

太阳能电池升压电路的设计与仿真*

薛俭雷, 田春华, 万永刚

(齐齐哈尔医学院 医学技术学院, 黑龙江 齐齐哈尔 161006)

摘要: 根据太阳能电池在光照不足时无法对蓄电池正常充电的情况, 经过分析, 确定采用 Boost 电路的 DC-DC 变换电路来解决太阳能电池的不稳定问题。针对 DC-DC 变换电路的特点, 设计了电源输入电路、脉宽调制电路以及推挽电路, 应用 Multisim 软件对电路进行了仿真。各部分电路的仿真结果证明了该方案的可行性。

关键词: 太阳能; DC-DC; Boost 电路; 脉宽调制

中图分类号: TM914.4

文献标识码: A

文章编号: 1674-7720(2012)13-0022-03

Design and simulation of solar battery booster circuit

Xue Jianlei, Tian Chunhua, Wan Yonggang

(Department of Medical Technology, Qiqihar Medical University, Qiqihar 161006, China)

Abstract: According to solar cells can't charge up the battery normally on insufficient light, the paper analyzes it and determines to solve the instability problems of solar cells by DC-DC transform circuit of Boost circuits. Based on characteristics of DC-DC transform circuit, it designs the power input circuit, pulse width modulation circuit and the push-pull circuit, and then simulates the circuit by Multisim software. The scheme is confirmed to be feasible by each part of the circuit simulation results.

Key words: solar energy; DC-DC; Boost circuit; pulse-width modulation

随着太阳能发电技术的发展, 太阳能电池已在交通、通信、家庭灯具电源、卫星、航天器的电源系统等很多领域被广泛使用。它是一种很有前途的新型电源, 具有永久性、清洁性和灵活性等优点。但太阳能电池也存在不稳定性, 这将导致在昼夜、不同天气等条件下对负载正常供电产生影响, 同时, 在日照不足时蓄电池的储能也存在不能工作的问题。针对这个问题, 国内也有关于太阳能电池升压控制电路的相关设计, 但只给出了主体设计及充电电路, 未进行深入的分析与验证。本文根据 DC-DC 变换电路的特点, 设计了电源输入电路、脉宽调制电路以及推挽电路, 通过 Multisim 软件对各部分电路进行仿真, 验证了该方案的可行性。

1 设计方案

单节太阳能电池最低电压一般在 0.4 V~0.7 V 之间, 将 20 节太阳能电池串联起来, 当光照不足时, 该电源产生的电压约为 9 V, 为了将电压升高至 14 V, 直接对 12 V 的蓄电池充电, 本文设计了一款 DC-DC 升压电

路, 该电路主要由脉宽调制控制和推挽电路两部分组成, 主要设计框图如图 1 所示。

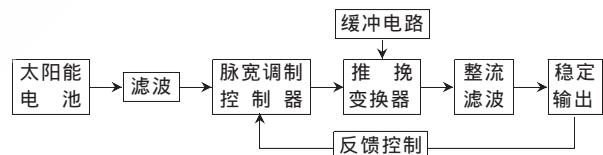


图 1 主体电路设计框图

由图 1 可见, 太阳能电池输出的直流电压经滤波除掉噪声干扰后, 由脉宽调制控制器实现脉宽调制。经推挽变换器和滤波电路后输出直流电压。输出电压与反馈控制电路进行比较, 如输出电压为 14 V, 可直接对蓄电池充电; 如小于 14 V, 则经升压电路升压至 14 V 后对蓄电池充电, 由此可保持电源持续工作。

2 电路的设计与仿真

2.1 电源输入滤波电路设计

电源输入滤波电路主要是抑制直流公共电源噪声耦合, 去除串入电源的外来干扰噪声, 并可抑制电路自身因电流或电压变化产生的噪声对邻近电路之间通过

* 基金项目: 齐齐哈尔市科学技术计划指导性项目(2011 年)

电源的耦合干扰。电路中 $C2$ 采用低阻电解电容, $C1$ 采用高频特性好的瓷片或聚苯乙烯电容^[1], 如图 2 所示。

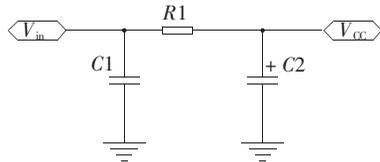


图 2 电源滤波电路原理图

2.2 脉宽调制电路设计

脉宽调制是指工作周期不变, 通过改变功率开关管的导通时间或者截止时间来改变占空比。这种控制方式的单片集成控制器简单、可靠且使用方便灵活^[2]。本电路选用高集成 SG3524 芯片实现脉宽调制控制功能, 脉宽调制电路如图 3 所示。

