

太阳能光伏发电系统数据采集和测试平台

杨刚, 陈鸣*, 姚少雄, 黎冠文

(中山大学太阳能系统研究所, 广东省教育厅重点实验室 广州 510006)

国家 863 计划资助项目

基金颁发部门: 中华人民共和国科学技术部

项目名称: 高性价比双面薄硅太阳能电池新技术的研究

编号: 2006AA05Z409

摘要: 太阳能光伏发电系统利用可再生能源太阳能来提供稳定的电力供应, 污染小, 因而在近几年得到了很广泛的应用。本文设计了一个以 LabVIEW 为软件支持、以数据采集卡为硬件支持的虚拟仪器来评测光伏发电系统的性能, 并拥有数据采集、数据保存和信号分析等功能。在这个所提出的系统中, 测量的信号包括气象参数(如温度等)和电气参数(比如光伏阵列的电压和电流等)。实验结果证明这套系统可以很有效的反映光伏发电系统的运行特性。

关键词: 太阳能光伏发电系统; LabVIEW; 数据采集; 数据保存; 调理电路

中图分类号: TK511

文献标识码: A

1. 引言

随着可再生能源技术的发展, 在最近几年太阳能光伏发电系统得到了比较广泛的应用。为了更好的评估以及优化光伏发电系统的性能, 很必要掌握丰富的关于系统的气象和电气资料。本数据采集系统就是利用 LabVIEW 软件去实时的采集和保存这些重要的数据。LabVIEW 程序又被称作虚拟仪器, 是一种建立在 PC 机为核心的硬件平台上, 但功能可由用户自己定义的计算机测试系统, 它的表现形式和功能类似普通的仪器, 但 LabVIEW 程序可以很方便的改变仪器及其设置。使用虚拟仪器进行测试工作, 相对传统的仪器, 其利用软件实现了硬件内容, 只需购买少量硬件设备, 应用灵活, 可以大大缩短系统研制周期, 因此在测控领域中有很大的发展空间。本系统所使用的采集卡为 NI-USB6008 数据采集卡, 采集和检测经的信号主要包括: (1) 光伏阵列的温度, (2) 光伏阵列的电压 (3) 光伏阵列的电流, NI-USB6008 数据采集卡具有 8 个 12 位模拟输入端口, 2 个模拟输出端口, 并且附带了计数器和数字 I/O, 其输入电压的范围为 $\pm 10V$, 最高采样频率为 10kb/s, 本系统采集的信号均为直流信号, 因此这样的采样频率是完全适用的。

2. 太阳能发电系统

太阳能发电系统主要由以下几部分构成: 光伏阵列、蓄电池、逆变器以及交流或者直流负载, 如图 1 所示:

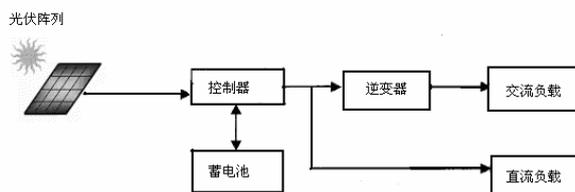


图 1 太阳能光伏发电系统结构图

系统能量由太阳能光伏阵列提供。光伏阵列一般是采用太阳电池数组的方式将多个太阳电池串并连起来, 太阳电池的串联可以提高电压, 并联可以提高电流。控制器则是发电系统的核心组件, 它的主要功能是用来检测输入电压电流以及负载的情况来控制蓄电池的状态。当系统提供的功率大于负载的功率时, 一方面控制器将所需的电能提供给负载, 另一方面将剩余的电能送往蓄电池储存起来。当发电量不能满足负载要求时, 控制器会将蓄电池中储存的电能送往负载以维持负载的稳定, 这种功能叫做蓄电池的充电控制功能。蓄电池是储存系

统产生的能量的组件，也是系统得以连续不间断供电的重要设备。常用的电池多为铅酸蓄电池，由于其成本低，可靠性强而且无需特别维护。同时控制器一般还具有蓄电池的放电管理、设备保护、故障定位等其它功能，在有些产品中，为了提高太阳能光伏数组的功率，一些控制器也会包含太阳电池的最大功率跟踪（MPPT）环节以使光伏阵列始终处于最大功率输出。系统不仅能够给直流负载供电，也可以给交流负载供电，所用到的能量转换环节就是逆变器环节。

