

基于 AVR 单片机的光伏发电量检测系统设计

谢维^{1,2}

(1. 北京电子科技职业学院 自动化工程学院, 北京 100176; 2. 北京工业大学 电控学院, 北京 100124)

摘要: 针对太阳能光伏发电系统中发电量检测问题, 设计了一种精度更高, 功耗、成本更低的太阳能光伏发电量检测系统。系统以 AVR 单片机为控制器, 避免了模数转换器等引起的能量消耗, 并最大程度地简化了系统结构。同时引入了霍尔电流传感器, 可以几乎无损耗地将电流信号转换为电压信号。实验结果表明: 光伏发电系统正常工作时, 光伏发电量能够实时显示在显示屏上, 且误差率不超过 5%。

关键词: 太阳能; 光伏发电; AVR 单片机; 电量检测; 系统设计

中图分类号: TP368. 1

文献标识码: A

Design of photovoltaic power generating capacity detection system based on AVR single - chip computer

XIE Wei^{1,2}

(1. School of Automation Engineering, Beijing Polytechnic, Beijing 100176, China; 2. School of Electronic Information and Control Engineering, Beijing University of Technology, Beijing 100124, China)

Abstract: Power measurement is an important part of solar photovoltaic power generation system. This paper presents a photovoltaic power generating capacity detection system that consumes less energy, lower cost and gives a more precise value. The system uses AVR single chip computer as the controller, avoiding consumption of analog - digital conversion and others, and simplifying system structure. At the same time, Hall current sensor is used to change current signals into voltage signals with least energy consumption. The experimental results show that photovoltaic power generating capacity can be displayed on the screen in real time, and the error rate will not exceed 5% when working.

Key words: solar energy; photovoltaic power generating; AVR single - chip computer; power detection; system design

适用于小办公区域或别墅的小用户太阳能光伏发电及配电系统, 主要原理是根据光伏发电量实现家用电器按优先级自主完成设定的工作; 同时实现光伏发电与市电互相切换, 以保证光伏发电不足时区域的正常用电。系统包括: 太阳能电池板、发电量检测、蓄电池组、逆变器和保护电路等部分。其中发电量检测是关键部分, 它提供光伏发电量的参数信息, 是整个系统可靠工作的基础^[1]。当前, 常规的检测装置需要的能耗高, 投资大, 维护操作不便。例如有人提出基于物联网的光伏发电量检测装置, 其缺点是结构较复杂, 造

价昂贵; 又如以 MCS52 单片机为控制器的检测装置, 其缺点是 A/D 转换器等外围芯片的驱动需要能源, 无形中造成了不必要的能耗^[2]。因此, 本文提出一种基于 ATmega32 单片机的光伏发电量检测装置。利用 AVR 处理速度快, 功耗低, 功能强大, 资源丰富, 性价比高, 抗干扰能力强等显著特点^[3], 使产品的功能、精度和质量大幅度提升, 且构成的硬件电路简单, 故障率低, 成本低廉, 非常适合于产品开发设计。实验表明, 可以实现小用户光伏发电及配电系统的设计, 检测准确, 工作可靠。

1 光伏发电量检测系统

1.1 光伏发电量检测装置

目前,有人提出基于物联网的太阳能光伏发电量检测系统,此系统分为三部分:传感器数据采集节点、主控节点和远程监测中心。系统不仅能实现对太阳能发电系统参数的实时监测,而且用户和工作人员可以很方便的通过3G或者互联网进行查询,为分析、控制和设计、改善发电系统的性能提供依据。但是,此系统工程造价昂贵,结构也较为复杂,并不适合小用户太阳能光伏发电系统。而现在普遍流行的是一种以AT89S52单片机为控制器的光伏发电量检测系统,这个装置系统不仅结构简单、成本低廉、免维护、耗电量小,而且能够有效地实时监控太阳能电池的发电量,这不失为一个比较优良的检测系统,但是由于单片机只能处理数字信号,所以加入了A/D转换器等模块,而A/D等模块的驱动也需要能源,这在无形中也会造成不必要的能源消耗^[4]。结合这些系统方案的优缺点,我们设计了一套基于AVR单片机的太阳能发电量检测系统的思路。与前面的发电量检测系统相比,此系统简单方便,工程造价比较低,准确性也比较高,能广泛适用于小用户太阳能光伏发电系统。