(1) 输出脉冲频率是工作频率, 由 6 脚到接地端的定时电阻 R_T 和 7 脚连到地的电容器 C_T 决定, 频率值为

$$f = \frac{1.18}{R_T C_T} = \frac{1.18}{5.1 \times 0.04} = 5.78 \quad (1)$$

其中, R_T 单位为 $k\Omega$, C_T 单位为 μF , f 的单位为 kHz 。

(2) 2 脚和 16 脚 (5 V 基准电压稳压输出) 均接有 $5.1 k\Omega$ 的电阻, 经两脚电阻分压后得 2 脚基准电压为 2.5 V。

(3) SG3524 的 11 脚和 14 脚输出方波脉冲, 幅值为 9.0 V, 频率约为 5.8 kHz, 相位相反。

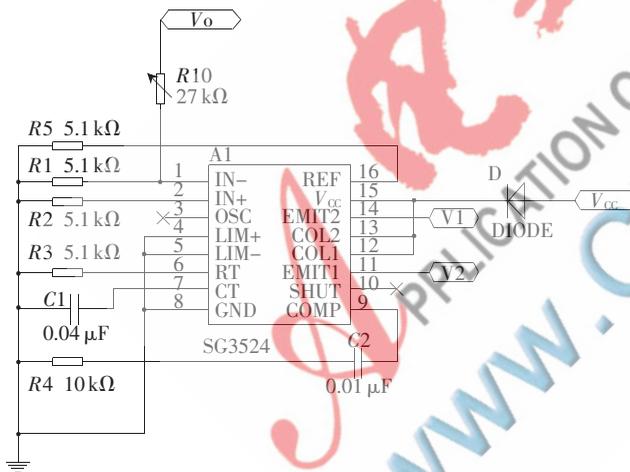


图 3 电路相应参数及其说明

2.3 推挽变换器的设计

推挽电路结构如图 4 所示, 它由逆变器 (DC-AC)、高频整流滤波电路 (AC-DC) 及控制驱动电路组成。两个高频开关三极管 TIP41A 和变压器组成推挽逆变电路, 将直流输入变换为高频方波脉冲, 其中, 开关三极管也有电流放大的作用, 二次侧输出的高频正负脉冲电压经二极管整流成 2 倍于开关管频率的正向脉冲^[3-4]。

对推挽电路进行仿真, 结果如图 5 所示。由图可知, 开关管在关断瞬间会产生很高的电压尖峰脉冲, 反向恢复过程中也会出现很高的反向恢复电压尖峰脉冲。这是

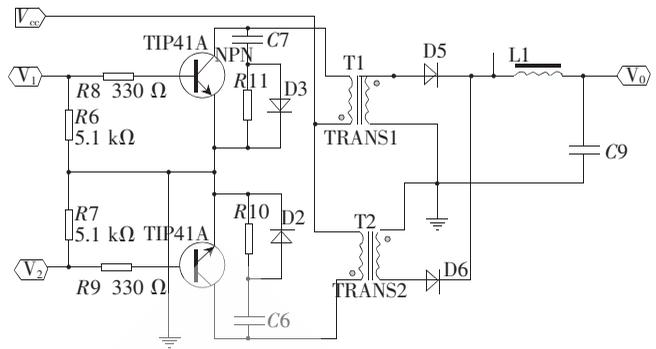


图 4 推挽电路结构图

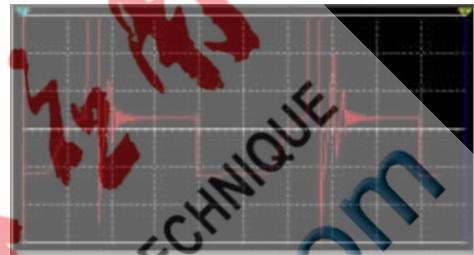


图 5 加入吸收电路前仿真结果

由开关电源电路中变压器的漏感、布线的引线电感和输出整流快速恢复二极管的存储效应引起的。因此, 必须在功率器件两端设置尖峰电压吸收电路^[5]。

经反复实验调试, 确定吸收电路的电容 $C=1 nF$, 电阻 $R=100 \Omega$, 再次对该电路进行仿真, 结果如图 6 所示。与图 5 进行对比发现, 加入缓冲电路前产生的脉冲尖峰消失, 说明设计的缓冲电路能很好地吸收脉冲尖峰, 抑制了噪声。

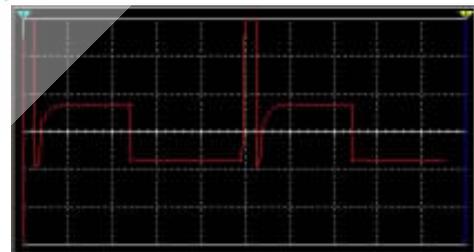


图 6 加入吸收电路后仿真结果

2.4 高频变压器设计

高频变压器设计条件如下: 输入电压为 $9 V \pm 5\%$ 、5 kHz; 输出额定电压为 14 V; 开关频率为 50 kHz; 整流管压降 V_F 为 0.5 V; 占空比为 0.4。