3. 传感器和调理电路

传感器通常用于将其他形式的信号（比如温度）转换为电信号而调理电路则用来将检测到的信号调理在一个适宜数据采集卡测量的电压范围以内。本系统可以采样以下几种信号：光伏阵列的温度、光伏阵列的电压和光伏阵列的电流。图 2 是本数据测试平台的硬件结构图：

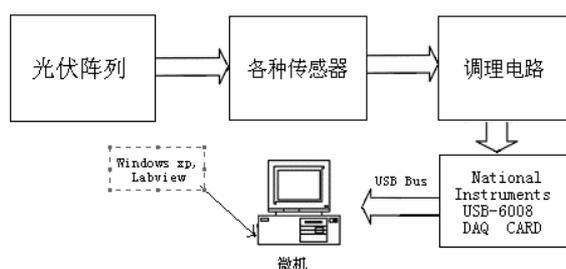


图 2 数据采集平台的硬件结构

温度是光伏发电系统的重要参数之一，在给定光强下，光伏电池工作温度的升高将影响电池的输出功率。电池的输出功率和效率随温度升高而减少，每升高 1℃，效率约下降 0.45%，使用寿命也降低。对于温度的测量，通常使用的传感器为铂电阻（PT100）因为其在 -50℃~100℃之间电阻和温度保持很好的线性。温度信号的调理电路用来将传感器检测到的电信号转变在合适的电压范围内便于数据采集卡采集，如图 3 所示：

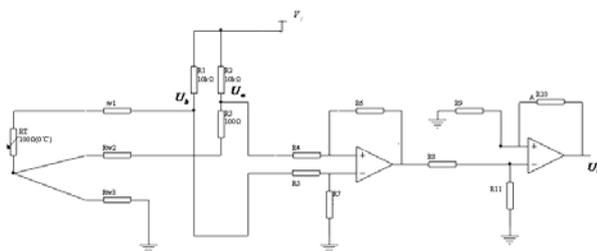


图 3 温度信号的检测和调理电路

电路中，铂电阻与 $R_1 \sim R_3$ 组成电桥， $R_{W1} \sim R_{W3}$ 是导线的等效电阻。在所使用的三线制温度传感器中，如果电缆中导线的种类和长度都相同，则导线电阻 R_{W1} 和 R_{W2} 相等，温度系数也是一样的，因此，即使电缆的长度改变，温度系数也会一起跟着改变进行温度补偿，另外，流经 R_{W3} 的两电流是相同的，不会影响测量结果。由于测试系统一般放在室内，温度测试系统可能放在室外，铂电阻也放在室外，由于室内到室外的引线很长，因此使用三线制可以很好的去除长电缆对电阻的影响。经电桥输出的差分信号经过两级同相比放大电路进行放大，以便输入数据采集卡。电路的输出表达式见下：

$$U_b - U_a = V_T \frac{R_{w1} + R_r + 2R_{w3}}{R_1 + R_{w1} + R_r + 2R_{w3}} - V_T \frac{R_3 + 2R_{w3} + R_{w2}}{R_2 + R_3 + R_{w1} + 2R_{w3}}$$

$$= V_T \frac{R_0(1 + at) - R_0}{R_2 + R_3} = V_T \frac{R_0 at}{R_2 + R_3} \quad (1)$$

$$U_o = V_T \frac{R_6 R_{10} R_o a t}{R_4 R_8 (R_2 + R_3)} \quad (2)$$

其中, $R_4 = R_5, R_6 = R_7, R_8 = R_9, R_{10} = R_{11}$; V_T 是使用的直流稳压电源的电压值, 在本系统中是 12V; R_o 是 PT 100 铂电阻在 0°C 时的输出电阻, 典型值是 100Ω ; a 是温度系数, $a = 3.908 \times 10^{-3}$ 。

