

基于 BOOST-BUCK 电路的光伏脉冲充电系统

涂小伟, 陈 皓

(四川大学 电气信息学院, 四川 成都 610000)

摘要: 太阳能光伏发电作为一种具有广阔前景的绿色能源已成为工业界和国内外学术界研究的热点, 针对离网型光伏发电系统, 分析了 BOOST 电路和 BUCK 电路在最大功率点跟踪 (MPPT) 电路中的缺点, 提出了一种基于 BOOST-BUCK 电路的蓄电池脉冲充电电路, 采用 PIC16F877 单片机进行智能控制, 并绘制了单片机控制的 A/D 采样电路及外围电路。实验结果表明: 一是实现了对蓄电池的脉冲充电; 二是与 BOOST、BUCK 电路相比, 大大提高了系统的工作效率。

关键词: 太阳能; 蓄电池; 脉冲充电; BOOST-BUCK 电路

中图分类号: TM 13

文献标识码: A

文章编号: 1002-087 X(2012)06-0866-03

BOOST-BUCK converter-based photovoltaic-battery charging system

TU Xiao-wei, CHEN Hao

(Electrification Information College, Sichuan University, Chengdu Sichuan 610000, China)

Abstract: As a green energy, solar photovoltaic technology has a wide prospect and it has been the research hotspot in industrial circles and the academic circles. In this paper, a battery charging circuit controlled by PIC microcontroller for stand-alone photo-voltaic power generation was presented. The shortcomings of the BUCK and BOOST circuits applied in the MPPT circuit were analyzed. The experimental result shows that the pulse charging method is used to charge the battery, which can extend the life of battery and improve system efficiency.

Key words: solar energy; battery; pulse charge; BOOST-BUCK converter

能源是人类社会存在与发展的物质基础, 随着全球对其需求的增加, 人类必须寻求一种新的、安全、清洁、可靠的可持续能源系统, 例如风能、太阳能、潮汐能等可再生能源^[1]。太阳能是人类不可或缺、取之不尽的能源, 太阳能光伏发电作为一种具有广阔前景的绿色能源已成为工业界和国内外学术界研究的热点, 近年来, 全球光伏产业发展迅速, 根据 Solarbuzz 的市场数据, 2009 年全球光伏发电系统装机总容量约为 7.5 GW, 在金融危机形势下仍较 2008 年增长了 20%。自 1993 年德国建成第一座兆瓦级并网光伏电站以来, 大型并网光伏发电成为重要的发展趋势, 2009 年全球并网光伏发电系统份额超过 90%。中国的并网光伏发电呈现出“分散开发、低压就地接入”与“大规模集中开发、中高压接入”并举的发展特征。《国家能源发展规划》规定: 大规模的太阳能光伏电站作为 2010~2020 年重点发展的领域之一。2004 年深圳园博园建成了国内第一座兆瓦级并网太阳能光伏电站, 此后若干兆瓦级并网光伏电站相继在甘肃、宁夏、上海等地建成或开工。但目前的大型并网光伏电站仍以示范工程为主, 旨在为光伏商业化并网发电积累运行经验。相对于小型并网光伏发电系统, 大型并网光伏电站可更加集中地利用太阳能, 更多地使用逆变

器并联、集中管理与控制技术, 可以在适当的条件下充分利用太阳能的时间分布特性和储能技术, 起到削峰、补偿电网无功功率等满足电网友好需求的作用^[2]。随着系统成本的持续降低和发电效益的不断提高, 大型并网光伏电站具有广阔的发展前景。

但是太阳能光伏发电存在两个主要问题: 一是, 光伏电池的转换效率低而且发电的成本较高, 初期投入很大; 二是, 光伏电池的输出特性受外界环境影响较大, 当光照强度和温度变化时, 其输出特性也会发生较大的变化^[3]。因此, 为了充分转化光伏组件所产生的能量, 通常在光伏组件和负载之间串联或并联最大功率点跟踪 (Maximum Power Point Tracking, MPPT) 电路, 从而实现最大功率输出^[4]。

