



(21) 申请号 201810056228.0

(22) 申请日 2018.01.20

(65) 同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 108280287 A

(43) 申请公布日 2018.07.13

(73) 专利权人 长安大学

地址 710064 陕西省西安市南二环中段33号

(72) 发明人 徐小波 李瑞雪

(74) 专利代理机构 西安通大专利代理有限责任公司 61200

专利代理师 徐文权

(51) Int.Cl.

G06F 30/373 (2020.01)

(56) 对比文件

CN 104237805 A, 2014.12.24

US 2013311121 A1, 2013.11.21

审查员 龚秒

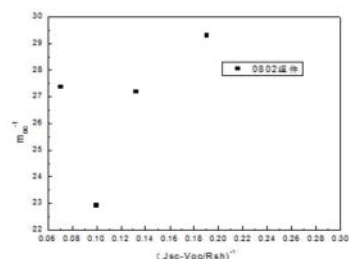
权利要求书2页 说明书5页 附图1页

(54) 发明名称

一种太阳能电池参数提取的方法

(57) 摘要

本发明提供了一种太阳能电池参数提取的算法。其基本特征在于,包含以下步骤:1) 根据基尔霍夫电流定律得到理想的单二极管太阳能电池等效电路的电流电压特性方程,建立太阳能电池单二极管模型;2) 利用单二极管模型中 $J \sim V$ 曲线获得参数(开路电压 V_{oc} 、短路电流 J_{sc} 、并联电阻 R_{sh} 和 m_{oc})来提取未知参数(理想因子 n 、反向饱和电流 J_0 、串联电阻 R_s);3) 通过测量太阳能电池在不同的透过光照下的 J_{sc} 、 V_{oc} 和 m_{oc} 测量值画出相应的曲线来确定未知参数 R_s 、 n 和 J_0 的值。



1. 一种太阳能电池参数提取的方法,其特征在于,包括以下步骤:

步骤一:根据基尔霍夫电流定律得到理想的单二极管太阳能电池等效电路的电流电压特性方程,建立太阳能电池单二极管模型:

步骤二:利用单二极管模型中J~V曲线获得参数:开路电压 V_{oc} 、短路电流 I_{sc} 和并联电阻 R_{sh} ,来提取未知参数:理想因子 n 、反向饱和电流 I_0 和串联电阻 R_s ; q 为电子电荷; n 为二极管的理想因子; k 为波尔兹曼常数; T 为太阳能电池的温度; V 为太阳能电池实时输出的电压值,单位为V; I 为太阳能电池实时输出的电流;

所述步骤二中,提取未知参数,包括如下步骤:

对于公式(1)进行微分 dI/dV ,则有

$$\frac{dI}{dV} = \frac{\left[\frac{1}{R_{sh}} + \frac{q}{nkT} \left\{ I_{ph} + I_0 - I \left(1 + \frac{R_s}{R_{sh}} \right) - \frac{V}{R_{sh}} \right\} \right]}{1 + R_s \left[\frac{1}{R_{sh}} + \frac{q}{nkT} \left\{ I_{ph} + I_0 - I \left(1 + \frac{R_s}{R_{sh}} \right) - \frac{V}{R_{sh}} \right\} \right]} \quad (2)$$

令 $V=V_{oc}$, $I=0$, dI/dV 应用于开路,记为 m_{oc} ,则

$$m_{oc} = \frac{\left[\frac{1}{R_{sh}} + \frac{q}{nkT} \left\{ I_{ph} + I_0 - \frac{V_{oc}}{R_{sh}} \right\} \right]}{1 + R_s \left[\frac{1}{R_{sh}} + \frac{q}{nkT} \left\{ I_{ph} + I_0 - \frac{V_{oc}}{R_{sh}} \right\} \right]} \quad (3)$$

