

# 便携式光伏电池特性测试仪

陈珺弘 李 强 吴泽道 闵含城  
(同济大学 电信学院 ,上海 201804)

摘要: 太阳能作为新型可再生能源,已经得到社会广泛的重视和认可。在光伏电池不断发展的今天,越来越期望能提高光伏电池的光电转换效率。而这其中最关键的问题是:由于光伏电池组由许多光伏电池单元组成,如果这些电池单元之间的特性或者性能不一致或不相近,就可能导致不必要的能源浪费,甚至会出现减少电池寿命的现象。在对光伏电池的特性分析和检测方法研究的基础上,设计了基于低功耗单片机的便携式特性测试仪,对光伏电池单元特性进行测量分析,为各种光伏电池的组装提供科学的数据。

关键词: 光伏电池特性; 光电转化率; 单片机; 测试仪

中图分类号: TM933

文献标志码: A

文章编号: 1006-2394(2014)11-0052-03

## Portable Tester of Photovoltaic Battery

CHEN Jun-hong , LI Qiang , WU Ze-qiu , MIN Han-cheng

( College of Electronics & Information Engineering , Tongji University , Shanghai 201804 , China)

**Abstract:** Solar energy a new renewable energy , has got wide attention from society. Today , with the increasing development of photovoltaic( PV) battery , the high conversion rate of the photoelectric is expected. The photovoltaic battery is made up of many photovoltaic cells. If characteristics of these cells are not the same or close , it can cause unnecessary energy waste , even reduce battery life. In this paper , the portable tester of photovoltaic batteries based on low power SCM is designed through researching the detection method and analyzing the photovoltaic battery. It can provide scientific data for assembling a variety of photovoltaic battery.

**Key words:** characteristics of photovoltaic battery; the photoelectric conversion rate; SCM; tester

### 0 引言

在日益需要可再生清洁能源的今天,光伏能源的出现给人们带来了各种便利。作为一种绿色清洁能源,太阳能的出现极大地方便了日常生活所需;其中,光伏电池是核心内容。使用特性好的光伏电池能够为光伏发电提供更大的转化效率,节省更多的成本和不必要的维修,甚至是更换。

光伏电池基本上有单晶硅、多晶硅、非晶硅三种形式,最主要的是这些结构形式下的光电转化效率。光电转化效率就是在同样的照射条件下产生电能的多少,也是考量一块光伏电池的性能和特性的关键参数。目前我国单晶硅光伏电池效率在百分之十几,而光伏电池的发展方向和研究方向是光电转换高效率、光电结构轻薄化和光电发电大面积化。

然而,我国目前依然处在一个劳动密集型产业向高精尖产业的过渡和转变阶段,没有任何一家企业可以做到对光伏电池性能的最优设计。现在国内甚至是

国外的光伏电池依然良莠不齐,不同厂家的电池特性不同,在组合使用时因为其特性不匹配和特性不相近而引起较多的效率和应用问题;也直接导致在光伏电池拼装和串并时,出现整体特性不理想、应用效率不优化现象,形成“木桶效应”。

针对上述问题,本文设计了基于低功耗的便携式光伏电池特性测试仪,对拼装的每一块光伏电池进行测量,得到其特性参数的数据;按照特性参数组装光伏电池组,有效保证整块光伏电池的光电转化效率和使用寿命。

### 1 特性测量方法

整块光伏电池组由很多小单元组合而成,这些小元件相互串接或并接在一起,形成比较大的光伏电池。为了防止出现各个小元件的特性不匹配,需要测量出每个小单元的参数特性,为组装光伏电池组提供特性数据。

光伏电池(PV)的输出功率取决于每一个电池单

收稿日期: 2014-08

作者简介: 陈珺弘(1994—),男,在读本科生,研究方向为自动化。

元,当不同功率的电源单元组合在一起时就会使功率转化率减小。

图1是理想PV电池模型示意图。图中,理想PV电池的模型可以等效表示为一个感光电流源和一个二极管的并联。光源中的光子被太阳能电池材料吸收,如果光子的能量高于电池材料的能带,那么电子就被激发到导带中。这时,如果将一个外部的负载连接到电池的输出端,那么就会产生流动的电流,这就是吸收光子,释放电子的过程。