1 光伏板电池的特性

图 1 为光伏电池在不同温度、辐射强度下的 P-V 特性。从图 1 中可以看出光照强度和温度等外部因素都会对光伏板的最大功率点 $[V_{mp}, I_{mp}]$ 产生影响: 电流与阳光的光照强度有关, 而电压与温度有关。因此, 必须在光伏板与负载之间增加 MPPT 电路, 当外部环境或者负载变化时, 使光伏板都工作在最大功率点附近, 以提高光伏板的利用效率。

2 BUCK 和 BOOST 电路的缺点

MPPT 电路通常采用 BUCK 或者 BOOST 电路^[5], 通过一定的控制方法, 如: 恒定电压控制法、扰动观察法 (又称爬山

收稿日期: 2012-01-05

作者简介: 涂小伟 (1985—), 男, 湖北省人, 硕士研究生, 主要研究方向为电力系统微机保护、微电网综合控制。

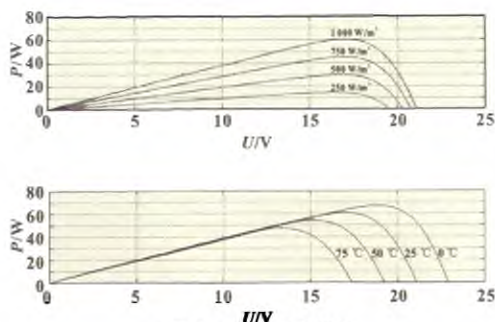


图1 光伏电池的特性

法)、增量电导法、模糊控制法、神经网络控制法、短路电流法等, 这些算法通常是光伏板的采样电压和采样电流送至单片机, 经过处理, 调节电路中开关管的占空比使外电路等效电阻始终等于太阳能电池内电阻, 实现动态负载匹配, 从而实现太阳能电池的最大功率输出, 系统结构图如图2所示。

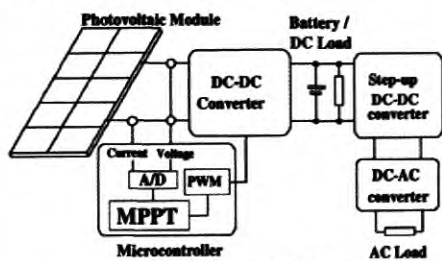


图2 MPPT电路

但是, 这种BUCK或者BOOST电路存在一定的缺陷。当需要对蓄电池进行充电时, 对于BUCK电路而言, 光伏板的输出电压必须小于蓄电池的端电压, 当光照强度很强时无法对蓄电池充电; 对于BOOST电路而言, 光伏板的输出电压必须大于蓄电池的端电压, 当光照强度较弱时无法对蓄电池充电; 在这种传统的拓扑结构中, 光伏板产生的所有电能都要经过DC-DC变换器进行处理, 因此, 整个光伏发电系统的效率就要依赖于DC-DC变换器的效率, 由于BUCK或者BOOST电路只能在特定太阳光照强度下工作, 不能充分利用太阳能, 使得系统的效率大大降低。

针对以上问题, 本文提出了一种新的DC-DC变换器拓扑结构, 即BOOST-BUCK转换器, 基于这种变换器的充电系统能够充分利用太阳能, 从而大大提高光伏板的利用效率。

3 BOOST-BUCK 充电电路

BOOST-BUCK^[6]充电电路拓扑结构如图3所示, 该电路主要由铅酸蓄电池(组)、电容C1、C2、开关管Q1、二极管D1组成。本文采用PIC16F877单片机控制开关管的导通与关断, 该单片机具有多达14个通道的10位模数转换器。

下面分析一下该电路的工作原理。

由图1可知, 光伏板的输出功率受外部环境: 光强和温度的影响, 并且, 从图1中可以看出, 光伏板的最大功率点在某一电压范围内 $[U_1, U_2]$, 这也是恒压法的控制思想。

