

一种单相在线式不间断电源探究与设计*

李廷阳 张媛 邓志民 刘群 万盈 荣傲华 胡安正

(湖北文理学院物理与电子工程学院 湖北 襄阳 441053)

(收稿日期:2021-02-05)

摘要:不间断电源是一种能够提供优质电能并具有断电时自动续电功能的装置,广泛应用于医疗、科研和信息储存等诸多领域,意义重大.本研究方案分为两个回路,一边经充电电路给电池组充电,一边经整流电路后作为逆变器的输入,经逆变器转换为交流电后供用户使用.一旦市电发生异常情况,系统将自动切换至蓄电池供电,以保障设备的正常工作.

关键词:单相在线式 不间断电源 逆变器 探究与设计

单相在线式不间断电源最早出现于20世纪60年代末,迄今已有50多年的发展,不间断电源早期作为工业设备的电力保护装置,其质量直接关系到所保护设备的电力供电状况,成为保证安全和质量的重要基础.随着现代电子技术的发展,不间断电源的重要性越来越突出,其在应对突发断电事故和减少停电造成的不必要损失方面发挥了不可磨灭的作用^[1].

1 总体方案设计

系统总体拓扑结构如图1所示.

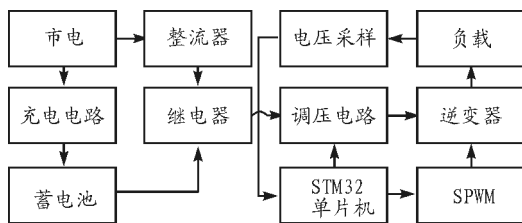


图1 系统方案框图

系统由全桥 Buck-Boost 调压电路、全桥逆变器、电压采样电路,以及单片机控制电路构成.其中由单片机进行正弦脉冲宽度调制(Sinusoidal Pulse Width Modulation, SPWM),产生 SPWM 波用以驱

动自带死区控制的桥式驱动芯片 IR2104,采样电路选用二极管进行全波整流,再通过 LM358 运放滤波后进行采样.全桥 Buck-Boost 电路将会把输入电压稳压在一个合适的值后,再输入给全桥逆变器.

2 系统中主要模块探究与设计

不间断电源预期指标为:系统能够稳定输出 30 V 左右,50 Hz 的交流电,其总谐波失真度(Total Harmonic Distortion, THD) 小于 1%,负载调整率和电压调整率小于 2%,电源效率在 90% 以上,具有断电保护、过压过流保护等功能.为实现上述指标要求,对以下模块进行分析论证.

2.1 稳压方案探究与选择

本系统可以实现手动调压和自动稳压.初始方案是通过单个逆变器控制 SPWM 波幅值来调节输出交流电的电压大小,但在实际过程中,发现当改变 SPWM 波的幅度来调制时,会引起输出逆变波形部分失真,THD 增大,且效率不高;改进为在逆变器之前增加了一个 Buck-Boost 调压电路,如图 2 所示.

配合双沿脉冲调制算法,实现升压、降压模式间平滑过渡,降低了输出电压纹波,对于输入给逆变器的直流电压能起到很好的控制效果.

* 2020 年湖北省大学生创新创业训练项目资助,项目编号: X202010519054

作者简介:李廷阳(2000-),男,在读本科生,研究方向为嵌入式应用开发.

通讯作者:胡安正(1965-),男,博士,教授,研究方向为电子和纳米科技.

