

基于 BQ24650 的太阳能蓄电池智能充放电控制器设计

李加念¹, 倪慧娜² (1. 昆明理工大学现代农业工程学院, 云南昆明 650500; 2. 华南农业大学工程学院, 广东广州 510642)

摘要 [目的]为解决野外无线传感器网络自动灌溉控制系统的供电问题,设计了一种太阳能蓄电池智能充放电控制器。[方法]采用 BQ24650 自动控制和管理太阳能向蓄电池充电,以单片机 MSP430F2132 为微处理器,根据蓄电池放电状态的检测,自动控制蓄电池向负载供电,同时该微处理器作为负载控制系统的主控器。[结果]经试验测试知,控制器实现了预期设计目标,且在连续 90 d 的实际应用中运行稳定可靠。[结论]该充放电控制器能满足实际应用要求。
关键词 BQ24650; 充放电; 太阳能; 蓄电池; 控制器
中图分类号 S126 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2014)14-04476-02

BQ24650 Based Design of an Intelligent Charge-discharge Controller for Solar Battery
LI Jia-nian et al (Faculty of Modern Agricultural Engineering, Kunming University of Science and Technology, Kunming, Yunnan 650500)
Abstract [Objective] To solve power supply problem for wireless sensor network based automatic irrigation control system, an intelligent charge-discharge controller for solar battery was designed. [Methods] BQ24650 was employed to control and manage solar energy charge to battery, microcontroller MSP430F2132 was used as the microprocessor to control load supply with battery automatically, according to the detected discharge status of battery. In addition, MSP430F2132 was used as the main controller of load system. [Results] Test results showed that the designed controller realized expected design target and had steady and reliable operation in actual application in 90 consecutive days. [Conclusion] The charge-discharge controller could meet actual application requirements.
Key words BQ24650; Charge and discharge; Solar energy; Battery; Controller

在光伏系统中,充电电源本身并不是真正意义上的“无限电源”,而是来自太阳能光伏阵列输出的“有限电源”,既不能恒压输出,也不能恒流输出,而是随着光照强度和温度的变化而变化,有时甚至还不能输出足够的电压和电流。因此,利用太阳能光伏阵列对蓄电池充电时有着一定的特殊性,而且蓄电池的充放电控制方法决定着独立光伏发电系统控制器的性能^[1],除选择合适的充放电方法以延长蓄电池使用寿命外,还要考虑如何最大效率地利用太阳能。目前,一般采用太阳最大功率点跟踪(MPPT, Maximum Power Point Tracking)与智能充电方法相结合的充电策略,利用太阳能对蓄电池充电,在实现方式上主要表现为采用专用的太阳能充电管理集成电路和采用分立元件与微控制器相结合自行设计两种方式^[2-8]。为此,笔者针对野外无线传感器网络自动灌溉控制系统的供电问题,设计一个蓄电池智能充放电控制器,在遵循蓄电池充放电规律的前提下,尽可能提高太阳能的利用效率,同时还使灌溉控制系统与充放电控制器共享同一个微处理器,简化整个系统的结构。

1 总体方案设计

太阳能蓄电池充放电控制器的原理框图如图 1 所示,太阳能电池板的峰值功率为 60 W,峰值电压为 18 V,开路电压为 21.57 V,蓄电池为 12 V、20 A·h 的铅酸蓄电池,充电控制电路要能实现太阳最大功率点跟踪,最大效率地将太阳能储存于蓄电池中,具有浮充、防反充、防过充等功能,同时充电控制电路本身功耗要尽可能低;蓄电池的放电电路以 MSP430F2132 单片机为微处理器,根据对蓄电池的放电电压

和放电电流的检测结果,放电控制电路向负载供电,以避免蓄电池欠压放电和过流放电,并且通过自恢复保险丝(25 V/10 A)实现短路保护;为进一步利用太阳能,当太阳光照充足且蓄电池满荷无需充电时,可通过放电控制电路控制太阳能电池板直接向负载供电。放电控制电路主要由 MOS 管与外围电阻构成,通过单片机控制该电路的导通与截止来实现向负载供电,同时该单片机还作为负载系统的微处理器。