将光伏板的输出电压经过A/D采样电路(如图4所示)送至单片机(外围电路如图5所示), 当输出电压达到最大功

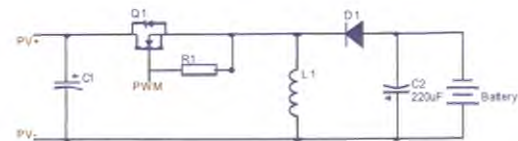


图3 蓄电池充电电路

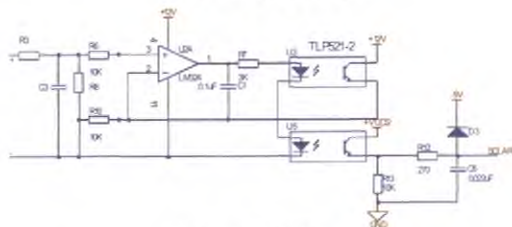


图4 A/D 采样电路

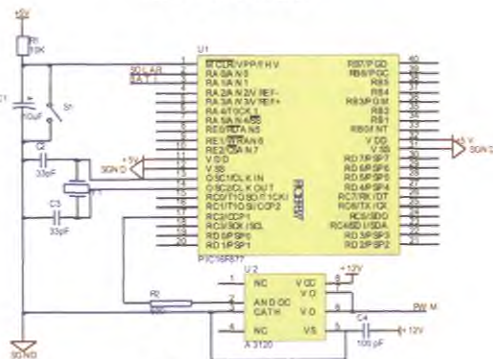


图5 PIC 单片机外围电路

率点附近的某一地电压 U_2 时, 开关管导通, 这时光伏板和电容同时对蓄电池充电, 电容和光伏板的电压下降; 当输出电压达到 U_1 时, 开关管关断, 光伏板对电容进行充电, 将能量储存在电容上, 此时电容的电压上升, 当达到 U_2 时, 开关管再导通, 如此往复完成对蓄电池的充电。当光照较弱时, 由于此时光伏板先将电能储存在电容, 当电容的电压达到最大功率点时再将电能转到蓄电池上, 即: 只要光伏板产生电能, 无论其电流多小都可以对蓄电池进行充电, 最大限度地提取光伏板中的电流, 充分利用光伏板。

4 程序流程图及实验结果

控制器的主要任务是, 通过A/D采样判断光伏电池的电压, 并且监视锂电池组的充电状态, 防止锂电池组过充, 程序流程图如图6所示。

光伏板参数: 最大功率70 W; 短路电流3 A; 开路电压33 V(本文将两个最大功率35 W, 短路电流3 A, 开路电压16.5 V的光伏板串联)。蓄电池参数: 将两个12 V, 200 Ah的铅酸蓄电池串联。

光伏板的输出电压如图7所示。通过与其并联的MPPT电路, 其输出电压在最大功率点附近波动。

蓄电池的充电电流波形采样的电流值是经过电流互感器采样得到的, 电流互感器的输出端接相应电阻值的电阻就可以将电流信号转换成电压信号, 如图8所示。开关管S的PWM波形如图9所示。