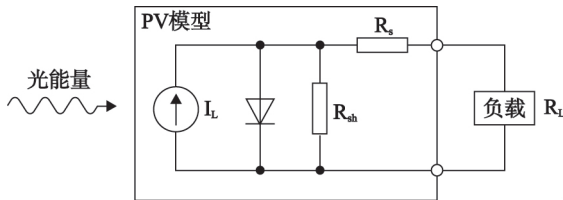


图1 理想PV电池模型示意图

PV电池采用各种吸收光能效果好的材料制作,包括结晶和非晶硅、碲化镉和铜铟镓硒化物材料制成的薄膜,以及新型的有机/聚合物材料等。PV电池和材料的特性分析需要进行多种测量。这些测试工作可以在研发过程中在电池上进行,也可以作为电池制造工艺的组成部分的一种参考。这些测试包括电流与电压关系(UI)、电容与电压关系(UC)、电容与频率关系(Cf)和脉冲UI测试等与电参数相关的特性参数。利用这些测量结果可以计算和分析出其输出电流、最大输出功率、转换效率、掺杂密度、电阻率和霍尔电压等。

图1所示的是理想模型,现实中由于电池衬底材料、金属导线和接触点存在的材料缺陷和焦耳损耗,PV电池模型在实际的计算和研究过程中必须分别用串联电阻(\$R\_s\$)和分流电阻(\$R\_{sh}\$)表示损耗。串联电阻是一个关键参数,因为它限制了PV电池的最大可用功率(\$P\_{MAX}\$)和短路电流(\$I\_{SC}\$)。

PV电池的串联电阻与电池上的金属触点电阻、电池前表面的欧姆损耗、杂质浓度和结深有关。在理想情况下,\$R\_s\$应该为零。分流电阻表示由于沿电池边缘的表面漏流或晶格缺陷造成的损耗,在理想情况下,\$R\_{sh}\$应该为无穷大。要提取光伏电池的特性参数,需要进行各种电气测量工作,首先就是光伏电池的UI特性。

光伏电池的工作原理是基于光电效应中的光生伏特效应,当光照射到模型的半导体PN结上时,半导体PN结吸收光中的能量,在PN结的两端产生电动势,产生光生伏特效应。在没有光照时,太阳能电池等效为一个普通的二极管。由此得到光伏电池的UI函数公式:

$$I = I_0(e^{\beta U} - 1)$$

式中:\$\beta = \frac{q}{nKT}\$,其中\$q\$为电子的电荷量,\$K\$为玻尔兹曼常数,\$n\$为PN结特性的理想系数(一般为1),\$T\$为热力学温度(单位:K)。

PN结中耗散区产生了足够的电子-空穴对,在外加负载下,开始流动形成电流,这样就可以看到光伏电池将光能转化为负载所需的电能,此时测量获取光伏电池输出电压\$U\_o\$和输出电流\$I\_o\$,并计算得到输出功率:

$$P_o = U_o \cdot I_o$$

当光伏电池短路时得到短路电流\$I\_{SC}\$,光伏电池开路时得到开路电压\$U\_{OC}\$。这两个参数就是光伏电池的电流和电压的上限值,若此时接入负载\$R\$,得到电流和电压为\$U\_R\$与\$I\_R\$,则:

$$P_R = U_R \cdot I_R$$

根据光生伏特效应的伏安UI特性以及\$I\_{SC}\$、\$U\_{OC}\$,必定存在这样一个电阻\$R\_M\$,使得此时光伏电池的输出功率达到最大值,得到:

$$P_M = U_M \cdot I_M$$

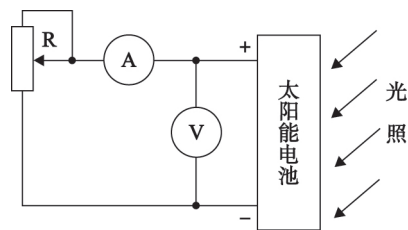
式中:\$U\_M\$为对应负载为\$R\_M\$时的负载两端电压,而\$I\_M\$则为流过负载\$R\_M\$的电流。此时的输出电压和输出电流为最佳工作电压和最佳工作电流,这就为电池组合提供了特性匹配的数据。

## 2 特性测试仪及特性评测

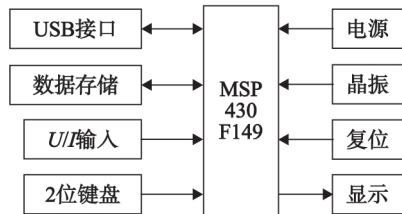
根据上述特性分析和需要测量的数据,选用低电压、低功耗单片机MSP430F149设计特性测试仪,MSP430F149的工作电压1.8~3.6V(掉电模式下0.1\$\mu\$A、五级节电模式),唤醒时间6\$\mu\$S,命令周期125ns,12位ADC(精度高),支持ISP(在线系统编程),方便开发和项目升级;并具有双串口和小型封装。

光伏电池特性测试仪选用小型锂电池供电,小型LCD显示屏(考虑功耗问题,可以换用两行字符LCD显示);设计3个小型按键,1个为复位,另2个为特性测试时简单设定和\$U/I\$测试切换。设计有2G数据存储器及其USB接口,通过USB接口,将测试数据传送到计算机中进行进一步的特性分析和特性曲线描绘。