利用公式(1)给出短路电流和开路电流条件下的模型公式,分别为公式(4)、(5);

$$I_{ph} + I_0 - I_{sc} \left(1 + \frac{R_s}{R_{sh}} \right) = I_0 e^{\frac{qI_{sc}R_s}{nkT}} \quad (4)$$

$$I_{ph} + I_0 - \frac{V_{oc}}{R_{sh}} = I_0 e^{\frac{qV_{oc}}{nkT}} \quad (5)$$

结合公式(3)和(5),得到

$$m_{oc} = \frac{\left[\frac{1}{R_{sh}} + \frac{qI_0}{nkT} e^{\frac{qV_{oc}}{nkT}} \right]}{1 + R_s \left[\frac{1}{R_{sh}} + \frac{qI_0}{nkT} e^{\frac{qV_{oc}}{nkT}} \right]} \quad (6)$$

如果公式(6)中 $\frac{qI_0}{nkT} e^{\frac{qV_{oc}}{nkT}} \ll \frac{1}{R_{sh}}$ 并且 $\frac{qI_0}{nkT} e^{\frac{qV_{oc}}{nkT}} \gg \frac{1}{R_{sh}}$ 那么

$$m_{oc}^{-1} = \left[R_s + \frac{nkT}{qI_0} \cdot e^{-\left(\frac{qV_{oc}}{nkT}\right)} \right] \quad (7)$$

利用公式(4)减去公式(5)消去 I_{ph} 与 I_0 得到公式:

$$I_0 e^{\frac{qV_{oc}}{nkT}} = I_{sc} \left(1 + \frac{R_s}{R_{sh}} \right) + I_0 e^{\frac{qI_{sc}R_s}{nkT}} - \frac{V_{oc}}{R_{sh}} \quad (8)$$

此时 $\frac{R_s}{R_{sh}} \ll 1$, 并且 $I_0 e^{\frac{qI_{sc}R_s}{nkT}} \ll \left(I_{sc} - \frac{V_{oc}}{R_{sh}} \right)$

因此公式 (8) 可以化简为公式 (9) ;

$$I_0 e^{\frac{qV_{oc}}{nkT}} = (I_{sc} - \frac{V_{oc}}{R_{sh}}) \quad (9)$$

将公式 (9) 带入公式 (7) 中, 得到

$$m_{oc}^{-1} = [R_s + \frac{nkT}{q} \cdot \frac{1}{(I_{sc} - \frac{V_{oc}}{R_{sh}})}] \quad (10)$$

公式 (7)、(10), 通过测量太阳能电池在不同型号组件下 J~V 曲线获取不同的透过光照的 J_{sc} , V_{oc} , R_{sh} 和 m_{oc}^{-1} 测量值绘画出相应的点图来确定位置参数 R_s , n 和 J_0 的值。

2. 根据权利要求 1 所述的一种太阳能电池参数提取的方法, 其特征在于, 所述步骤一中, 理想的单二极管太阳能电池等效电路的电流电压特性方程建立单二极管模型:

$$J = -J_{ph} + J_0 [\exp(\frac{q(V - JR_s)}{nkT}) - 1] + \frac{(V - JR_s)}{R_{sh}} \quad (1)$$

其中: V 为太阳能电池实时输出的电压值, 单位为 V ; J 为太阳能电池实时输出的电流密度, 单位为 A/m^2 ; J_{ph} 为太阳能电池的光生电流密度, 单位为 A/m^2 ; J_0 为太阳能电池中二极管的反向饱和电流密度, 单位为 A/m^2 ; q 为电子电荷; n 为二极管的理性因子; k 为波尔兹曼常数; T 为太阳能电池的温度, R_s 和 R_{sh} 分别为太阳能电池等效的串联电阻和并联电阻。

一种太阳能电池参数提取的方法

技术领域

[0001] 本发明属于太阳能参数计算领域,特别涉及一种太阳能电池参数提取的方法。

背景技术

[0002] 由于环境污染的日益严重以及化石燃料的日益枯竭,对可再生能源的研究称为各国关注的重点。太阳能因其资源丰富、清洁无污染等优势,成为国际认可的理性代替能源。光伏发电系统的核心,成为国内外学者研究的热点。光伏电池是光伏发电系统的核心。合适的光伏电池模型对于光伏测试仪的设计与制造,以及电池系统的评估具有重要的意义。