根据实际要求得:

$$P_T = (V_o + V_F) I_o = 38.5 W \quad (2)$$

根据 P_T 值, 选用 PQ20X20 磁芯比较合适, 变压器传输功率为 47 W。

通过理论计算和实际应用可取变压器一次绕组的匝数和二次绕组的匝数分别为 18 T 和 28 T, 变压器初级采用线径 0.6 mm 的漆包线, 次级采用 0.5 mm 漆包线。变压器仿真结果如图 7 所示。

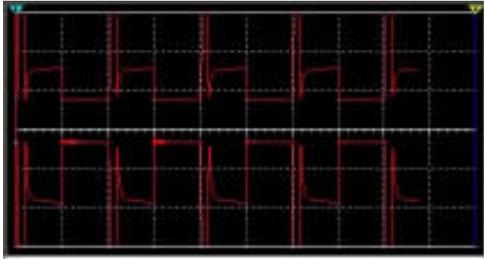


图7 变压器仿真波形

由仿真波形可以看出,由于缓冲电路电容和电阻的选值相对较大,尖峰电压吸收较好,在图7中几乎看不到尖峰电压,放大后,可以看到有微小的尖峰电压。可见,变压器符合设计要求。

2.5 LC滤波电路的设计

(1)设计的总体要求为:输入电压为9.0V;输出电压为14V;占空比 D 为0.8;允许纹波电流峰值 ΔI_L 为10mA。

(2)电容的设计要求:推挽变换器输出滤波电容器的计算公式为:

$$C_f = \frac{(1-D)V_o}{8L_f \Delta U_o (2f_s)^2} = \frac{(1-D)V_o}{32L_f \Delta U_o f_s^2} \quad (3)$$

已知 $\Delta I_L=10$ mA,选取工作电压 V_M 为36V,由式(3)可计算出电路中所需电容 $C=1200$ μ F。

(3)电感的设计要求:对于推挽、全桥变换器而言,电感计算公式可表示为:

$$L = \frac{D(1-D)(1+K)}{2f_s(1-K)I_o} \cdot \frac{N_s}{N_p} V_{in} \quad (4)$$

由式(4)及设计的总体要求,可以计算出所需电感 $L=0.6$ mH。通常大一点电感对减小输出纹波的效果更好,因此这里选取 $L=0.8$ mH。

滤波电路参数设定后,用Multisim软件进行仿真,结果如图8所示。由仿真波形可以看出,该电路能在极短时间内升压至设定电压值,而且经过LC滤波电路平滑高频,输出稳定直流电压,可见该升压电路对输入电压有很好的调节作用;对所设计的缓冲、滤波等电路的电子元件的选择是合理的;功率器件也符合该升压电路的设计要求。由此可以说明,本文的设计方法正确,结果符

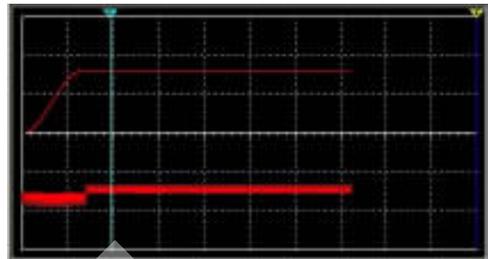


图8 LC滤波电路仿真结果

合设计要求。

本文以太阳能电池升压电路为研究对象,根据太阳能的不稳定性问题,确定了以Boost电路的DC-DC变换电路为解决方案。对滤波电路、脉宽调制电路、推挽变换器和整流滤波电路进行了分析和设计。用Multisim软件对电路进行了仿真,结果证明本文的设计在理论上是可行的。该设计性能可靠、结构相对简单、成本低、重量轻、体积小,具有较大的应用潜力。

参考文献

- [1] 张占松,蔡宣三.开关电源的原理与设计[M].北京:电子工业出版社,2004.
 - [2] 李桂丹,高晗瓒,张春喜.基于SG3525的DC/DC直流变换器的研究[J].通信电源技术,2008,25(5):28-30.
 - [3] 李雪莲,陈轶萌.一种低压DC-DC升压电路的设计和实现[J].软件导刊,2010,9(3):80-81.
 - [4] 吴建进,魏学业,袁磊.一种推挽式直流升压电路的设计[J].电气自动化,2011,33(2):54-56.
 - [5] 王川川,赵锦成,臧巨轮.基于单片机的DC-DC升压电路设计与仿真[J].军械工程学院学报,2009,21(5):55-59.
- (收稿日期:2012-03-06)

作者简介:

薛俭雷,男,1978年生,硕士,讲师,主要研究方向:开关电源技术及应用。

田春华,女,1980年生,硕士,讲师,主要研究方向:光通信。

万永刚,男,1975年生,硕士,副教授,主要研究方向:电力系统及其自动化。