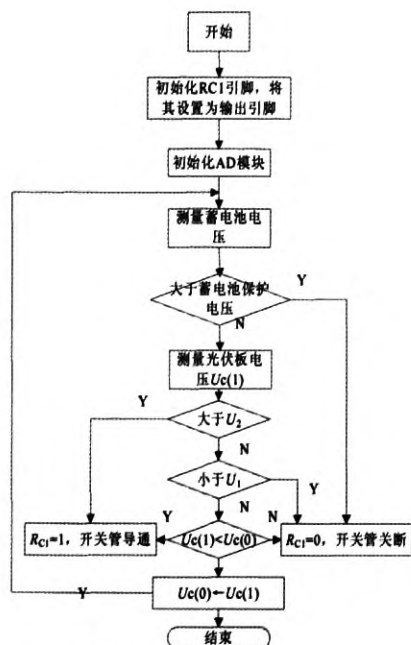


图6 控制程序流程图

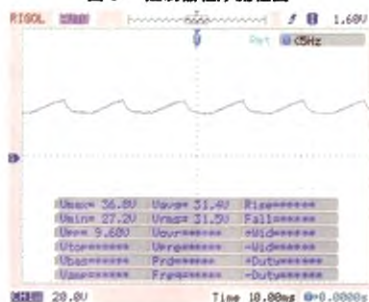


图7 光伏电池电压波形

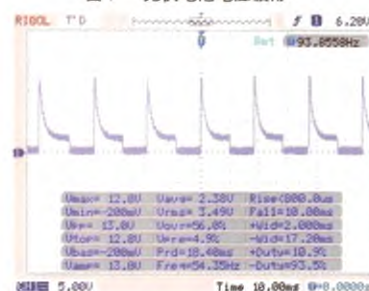


图8 蓄电池脉冲充电电流波形

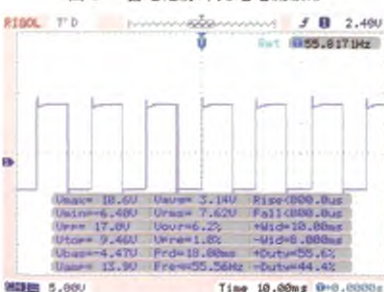


图9 PWM波形

利用BUCK-BOOST电路、BOOST电路及BUCK电路对蓄电池进行MPPT脉冲充电。在光伏电池输出电压小于BUCK电路设置的输入电压时，停止对蓄电池进行充电，在光伏电池输出电压大于BOOST电路设置的输入电压时，也停止对蓄电池进行充电，而BUCK-BOOST电路在这两种情况下都可以对蓄电池进行充电。由实验数据绘得在这三种充电电路下的蓄电池充电电量波形，如图10所示。

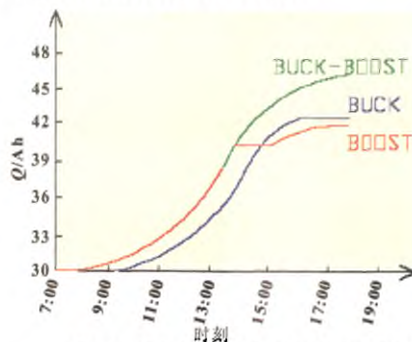


图10 不同变换器下的蓄电池充电电量波形

由实验结果可以看出，该电路拓扑实现了对蓄电池的脉冲式充电，与BOOST电路、BUCK电路相比，极大地提高了光伏电池的充电效率。脉冲式充电法是一种新型的充电方法，它采用的是充与放相结合的方式，在充电一段时间后增加一个放电瞬间，这样可以减少析气的产生，从而解决了快速充电过程中的极化问题。这个过程还能够减小电池压力、内阻、温度，减小能量的损耗，使电能更有效地转化为化学能储存起来。脉冲充电法符合了蓄电池的电能接受特性，在蓄电池充电接受能力下降时，加入放电脉冲以提高充电接受能力。因此，脉冲充电法能够在避免极化产生的同时对蓄电池进行高速充电。

5 结论

本文针对离网型光伏发电系统提出了一种PIC单片机控制采用BUCK-BOOST电路的蓄电池充电电路。从实验结果可以看出，可以实现对铅酸蓄电池的脉冲充电。另外，即使是在天气比较恶劣的情况下，只要光伏电池有电流产生就可以对蓄电池充电，相比于BUCK和BOOST电路，该电路可以大大提高系统的效率。

参考文献：

- [1] 赵争鸣, 雷一, 贺凡波, 等. 大容量光伏电站技术综述[J]. 电力系统自动化, 2011, 35(12): 101-105.
- [2] 周念成, 同立伟, 王强钢. 光伏发电在微电网中接入及动态特性研究[J]. 电力系统保护与控制, 2010, 38(14): 119-127.
- [3] 陈剑. 太阳能光伏系统最大功率点跟踪技术的研究[D]. 北京: 清华大学, 2010.
- [4] MATSUI K, MURAI Y, WATANABE M, et al. A pulsewidth-modulated inverter with parallel-connected transistors using current-sharing reactors[J]. IEEE Transactions on Industrial Electronics, 1993, 8(2): 186-191.
- [5] 赵宏, 潘俊民. 基于Boost电路的光伏电池最大功率点跟踪系统[J]. 电力电子技术, 2004, 38(3): 55-57.
- [6] 王兆安, 黄俊. 电力电子技术[M]. 4版. 北京: 机械工业出版社, 2002.