[0003] 基于太阳能电池电流曲线的主流参数提取方法,一般包括启发式算法和拟合优化算法。前一种算法精度高,但是计算时间特别长,而且容易导致不收敛;后一种算法一般都假设并联电阻 R_{sh} 为无穷大,以简化分析。但实际上并联电阻的作用并不能忽略,这将导致提取出来的串联电阻 R_s 、理想因子 n 和饱和电流密度 J_0 值精度不够高,因此,本文提出了一种参数提取方法,使太阳能电池能够从不同光强下的电流曲线中通过数值和曲线拟合技术,精确提取串并联电阻、理想因子和饱和电流密度,而不用假设并联电阻无穷大。

[0004] 在评估太阳能电池系统中,首先要做的就是模型参数的确定。

发明内容

[0005] 本发明的目的在于提供一种太阳能电池参数提取的方法,以解决上述问题。

[0006] 为实现上述目的,本发明采用以下技术方案:

[0007] 一种太阳能电池参数提取的方法,包括以下步骤:

[0008] 步骤一:根据基尔霍夫电流定律得到理想的单二极管太阳能电池等效电路的电流电压特性方程,建立太阳能电池单二极管模型:

[0009] 步骤二:利用单二极管模型中 $J \sim V$ 曲线获得参数:开路电压 V_{oc} 、短路电流 J_{sc} 和并联电阻 R_{sh} ,来提取未知参数:理想因子 n 、反向饱和电流 J_0 和串联电阻 R_s 。

[0010] 进一步的,所述步骤一中,理想的单二极管太阳能电池等效电路的电流电压特性方程建立单二极管模型:

$$[0011] \quad J = -J_{ph} + J_0 \left[\exp\left(\frac{q(V - JR_s)}{nkT}\right) - 1 \right] + \frac{(V - JR_s)}{R_{sh}} \quad (1)$$

[0012] 其中: V 为太阳能电池实时输出的电压值,单位为 V ; J 为太阳能电池实时输出的电流密度,单位为 A/m^2 ; J_{ph} 为太阳能电池的光生电流密度,单位为 A/m^2 ; J_0 为太阳能电池中二极管的反向饱和电流密度,单位为 A/m^2 ; q 为电子电荷; n 为二极管的理性因子; k 为波尔兹曼常数; T 为太阳能电池的温度, R_s 和 R_{sh} 分别为太阳能电池等效的串联电阻和并联电阻。

[0013] 进一步的,所述步骤二中,提取未知参数,包括如下步骤:

[0014] 对于公式(1)进行微分 dI/dV ,则有

$$[0015] \quad \frac{dI}{dV} = \frac{\left[\frac{1}{R_{sh}} + \frac{q}{nkT} \{ I_{ph} + I_0 - I(1 + \frac{R_s}{R_{sh}}) - \frac{V}{R_{sh}} \} \right]}{1 + R_s \left[\frac{1}{R_{sh}} + \frac{q}{nkT} \{ I_{ph} + I_0 - I(1 + \frac{R_s}{R_{sh}}) - \frac{V}{R_{sh}} \} \right]} \quad (2)$$

[0016] 令 $V = V_{oc}$, $I = 0$, dI/dV 应用于开路, 记为 m_{oc} , 则

$$[0017] \quad m_{oc} = \frac{\left[\frac{1}{R_{sh}} + \frac{q}{nkT} \{ I_{ph} + I_0 - \frac{V_{oc}}{R_{sh}} \} \right]}{1 + R_s \left[\frac{1}{R_{sh}} + \frac{q}{nkT} \{ I_{ph} + I_0 - \frac{V_{oc}}{R_{sh}} \} \right]} \quad (3)$$

[0018] 利用公式 (1) 给出短路电流和开路电流条件下的模型公式, 分别为公式 (4)、(5);

$$[0019] \quad I_{ph} + I_0 - I_{sc} \left(1 + \frac{R_s}{R_{sh}} \right) = I_0 e^{\frac{qI_{sc}R_s}{nkT}} \quad (4)$$

$$[0020] \quad I_{ph} + I_0 - \frac{V_{oc}}{R_{sh}} = I_0 e^{\frac{qV_{oc}}{nkT}} \quad (5)$$