图 4 给出了本系统中用来测量光伏阵列的电压电流所使用的调理电路, 检测到电压和电流信号后就可以利用软件计算光伏阵列功率以及日累积发电量、月累积发电量和年累积发电量。

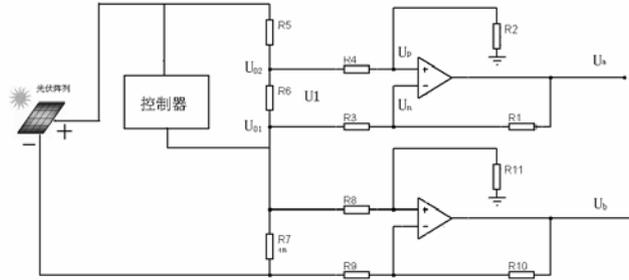


图 4 电压电流信号的调理电路

本系统中, R_5 和 R_6 是阻值较大的功率电阻, 用来分压测量光伏阵列的电压而 R_7 则为阻值很小的功率电阻, 用来测量电流。本调理电路的输出可以表达如下:

$$U_a = \frac{R_2 R_6}{R_3 (R_5 + R_6 + R_7)} U \quad (3) \quad U_b = \frac{R_{11} R_7}{R_8} I \quad (4)$$

其中, $R_1 = R_2, R_3 = R_4, R_8 = R_9, R_{10} = R_{11}$, U 是需要测量的光伏阵列的输出电压, I 是光伏阵列的输出电流。

4. 软件设计和实验结果

本测试平台的软件设计框图如下图所示:

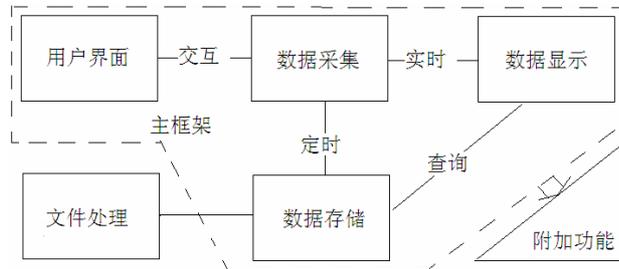


图 5 软件程序的设计框图

图 5 中, 软件程序分为几个模块, 软件设计时对各个模块的要求如下:

- (1) 用户界面----美观、友好
- (2) 数据采集----实时、定时输出
- (3) 数据存储----能按分、日、月、年分别保存数据
- (4) 数据显示----根据实际需要显示所需图形、表格数据

根据该设计框图, 在系统软件设计中将系统功能分为几个独立又相互联系的部分, 分别对其加以设计, 同时考虑到保存过多数据时会消耗过多的计算机资源, 在软件设计主框架外增加文件处理部分, 用于压缩或删除多余的存储数据。同时, 从软件的可扩展性方面考虑, 又增加了附加功能模块, 可在原来基础上根据需要增加附加功能, 包括文件删除、文件压缩和数据查询等。

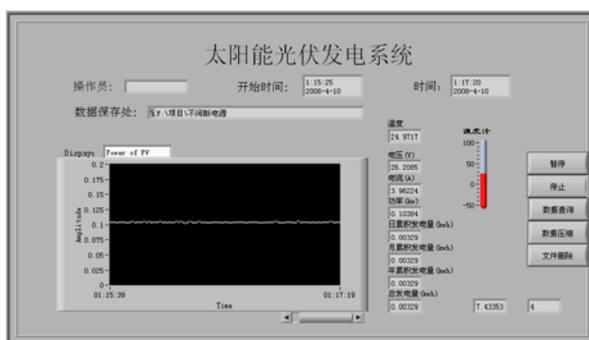


图 6 测试平台的前面板

图 6 是本测试程序的前面板。在图 6 中，图表上所反映的是光伏阵列电压的曲线，但是其他的信号也同时被采集。通过选择图中的显示按钮可以选择显示的信号种类，包含：光伏阵列的电压、电流和功率，光伏阵列的温度。在数据保存处通过设置可以为保存的数据选择路径，测试平台会自动生成 ".xls" 类型的数据文件将信息记录在计算机硬盘上，并且自动使用当前的日期做文件名。在前面板上右单击图表，选择 "Export simplified Image" 可以得到简化的数据图表，这里选择在太阳能电池功率显示时输出其波形，如图 7 所示：