1.2 光伏发电量检测系统的设计

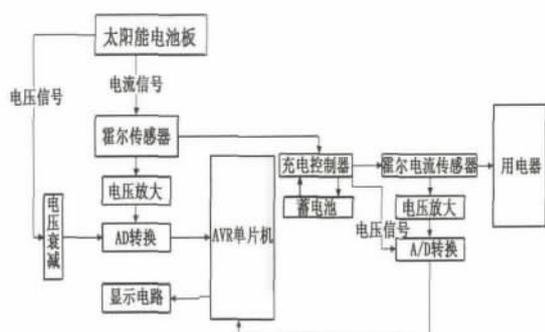


图1 光伏发电量检测系统设计思路

Fig.1 Design of solar power capacity detection system

我们设计的系统主要功能是,以AVR单片机为控制器,对太阳能电池发电量进行数据采集,并实时地显示在液晶显示屏上。一般,独立太阳能光伏发电系统主要由太阳能电池组件、充电控制器(内含MPPT模块)、显示模块、电压衰减模块、电压放大模块、蓄电池组成。若要为交流负载供

电,还需要配置交流逆变器。我们的设计构思如图1。总电路包括太阳能电池板,电压衰减电路,电压放大电路,霍尔电流传感器,光合太阳能充电控制器,LCD1602显示器,以及AVR单片机。

1.2.1 系统电源设计

为了便于前期的检测本系统,可以采用双电源:220V转5V电源和蓄电池经稳压变压电源^[5]。(1)220V转5V电源。通常外接电源电压不稳定,需要经过滤波稳压后才能供给单片机,使之能更加可靠地运行;(2)蓄电池电源。本系统是长期使用并且独立发电的,而干电池寿命有限,所以长期工作状态中不宜用于电池供电,系统内部的蓄电池供电为最佳选择。在设计中单片机和LCD1602需要+5V电压,霍尔电流传感器需要±15V电压。设计中采用7805,7815,7915三端稳压集成电路来分别提供+5V,+15V和-15V电压。

1.2.2 单片机电路

ATmega32单片机是基于增强的AVR RISC结构的低功耗8位CMOS微控制器。由于其先进的指令集以及单时钟周期指令执行时间,ATmega32的数据吞吐率高达1MIPS/MHz,从而可以缓减系统在功耗和处理速度之间的矛盾^[6]。AVR内核具有丰富的指令集和32个通用工作寄存器。所有的寄存器直接与运算单元(ALU)相连接,使得一条指令可以在一个时钟周期内同时访问两个独立的寄存器。

1.2.3 I/V转换模块和V/V转换模块

单片机只能处理0~5V的电压信号,所以需要将太阳能电池板或蓄电池所释放的电流信号转换为相应的电压信号。太阳能电池板的输出电压规格是0~20V,电流为0~5A,因此必须将电流值转换为相应的电压信号。此电路包括霍尔电流传感器,电阻以及集成运算放大器OP07。霍尔电流传感器是此转换电路的核心,功率计要求在尽可能不影响电池板电能输出的情况下才能检测其功率,所以I/V转换的功耗要尽可能的低^[7]。电路中采用的是TBC10SY型霍尔电流传感器,根据霍尔效应原理,在消耗相当少电能的情况下将电流信号转换为电压信号。TBC10SY双环系列闭环霍尔电流传感器的初、次级之间是绝缘的,具有超强抗干扰能力;用于测量直流、交流和脉动电流。当待测电流从传感器穿过,即可在输出端测得电压大小。I/V转换电路如图2。

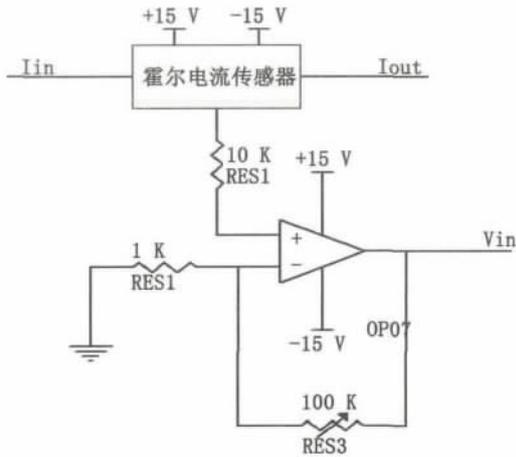


图2 I/V转换电路

Fig. 2 The I/V conversion circuit

虽然霍尔电流传感器能够无损耗的转换电流电压,但太阳能电池板输出电流较小且经过霍尔电流传感器之后输出电压仅为几十毫伏,很难测准,所以要经过 OP07 集成运算放大器来放大。OP07 芯片是一种低噪声非斩波稳零的双极性运算放大器集成电路。因为 OP07 具有较低的输入失调电压(对于 OP07A 最大 25 μV),所以 OP07 在很多场合不需要额外的调零动作。OP07 同时具有输入偏置电流低(OP07A 为 $\pm 2 \text{ nA}$)与开环增益高(对于 OP07A 为 300 V/mV)等特点,这种低失调,高开环增益的特性,这使得 OP07 特别适合于高增益的测量设备和放大传感器的微弱信号等方面。正反馈放大电路如图 3。