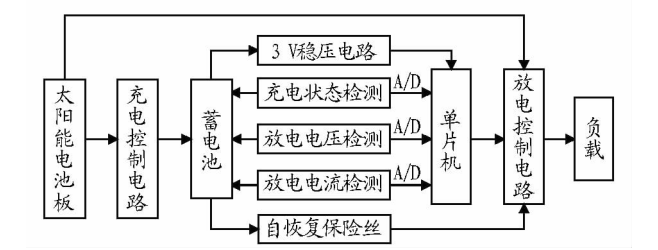


图 1 控制器的原理框图

2 蓄电池充电控制与管理

采用 TI 公司生产的专用太阳能充电管理集成电路 BQ24650,自动控制和管理太阳能电池板对蓄电池的充电,其电路如图 2 所示。其中,BQ24650 是一个专门用于太阳能对蓄电池充电且具有最大功率点跟踪的同步交换模式充电控制器,适用于 5~28 V 的太阳能电池板。BQ24650 对电池的充电周期包括预充电、恒流充电和恒压充电 3 个阶段。预充电的时间固定为 30 min,预充电电流为恒流充电电流的 1/10;当充电电流低于恒流充电电流的 1/10 时充电自动终止;当蓄电池电压低于 BQ24650 设定的内部门限值时,自动重启充电周期;当太阳能电池板的输出电压下降至蓄电池电压以下时,BQ24650 自动进入低静态电流(<15 μA)的休眠模式。BQ24650 的充电电流可通过外接一个合适的采样电阻进行配置。

基金项目 昆明理工大学省级人培项目(KKS201323003)。
作者简介 李加念(1983-),男,湖南道县人,讲师,博士,从事电子信息及测控技术在农业上的应用研究。
收稿日期 2014-04-25

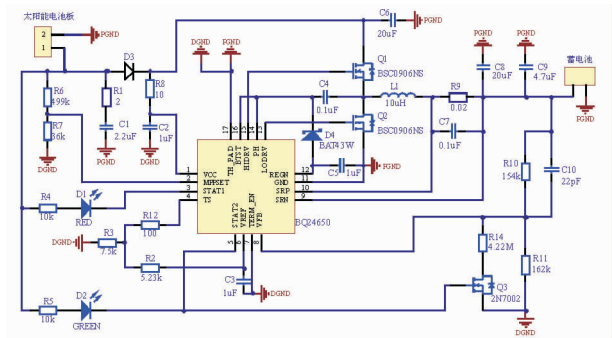


图2 蓄电池充电电路

图2中的R1、C1、D3、R8和C2组成BQ24650的输入电源电路,用于将太阳能电池板的输出电压转换为BQ24650的输入电源。其中,R1和C1组成一个RC滤波网络,用于抑制太阳能电池板热插拔时的瞬间振荡;D3用于防止反向电压加在VCC端时引起的损坏;R8和C2组成另一个RC滤波网络,用于消除太阳能电池板输出电压的纹波。

太阳能电池板在各个光强下均有个最大功率点,而且各个最大功率点均对应于一个相同的电压,在此点上太阳能电池板达到最大效率且输出最大能量。BQ24650采用恒压运算法来跟踪太阳能电池板的最大功率点,当太阳能电池板的输出功率因光强变弱而下降时,BQ24650通过自动降低充电电流来维持充电电压恒定,从而保持太阳能电池板工作在最大功率点。当BQ24650的MPPSET引脚的电压低于1.2V时,则自动降低充电电流,若太阳能电池板确实不能提供足够的功率输出,则可将充电电流降为0。因此,最大功率点电压 V_{MPPT} 可通过图2中的R6和R7进行设置,即:

$$V_{MPPT} = 1.2 \times \left(1 + \frac{R6}{R7}\right) \tag{1}$$

根据太阳能电池板的规格参数,通过选择合适的R6和R7,将最大功率点电压 V_{MPPT} 设置为18.0V。此外,MPPSET引脚还被用作充电的使能控制端,当MPPSET引脚上的电压低于75mV时充电禁止使能,当MPPSET引脚上的电压上升至175mV时则恢复充电。