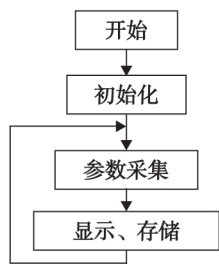
测试仪开机运行,初始化时进行数据存储入口地址设定、\$U/I\$参数设定、USB通信设定、测试等待低功耗模式设定、定时器1s定时设定等,然后就可以进行测试。只要测试数据在测试时维持1s,就表示本次测试结束,等待下次测试。按照第一次测试的间隔设定低功耗工作模式。图2所示为参数测试、MSP430F149系统及其软件简单流程。



(a) 参数测量



(b) 硬件电路



(c) 软件流程

图 2 光伏电池特性测试仪组成

图 2 (a) 所示的测量形式对于 4 片串联的光伏电池特性效果明显,对光照尽量保证均匀,一般可定在 35 cm 之后的位置。通过不断地改变电位器的阻值来确定每点的电流和电压数值。如果测量条件好,可以将数据输入计算机进行图形绘制和分析。如果现场条件一般,则应该在保证光照相同的情况下,着重于寻找每点电流与电压数值的乘积,即功率的大小,找到最大功率。

获得最大功率后,再由程序计算该光伏电池的填充因子和光电转化率,由此确定该光伏电池的真正特性。

填充因子是太阳能电池的一个重要特性参数,数值越大则光伏电池的输出功率越高。这个特性参数取决于光伏电池自身的参数和环境的参数,数值不固定,需要根据实际分析。填充因子用  $FF$  表示:

$$FF = \frac{P_M}{U_{OC} \cdot I_{SC}} = \frac{U_M \cdot I_M}{U_{OC} \cdot I_{SC}}$$

填充因子取决于太阳高度角、入射光照强度、光伏电池自身材料、理想系数和 PV 模型中的串联电阻与分流电阻的阻值,因此这个量的实时数据对光伏电池的现场分析十分重要。

光电转化率  $\eta$ ,是光伏电池的最大输出功率和照射的太阳能光伏电池板上的太阳总辐射能之比:

$$\eta = \frac{P_M}{P_{IM}} \times 100\%$$

太阳能电池的特性测试时要注意: 电池表面保持清洁干燥,测试电路连接正常,光照强度合适。

### 3 结论

便携式光伏特性测试仪实现了对每个光伏电池特性的便捷测试,通过特性匹配构造高效的光伏电池组,由此加强电池组的使用效率,延长其使用寿命。

### 参考文献:

[1]成志秀,王晓丽. 太阳能光伏电池综述[J]. 信息记录材料, 2007, 8(2): 41-47.  
 [2]谢富昌. 不同类型光伏电池的发电性能研究[J]. 太阳能, 2003(6): 21-22.  
 [3]吴玉蓉,康勇. 光伏系统中最大功率点跟踪的研究[J]. 变频器世界, 2010(2): 46-49.  
 [4]肖华锋. 光伏发电高效利用的关键技术研究[D]. 南京: 南京航空航天大学, 2010.  
 [5]屠佳佳. 太阳能电池性能参数测试系统的试验研究[D]. 杭州: 中国计量学院, 2013.

(许雪军编发)

(上接第 32 页)

[2]杜家熙,陈艳锋,李国厚. 基于单片机的步进电机控制器设计[J]. 煤矿机械, 2007(2): 88-91.  
 [3]雷红森,程耀瑜. 基于 L298N 的直流电机驱动电路优化设计[J]. 数字技术与应用, 2012(2): 118-120.  
 [4]何登,华秀洁. 直流电机驱动与控制系统设计[J]. 电子世界, 2012(21): 52-53.  
 [5]王瑾. 基于单片机的直流电动机控制系统研究[J]. 中国科技信息, 2011(2): 144-145.

(由游编发)

(上接第 36 页)

### 参考文献:

[1]彭道刚,张浩,李辉,等. 基于 Modbus 协议的 ARM 嵌入式检测平台设计与实现[J]. 电力自动化设备, 2009, 29(1): 115-123.  
 [2]黄育和,程韬波. 基于 Modbus RTU 协议在数字智能模块的设计[J]. 机电工程技术, 2007, 36(5): 1-2.  
 [3]潘长清,蒋大明,欧阳劲松,等. 基于 S3C44B0X 处理器 MODBUS 通信协议的实现[J]. 仪器仪表标准化与计量, 2007(2): 26-28.  
 [4]周晴,陈晓光,常智. 基于 ARM 与实时 OS 的数据采集与处理系统设计[J]. 计算机测量与控制, 2007, 15(11): 1599-1601.

(由游编发)