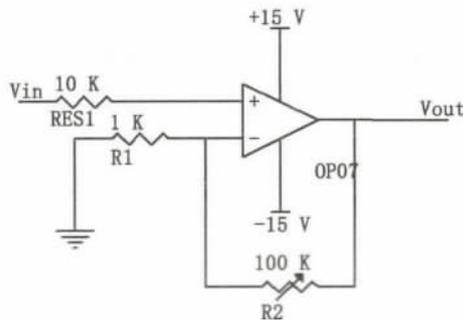


图3 OP07正反馈放大电路

Fig. 3 OP07 positive feedback amplification circuit

因为实时功率的测量需要同时采集到电压值和电流值。而太阳能电池板电压为 0 ~ 22 V,以及单片机的处理电压均为 0 ~ 5 V。所以太阳能电池板和蓄电池的输出电压以及电流经过霍尔电流传感器按比例转换得出电压值必须要衰减或放大到 0 ~ 5 V。根据电压电阻之间的线性关系,将 0 ~ 14 V 按比例转换为 0 ~ 5 V,电压 0 ~ 20 V 按比例

转换为 0 ~ 5 V。衰减电路如图 4。

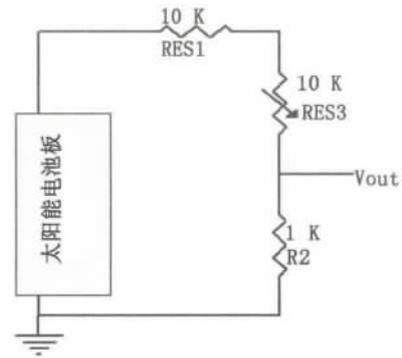


图4 衰减电路

Fig. 4 Attenuating circuit

1.2.4 LCD1602 显示电路

本设计采用 LCD1602 液晶显示屏显示,其具有体积小、功耗低、界面大方等优点,这里使用 YB1602 液晶屏,1602 显示模块用点阵图形显示字符,显示模式分为 2 行 16 个字符。

1.2.5 充电控制器

由于在工作时,随着光照温度等因素不断变化,必然会导致端电压急剧变化。此时就需要充电控制器了。充电控制器,一方面能够延长蓄电池的使用寿命,另一方面在充电过程中还能减少损耗,保护蓄电池充电过量造成损害。系统采用以 MPPT 控制器为核心的充电控制电路。

1.2.6 发电量检测软件设计

系统程序主要包括: LCD1602 显示程序,AD 转换模块,单片机主程序。

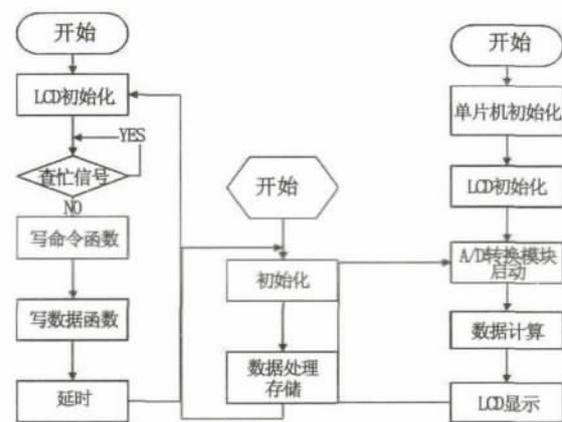


图5 流程图

Fig. 5 Flow chart

由此可知,工作原理为:太阳能电池板接受光照时产生电压和电流信号,通过太阳能充电控制器对蓄电池充电,蓄电池经过稳压电路为单片机提供驱动电压,电池板产生的电压和电流分别经