BQ24650的VFB端设置有一个2.1V的反馈参考电压,可以支持蓄电池的充电电压范围为2.1~26.0V。BQ24650进行恒压充电或浮充时的充电电压通过图2中的电阻R10、R11、R14以及MOS管Q3来设置:当进行恒压充电时,STAT2端输出高电平使Q3导通;当进行浮充时,STAT2端输出低电平使Q3截止。从而,恒压充电电压 V_{BLK} 和浮充电压 V_{RECH} 可分别通过式(2)、(3)计算:

$$V_{BLK} = 2.1 \times \left(1 + \frac{R10}{R11 \parallel R14}\right) \tag{2}$$

$$V_{RECH} = 2.1 \times \left(1 + \frac{R10}{R11}\right) \tag{3}$$

由于蓄电池为12V,因此将其恒压充电电压 V_{BLK} 和浮充电压 V_{RECH} 分别设为14.7和13.5V。

BQ24650进行恒流充电时的电流由连接在引脚SRP与SRN之间的电阻R9确定。由于SRP与SRN之间的满量程电压为固定的40mV,因此恒流充电电流 I_{CHARGE} 为:

$$I_{CHARGE} = \frac{0.04}{R9} \tag{4}$$

而且通过R9还可以设置预充电电流和终止充电时的电流,其值均为 $0.1I_{CHARGE}$ 。

图2中的Q1、Q2、R9、L1和C6~C9组成一个同步降压式DC/DC稳压电路,用于将BQ24650的输入电压转换成合适的电压对蓄电池充电。充电状态可通过红色LED指示灯D1和绿色LED指示灯D2直观反映:充电进行中,STAT1脚置低且STAT2脚置高,此时红色指示灯D1亮;充电完成时,STAT1脚置高且STAT2脚置低,绿色指示灯D2亮;而出现故障状态时,则STAT1与STAT2脚都置高,无指示灯亮。

3 蓄电池放电控制

蓄电池在使用过程中,为避免因过放而造成对蓄电池使用寿命的影响,通常需要对蓄电池的端电压进行检测,当其端电压小于放电终止电压时,则切断放电回路停止为负载供电或者直接停止负载的运行。此处,将放电终止电压设为10.8V,但蓄电池以连续较大电流放电时放电终止电压设为10.5V。蓄电池的端电压通过图3所示的电阻分压电路进行检测,在保证MSP430F2132单片机的ADC接口能准确检测分压电阻上的电压的前提下,应尽可能增大电阻R51、R52的阻值,以降低该电阻分压电路的功耗。

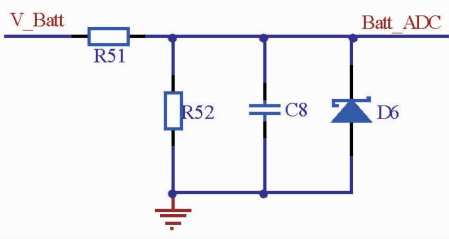


图3 蓄电池电压检测电路

为了提高系统运行的可靠性和安全性,蓄电池的放电回路中还应有的负载保护电路,主要为过流保护和短路保护电路。短路保护通过在放电回路中串联一只自恢复保险丝来实现,由于负载中耗电最大的是额定电流为3.33A、额定电压为12V的直流隔膜泵,因此选用规格为25V/10A的自恢复保险丝。过流保护采用检测放电电流的方法来实现,当检测到放电电流超过某个阈值时,以软件保护的方式产生报警并采取切断放电回路或停止负载工作的保护动作。根据负载实际情况,将过流保护的门限电流设为5A。放电电流通过图4所示的电路进行检测,它将一个精度为1%、阻值为20mΩ的电阻R8串联在蓄电池正极输出端,通过一个高边电流检测芯片INA169将流经电阻R8的电流转换为电压,并将电压进行放大(增益在1~100间可设定)后输出,然后经Csen端送至控制器的ADC转换器进行转换,根据转换结果和电阻R8可计算出放电电流。