[0021] 结合公式 (3) 和 (5), 我们可以得到

$$[0022] \quad m_{oc} = \frac{\left[\frac{1}{R_{sh}} + \frac{qI_0}{nkT} e^{\frac{qV_{oc}}{nkT}} \right]}{1 + R_s \left[\frac{1}{R_{sh}} + \frac{qI_0}{nkT} e^{\frac{qV_{oc}}{nkT}} \right]} \quad (6)$$

[0023] 如果公式 (6) 中 $\frac{qJ_0}{nkT} e^{\frac{qJ_{sc}R_s}{nkT}} \ll \frac{1}{R_{sh}}$ 并且 $\frac{qJ_0}{nkT} e^{\frac{qV_{oc}}{nkT}} \gg \frac{1}{R_{sh}}$ 那么

$$[0024] \quad m_{oc}^{-1} = \left[R_s + \frac{nkT}{qJ_0} \cdot e^{-\left(\frac{qV_{oc}}{nkT}\right)} \right] \quad (7)$$

[0025] 利用公式 (4) 减去公式 (5) 消去 J_{ph} 与 J_0 得到以公式:

$$[0026] \quad J_0 e^{\frac{qV_{oc}}{nkT}} = J_{sc} \left(1 + \frac{R_s}{R_{sh}} \right) + J_0 e^{\frac{qJ_{sc}R_s}{nkT}} - \frac{V_{oc}}{R_{sh}} \quad (8)$$

[0027] 此时 $\frac{R_s}{R_{sh}} \ll 1$, 并且 $J_0 e^{\frac{qJ_{sc}R_s}{nkT}} \ll (J_{sc} - \frac{V_{oc}}{R_{sh}})$

[0028] 因此公式 (8) 可以化简为公式 (9);

$$[0029] \quad J_0 e^{\frac{qV_{oc}}{nkT}} = \left(J_{sc} - \frac{V_{oc}}{R_{sh}} \right) \quad (9)$$

[0030] 将公式 (9) 带入公式 (7) 中, 我们就可以得到

$$[0031] \quad m_{oc}^{-1} = \left[R_s + \frac{nkT}{q} \cdot \frac{1}{\left(J_{sc} - \frac{V_{oc}}{R_{sh}} \right)} \right] \quad (10)$$

[0032] 进一步的, 公式 (7)、(10), 我们通过测量太阳能电池在不同型号组件下 $J \sim V$ 曲线

获取不同的透过光照的 J_{sc} 、 V_{oc} 、 R_{sh} 和 m_{oc}^{-1} 测量值绘画出相应的点图来确定位置参数 R_s 、 n 和 J_0 的值。

[0033] 与现有技术相比,本发明有以下技术效果:

[0034] 首先,由于同时提取 R_s 、 R_{sh} 、 n 、 J_0 ,获得完整的太阳能电池单二极管模型,可以更好描述电池;同时由于参数提取过程基于不同光强下的电流特性,避免了单次测量的噪声,使参数提取结果更加精确;再次,通过对测量值线性拟合的方式开展参数提取,进一步降低了测量误差的影响;最后,本方法操作方便,无需迭代,简单实用。

附图说明

[0035] 图1为 $(J_{sc}-V_{oc}/R_{sh})^{-1}$ 与 m_{oc}^{-1} 的点图;

[0036] 图2为 $\exp(-qV_{oc}/nkT)$ 与 m_{oc}^{-1} 的点图;

具体实施方式

[0037] 以下结合附图对本发明进一步说明:

[0038] 请参阅图1和图2,一种太阳能电池参数提取的方法,包括以下步骤:

[0039] 步骤一:根据基尔霍夫电流定律得到理想的单二极管太阳能电池等效电路的电流电压特性方程,建立太阳能电池单二极管模型:

[0040] 步骤二:利用单二极管模型中 $J \sim V$ 曲线获得参数:开路电压 V_{oc} 、短路电路 J_{sc} 和并联电阻 R_{sh} ,来提取未知参数:理想因子 n 、反向饱和电流 J_0 和串联电阻 R_s 。

[0041] 所述步骤一中,理想的单二极管太阳能电池等效电路的电流电压特性方程建立单二极管模型:

$$[0042] \quad J = -J_{ph} + J_0 \left[\exp\left(\frac{q(V - JR_s)}{nkT}\right) - 1 \right] + \frac{(V - JR_s)}{R_{sh}} \quad (1)$$

[0043] 其中: V 为太阳能电池实时输出的电压值,单位为 V ; J 为太阳能电池实时输出的电流密度,单位为 A/m^2 ; J_{ph} 为太阳能电池的光生电流密度,单位为 A/m^2 ; J_0 为太阳能电池中二极管的反向饱和电流密度,单位为 A/m^2 ; q 为电子电荷; n 为二极管的理性因子; k 为波尔兹曼常数; T 为太阳能电池的温度, R_s 和 R_{sh} 分别为太阳能电池等效的串联电阻和并联电阻。

[0044] 所述步骤二中,提取未知参数,包括如下步骤:

[0045] 对于公式(1)进行微分 dI/dV ,则有

$$[0046] \quad \frac{dI}{dV} = \frac{\left[\frac{1}{R_{sh}} + \frac{q}{nkT} \{ I_{ph} + I_0 - I(1 + \frac{R_s}{R_{sh}}) - \frac{V}{R_{sh}} \} \right]}{1 + R_s \left[\frac{1}{R_{sh}} + \frac{q}{nkT} \{ I_{ph} + I_0 - I(1 + \frac{R_s}{R_{sh}}) - \frac{V}{R_{sh}} \} \right]} \quad (2)$$

[0047] 令 $V = V_{oc}$, $I = 0$, dI/dV 应用于开路,记为 m_{oc} ,则

$$[0048] \quad m_{oc} = \frac{\left[\frac{1}{R_{sh}} + \frac{q}{nkT} \{ I_{ph} + I_0 - \frac{V_{oc}}{R_{sh}} \} \right]}{1 + R_s \left[\frac{1}{R_{sh}} + \frac{q}{nkT} \{ I_{ph} + I_0 - \frac{V_{oc}}{R_{sh}} \} \right]} \quad (3)$$

[0049] 利用公式(1)给出短路电流和开路电压条件下的模型公式,分别为公式(4)、(5);

$$[0050] \quad I_{ph} + I_0 - I_{sc}(1 + \frac{R_s}{R_{sh}}) = I_0 e^{\frac{qI_{sc}R_s}{nkT}} \quad (4)$$

$$[0051] \quad I_{ph} + I_0 - \frac{V_{oc}}{R_{sh}} = I_0 e^{\frac{qV_{oc}}{nkT}} \quad (5)$$

[0052] 结合公式(3)和(5),我们可以得到

$$[0053] \quad m_{oc} = \frac{[\frac{1}{R_{sh}} + \frac{qI_0}{nkT} e^{\frac{qV_{oc}}{nkT}}]}{1 + R_s[\frac{1}{R_{sh}} + \frac{qI_0}{nkT} e^{\frac{qV_{oc}}{nkT}}]} \quad (6)$$

[0054] 如果公式(6)中 $\frac{qJ_0}{nkT} e^{\frac{qJ_{sc}R_s}{nkT}} \ll \frac{1}{R_{sh}}$ 并且 $\frac{qJ_0}{nkT} e^{\frac{qV_{oc}}{nkT}} \gg \frac{1}{R_{sh}}$ 那么

$$[0055] \quad m_{oc}^{-1} = [R_s + \frac{nkT}{qJ_0} \cdot e^{-\frac{qV_{oc}}{nkT}}] \quad (7)$$