过 V/V、I/V 转换电路并衰减或放大使其电压不超过 5 V,再经过模数转换为数字信号,经过单片机内部处理将功率值实时显示在 LCD1602 液晶屏上。

1.3 系统的调试

1.3.1 性能要求

(1) 电量检测装置能够测量 0.5 ~ 999.0 W 的功率且平均误差率 < 5%。

(2) 太阳能电池板规格: 最大功率 160 W; 最大输出电压 22 V; 最大输出电流 6 A。

(3) 蓄电池规格: 型号 6 - DZ - 12; 额定电压 12 V; 额定容量 12 Ah。

1.3.2 软硬件设置

电量测量电路中太阳能电池电压衰减倍数为 1/4.5,霍尔电流传感器输入电流与输出电压比为 4,电压放大电路放大倍数为 4。

2 光伏发电量检测装置的系统测试

太阳能电池板在光伏发电系统的电力电子装置的实验室研究中,扮演了相当重要的角色。但是当日照强度很低或者夜晚的时候,太阳能电池阵列失去了输出功率。这时,研究工作就受到了外界条件的限制,我们可以通过模拟太阳能电池的方法来解决这个问题。

整个系统的实际检验需要在特定的条件下才能进行,太阳能电池的工作效能与光强,外界环境温度,阳光照射角度,阳光的光谱分布等因素有关。所以测量太阳能电池的输出功率必须按照 IEC TC - 82 的行业标准。

标准为: AM(air - mass 大气质量) = 1.5,光的输入功率 = 1 000 W/m²,测试温度为 25 °C。

由于条件限制,在实验室情况下,采用电压源电流源模拟太阳能电池测得数据如图 6。

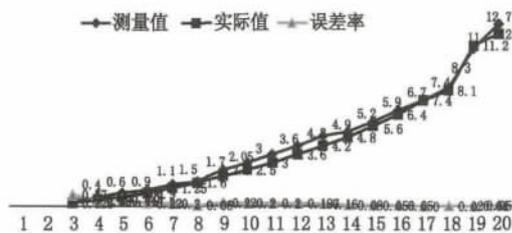


图6 模拟太阳能电池测量数据与实际数据比较图
Fig.6 Comparison of the simulation of solar measurement data and the actual data

如图所示,实际值越小测量值的误差越大,比

如输出电压为 3 V 时,实际值与测量值的误差达到了 77%;当输出电压为 6 V 时,实际值与测量值的误差达到了 44%;但是当实际功率超过 6 W 的时候,误差率就不超过 5% 了。实际中,太阳能电池的有效工作时的发电功率在 120 W 左右,所以系统能很好的完成太阳能发电量的检测。

整个系统的调试均是在实验室条件下进行的,用实验室电源模拟太阳能电池,虽然不能很好的表现出太阳能电池的原始性能,且有些特征表现的也过于理想化,所以会有很大的局限性。但设计的重点不在于测量太阳能电池板的性能,而是要检验设计进行功率检测的精确度,因此是能够反应设计效果的。从测量结果来看发电量检测达到了预期目标。

3 结语

本文提出并设计了一种基于 AVR 单片机的太阳能光伏发电量检测系统。系统能够将所测得值实时显示在液晶屏幕上。由实验过程和结果分析可知,此系统结构比较简单,能够实时并精确地显示太阳能发电量以及用电器用电量,可以为调配电力提供有力的数据支持,同时还减少了一些不必要的能量消耗,这对于太阳能最大程度化的利用具有较重大意义。而且此系统装置器件寿命较长,耐用可靠,并且具有通用性,还可以灵活应用于其它数据采集的工程领域。

参考文献:

- [1] 姜清辉,李存霖,陈志鹏,等. 太阳能槽式直接蒸汽发电系统集成方案的设计[J]. 电力与能源, 2013, 34(1): 88 - 91.
- [2] 简林莎,郎明华,吉跟昌,等. 太阳能电动汽车总体设计和匹配[J]. 长安大学学报: 自然科学版, 2013, 33(1): 89 - 94.
- [3] 杨柳斌,李明滨,徐维昌. 太阳能施肥 - 喷药一体机的仿真设计[J]. 农机化研究, 2013(1): 86 - 89.
- [4] 聂如青,李英姿,贺琳. 基于单片机的太阳能数据采集及显示系统开发[J]. 北京建筑工程学院学报, 2010, 26(1): 45 - 48.
- [5] 郑玉珍,李武华,何湘宁. 便携式太阳能发电系统设计[J]. 浙江科技学院学报, 2010, 22(3): 186 - 191.
- [6] 王掌权,裘杨杰. 带 MPPT 控制的光伏充电控制器的设计[J]. 电气电子教学学报, 2011, 33(6): 61 - 64.
- [7] 黄克亚. 独立光伏发电系统最大功率点跟踪原理分析及仿真研究[J]. 电工电气, 2011(2): 22 - 25.

(责任编辑 王利君)