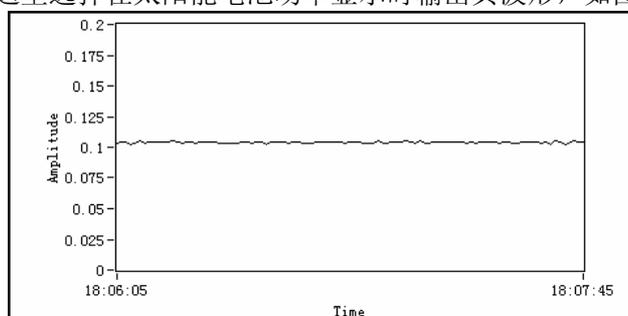


图 7 光伏阵列的功率曲线

图 7 是光伏阵列功率曲线图，单位是千瓦 (kw)。从图中可以看出光伏阵列的输出功率在比较长的时间内维持相对的稳定，但是会伴随着一些小范围的波动。这种功率曲线正好与光伏电池的特性相吻合，在一定的负载情况下，光伏阵列的功率和太阳辐射强度有关系，由于太阳辐射强度在一定范围内维持稳定，所以输出功率也维持稳定。除了功率信号意外，其它的信号也可以以同样的方式导出和分析。

5. 结论

本文建立了一种具有数据采集和保存功能的太阳能光伏系统采集与测试的虚拟仪器平台，系统使用了传感器、调理电路和 LabVIEW 软件去处理，采集和保存数据。实验证明，使用 LabVIEW 软件是一种建立可再生能源系统采集平台便捷而且有效的方法。提出的系统拥有快速反映能力以及对突然变化的适应性，通过测试平台保存了大量有用的信息，对进一步评测和优化系统提供了大量的数据支持。在这些有用的数据的基础上，可以进一步扩充系统的功能使其含有准确控制风光互补系统发电的能力。

本文作者创新点：将虚拟仪器应用到光伏发电系统的检测中，实现了对光伏发电系统实时的监控，并为优化系统性能提供了数据支持。

参考文献

- (1) Chang'an Ji, Xiubin Zhang, Guohui Zeng, Bin He, Xuelian Zhou. Wind-solar complementary power supply system [J], Electrical Machines and Systems, 2005. Proceedings of the Eighth International Conference, Vol. 2 Sept. 2005: 1054-1057
- (2) 陈亚爱, 张卫平, 刘元超, 程强. 风光互补发电系统实验模型的建立[J]. 北方工业大学学报. 2004, 3: 57-61

(3) B. Wichert, M. Dymond, W. Lawrance, T. Friese, Development of a test facility for photovoltaic-diesel hybrid energy systems. [J], Renewable Energy, Vol. 22 Issues 1-3, 2001: 311-319

(4) Eftichios Koutroulis, Kostas Kalaitzakis, Development of an integrated data-acquisition system for renewable energy sources systems monitoring [J], Renewable Energy, Vol. 28 Issue 1, 2003: 139-152

(5) 苗洪利. 基于 LabVIEW 太阳能路灯充放电监测系统[J]. 微计算机信息, 2007, 5-1: 88-90
作者简介

杨刚, 男, (1987—), 山东滕州人, 在读硕士研究生, 中山大学太阳能系统研究所科研助理, 研究方向为可再生能源技术和电力电子技术。陈鸣, 男, (1960—), 通讯作者, 安徽人, 中山大学太阳能系统研究所副教授, 研究方向为可再生能源利用技术、LED 照明技术和电力电子技术。

Biography

Gang Yang was born in Shandong province of China in 1987, male. He is now a research assistant in the Institute of Solar Energy System, Sun Yat-sen University, China. His research areas include Power Electronics and Renewable Energy Technology. Email:yjsyanggang@ieee.org

Ming Chen was born in Anhui Province of China in 1960, male. He is now an associate professor in Institute of Solar Energy System, Sun Yat-sen University. His research Interests include LED Lighting system, Power Electronics and Renewable Energy Technology.