[0056] 利用公式(4)减去公式(5)消去 J_{ph} 与 J_0 得到以公式:

$$[0057] \quad J_0 e^{\frac{qV_{oc}}{nkT}} = J_{sc}(1 + \frac{R_s}{R_{sh}}) + J_0 e^{\frac{qJ_{sc}R_s}{nkT}} - \frac{V_{oc}}{R_{sh}} \quad (8)$$

[0058] 此时 $\frac{R_s}{R_{sh}} \ll 1$, 并且 $J_0 e^{\frac{qJ_{sc}R_s}{nkT}} \ll (J_{sc} - \frac{V_{oc}}{R_{sh}})$

[0059] 因此公式(8)可以化简为公式(9);

$$[0060] \quad J_0 e^{\frac{qV_{oc}}{nkT}} = (J_{sc} - \frac{V_{oc}}{R_{sh}}) \quad (9)$$

[0061] 将公式(9)带入公式(7)中,我们就可以得到

$$[0062] \quad m_{oc}^{-1} = [R_s + \frac{nkT}{q} \cdot \frac{1}{(J_{sc} - \frac{V_{oc}}{R_{sh}})}] \quad (10)$$

[0063] 公式(7)、(10),我们通过测量太阳能电池在不同型号组件下 $J \sim V$ 曲线获取不同的透过光照的 J_{sc} , V_{oc} , R_{sh} 和 m_{oc}^{-1} 测量值绘画出相应的点图来确定位置参数 R_s , n 和 J_0 的值。

[0064] 假定对太阳能0802组件进行了测试,通过不同的透过光照的 $J \sim V$ 曲线,通过横坐标的斜率计算出 M_{oc}^{-1} 的值。

[0065] 根据基尔霍夫电流定律得到理想的单二极管太阳能电池等效电路的电流电压特性方程建立单二极管模型:

[0066] 对二极管模型进行处理微分、消元处理得

$$[0067] \quad m_{oc}^{-1} = [R_s + \frac{nkT}{q} \cdot \frac{1}{(J_{sc} - \frac{V_{oc}}{R_{sh}})}] \quad (11)$$

$$[0068] \quad m_{oc}^{-1} = [R_s + \frac{nkT}{qJ_0} \cdot e^{-\frac{qV_{oc}}{nkT}}] \quad (12)$$

[0069] 通过式(11)做出图1,对该点图进行线性拟合,与纵坐标的截距就是 R_s ,通过斜率可以提取出理想因子 n 。

[0070] 通过式(12)做出图2,对该点图进行线性拟合,通过斜率并结合得出的理想因子,可提取出反向饱和电流密度 J_0 。

[0071] 以上显示和描述了本发明的提取算法。在不脱离本发明精神和范围的前提下,本发明还会有各种变化和改进,这些变化和改进都落入要求保护的本发明范围内。

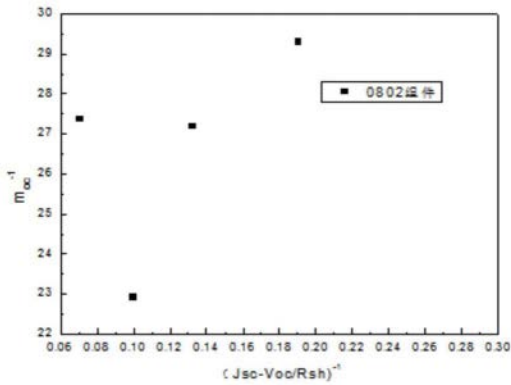


图1

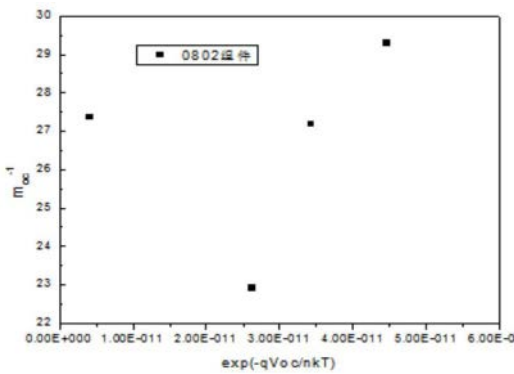


图2