蓄电池放电过程中,其端电压下降得比较缓慢。为降低单片机实时检测放电状态的运行负荷以及由此引起的功耗,每2min检测一次蓄电池端电压和放电电流,当放电电流接近或大于过流保护门限电流时,每5s检测一次放电电流以

Response: PCIF

Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)

FEA 1 191509023 191509023 183.41 7.588e-12 * * *

Residuals 21 21927625 1044173

— — —

Signif. codes: 0 ' * * * ' 0.001 ' * * ' 0.01 ' * ' 0.05 ' . ' 0.1 ' ' 1

4 结论与建议

4.1 结论 财政支农支出与农民人均纯收入增长密切相关,财政支农支出是农民人均纯收入变化的因素,同时江苏省在农业生产发展方面所实施的财政政策确实是有效的,财政支农支出已成为江苏农民增收的可靠保障。切实加强、持续实施财政支农政策仍是促进江苏省农业产业发展、农民收入增加的重要举措。

4.2 建议 首先,建立财政支农支出的长期稳定增长机制,切实保证财政支农支出的稳定增长,同时要确保资金的利用效率,有效发挥支农支出集聚优势,不断提高农业综合生产能力以及农业产业发展总体水平,有效促进农村发展、农业增效以及农民增收。

其次,优化改善财政支农支出的结构,最大限度发挥财政支出作用。通过增加对农民的直补政策,减少流通环节的补贴,加大对农业科技三项工作的支持,缩减财政支农支出用于各项事业费的支出比重等措施优化投资结构。

最后,平衡各区域间的支农投资额度。由于江苏省经济呈现梯度式发展,农民的收入差距亦较大,应加大对苏北、苏中地区财政支农的支出力度,促进苏南、苏中、苏北均衡发展,增加农民收入。

参考文献

- [1] 杨林娟,戴亨钊. 甘肃省财政支农支出与农民收入增长关系研究[J]. 农业经济问题,2008(3):99-102.
- [2] 刘涵. 财政支农支出对农业经济增长影响的实证分析[J]. 农业经济问题,2008(10):30-35.
- [3] 封明川,吴平. 财政支农资金绩效的实证分析——基于发展现代农业的视角[J]. 四川农业大学学报,2009(3):124-128.
- [4] 赵璐,吕杰. 我国财政支农效率的区域差异研究[J]. 经济问题,2011(4):102-105.
- [5] 胡云霞. 财政支农支出与农民收入增长关系研究[J]. 铜陵学院学报,2011(4):39-40.
- [6] 徐倩. 江苏省财政支农支出规模效应分析[J]. 山东省农业管理干部学院学报,2012(3):32-34.
- [7] 李焕彰,钱忠好. 财政支农政策与中国农业增长:因果与结构分析[J]. 中国农村经济,2004(8):38-43.
- [8] 陈薇,杨春河. 河北省财政扶贫政策绩效评价实证研究[J]. 农业经济,2006(7):58-59.
- [9] 沈坤荣,张璟. 中国农村公共支出及其绩效分析——基于农民收入增长和城乡收入差距的经验研究[J]. 管理世界,2007(1):30-40.
- [10] 谭存娜. 财政支农支出对农民人均纯收入影响的实证研究——采用时间序列的分布滞后模型[J]. 经营管理者,2009(10):123.
- [11] 赵璐,吕杰. 财政支农结构对农业总产值影响的实证分析[J]. 统计与决策,2011(8):117-120.
- [12] 杨建利,岳正华. 我国财政支农资金对农民收入影响的实证分析——基于1991~2010年数据的检验[J]. 软科学,2013(1):42-46.
- [13] 陈毅恒,梁沛霖. R 软件操作入门[M]. 北京:中国统计出版社,2006:66-78.

