟踪 MPPT 区域，从而加快 MPPT 的跟踪速度和跟踪效率，有效避免由于太阳电池的多组串并和阴影遮挡可能带来的 PV 关系的多峰值对 MPPT 的影响。该功能的设置可以节省专用的光伏阵列 IV 测试设备，方便现场的调试，特别是兆瓦级光伏并网电站的安装调试和评估，现有的光伏阵列 IV 测试设备由于适配功率较小，是难以满足系统要求的。

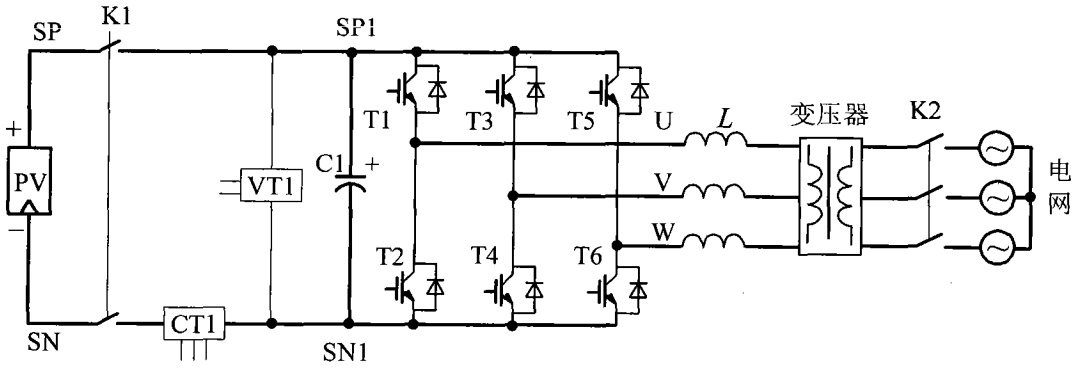

SP
K1
SP1
T1
T3
T5
U
L
变压器
K2
+
PV
−
VT1
C1
+
V
W
电
网
T2
T4
T6
SN
CT1
SN1

图 1

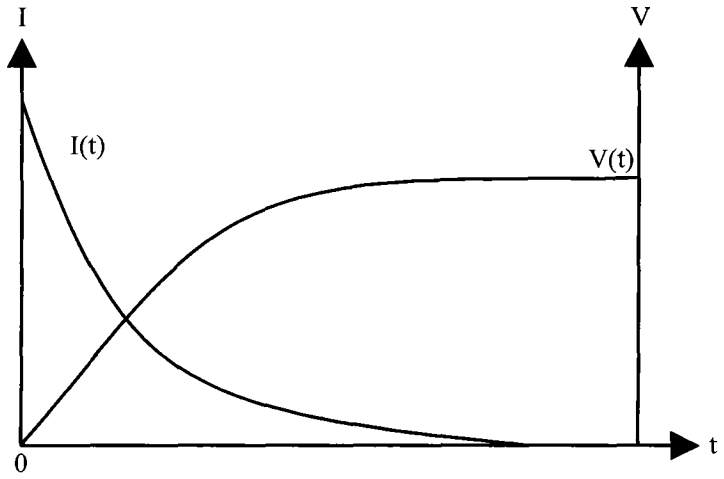

I
V
I(t)
V(t)
0
t

图 2

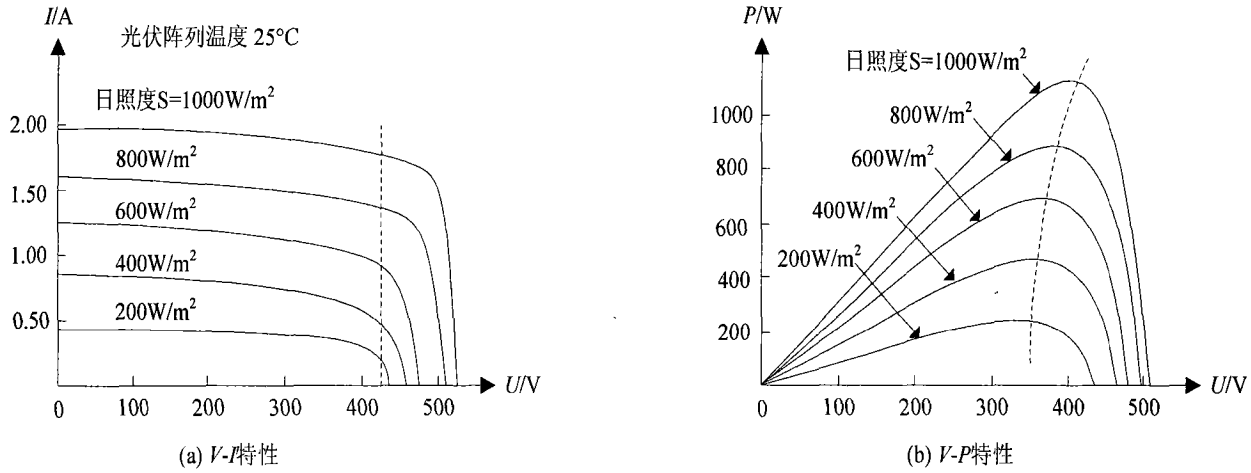

I/A
光伏阵列温度 25°C
日照度S=1000W/m²
800W/m²
600W/m²
400W/m²
200W/m²
2.00
1.50
1.00
0.50
0
100
200
300
400
500
U/V
(a) V-I特性
P/W
日照度S=1000W/m²
800W/m²
600W/m²
400W/m²
200W/m²
1000
800
600
400
200
0
100
200
300
400
500
U/V
(b) V-P特性

图 3

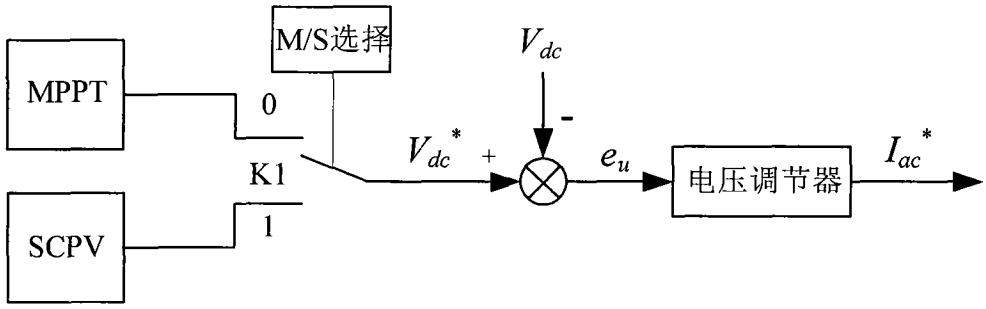



图 4