(上接第4477页)

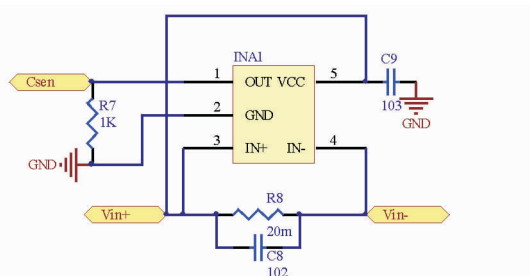


图4 蓄电池放电电流检测电路

确认是否处于连续过流放电状态。

4 充放电控制器性能测试

经试验测试可知,当太阳能电池板输出功率充足且蓄电池需要充电时,控制器先以 (200 ± 15) mA 的电流对蓄电池进行预充电30 min,再恒流[在 (1.95 ± 0.10) A内变动]充电一段时间,然后进入恒压[在 (14.65 ± 0.10) V内变动]充电阶段,电量充满后自动进入浮充状态(浮充电压在13.43~13.55 V内波动);当太阳能电池板输出电压小于蓄电池端电压时,自动停止向蓄电池充电且使BQ24650进入休眠状态,此时控制器的电流消耗最大为187 μ A;当太阳光照再次充足且蓄电池需要充电时,再次重启上述充电周期,但恒流充电和恒压充电两个阶段的充电时间与蓄电池初始电量呈反比。在放电过程中,通过调节功率电阻的阻值改变放电电流,当以小电流(<2 A)连续放电时,蓄电池电压 ≤ 10.84 V立即停止放电;当以大电流(>2 A)连续放电时,蓄电池电压 \leq

10.45 V立即停止放电;当 $4.85 \text{ A} \leq \text{放电电流} \leq 9.50 \text{ A}$ 时立即停止放电;当放电电流 $>9.50 \text{ A}$ 时保险丝自动熔断。将该控制器应用于野外无线传感器网络自动灌溉控制系统中进行了实际应用测试,运行约90 d未出现异常现象。由此可见,该充放电控制器达到了预期设计目标。

5 结论

该研究秉着遵循蓄电池充放电规律和最大效率利用太阳能的原则,设计了一种太阳能蓄电池自动充放电控制器。控制器本身功耗较低,具有防反充、防过充、浮充、防过放、负载过流保护和短路保护等功能,并且与负载控制系统共享同一个微处理器,简化了整个系统的结构。经试验测试,该控制器达到了预期设计要求,并且具有良好的实际应用效果。

参考文献

- [1] 赵梦杰,吴晓波,汤俊斐,等. 阀控密封铅酸蓄电池充电控制集成电路设计[J]. 浙江大学学报:工学版,2008,42(9):1606-1610.
- [2] 王超,张映红. 一种基于Atmega16智能太阳能充电器的设计方案[J]. 电源技术,2012,136(5):690-692.
- [3] 苏秀蓉,王正仕,马进红,等. 基于MPPT的太阳能智能充电控制器[J]. 机电工程,2013,30(9):1133-1136.
- [4] 郭丽娜,张波. 基于MSP430单片机的太阳能充电控制器设计[J]. 实验室研究与探索,2012,31(5):70-72,98.
- [5] 卢琳,段国华,张仕文. 基于MPPT的智能太阳能充电系统研究[J]. 电力电子技术,2007,41(2):96-98.
- [6] 王海龙,王维俊,张国平,等. 基于STM32F103芯片的光伏充电控制器设计[J]. 微电机,2013,46(3):54-57.
- [7] 郑诗程,刘伟,葛产生. 具有TMPTT功能的太阳能光伏充电系统研究[J]. 电子测量与仪器学报,2008,22(8):11-15.
- [8] 徐淑珍,张浩然,薛莉莉. 基于STM32F103VC的简易太阳能充电控制系统的研制[J]. 微型机与应用,2012,31(3):23-26.