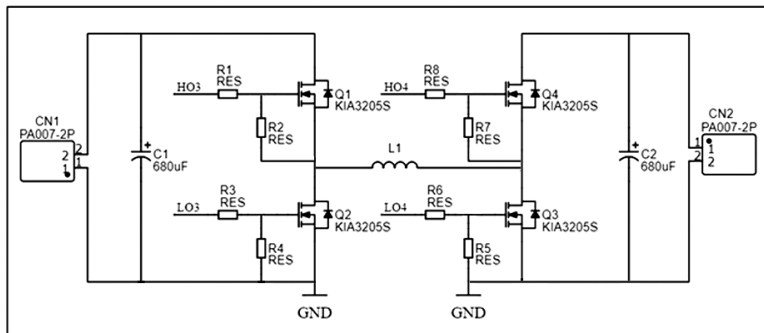


图 2 全桥 Buck-Boost 电路

2.2 逆变方案研究与选择

逆变电路的主要功能就是将直流电变成交流电供给负载. 依照逆变电路结构特点又可将逆变器分为半桥逆变电路和全桥逆变电路. 半桥逆变电路使

用开关器件少, 控制性能好, 但其只适用于小功率逆变器. 全桥逆变电路使用的开关器件多, 驱动较为复杂, 但其电压不高, 输出功率大, 适用于大功率的逆变器^[2]. 在本系统中, 采用全桥逆变电路, 如图 3 所示.

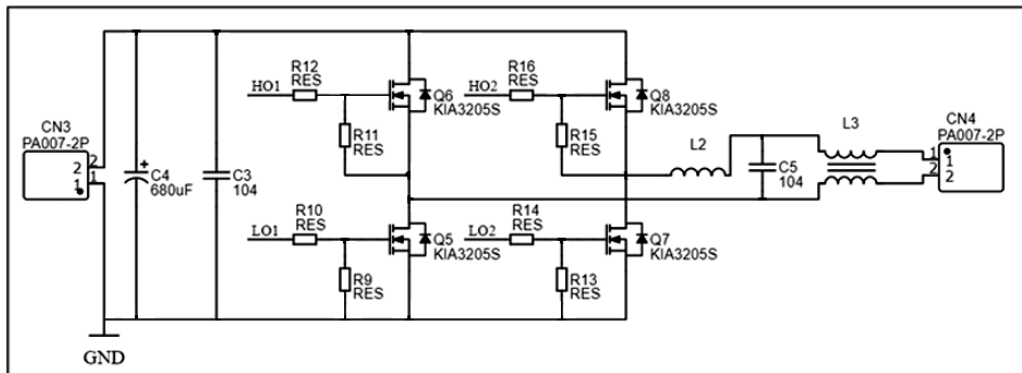


图 3 全桥逆变电路

由 STM32F103RCT6 单片机输出 SPWM 波, IR2104 芯片驱动 4 个 MOSFET 组成逆变桥. 滤波部分采用 LC 低通滤波电路和电磁干扰滤波器 (Electromagnetic Interference Filter). SPWM 波形中所含的谐波主要是载波角频率 ω 及其奇次谐波, LC 滤波能够抑制 SPWM 波中的谐波分量, 提高逆变电源谐波的纯度^[3].

2.3 滤波器研究与设计

逆变器输出会带有基波的奇数次谐波, 因此需要滤除这些谐波或者抑制这些谐波输出^[4]. 在断电情况下, 逆变器输出需要向整个系统供电, 因此, 要求电路输出电阻小, 所以不选用 RC 无源滤波器而选择用 LC 无源滤波器, 后者比前者电阻小, 滤波电路如图 4 所示.

在设计过程中, 由于逆变器需要输出频率为 50 Hz 的交流电, 因此, 选用 1.5 mH 的屏蔽电感和 2.2 μ F 的无极性电解电容构成 LC 无源滤波器, 通过

$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

公式计算得出 LC 滤波器截止频率为 2.77 kHz, 满足设计要求.

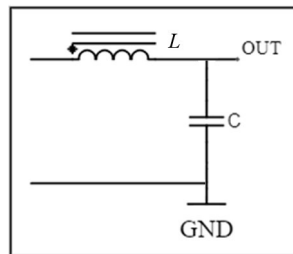


图 4 滤波电路

3 软件流程及 PID 算法

图 5 为软件流程图. 本系统由电压采样部分、过压保护、模式检测部分以及各个模式的执行部分组成. 单片机通过 ADC 采集反馈的电压, 判断当前有

无交流电压输入,输出电压采集后送入单片机进行PID处理运算,该系统采用增量式PI调节,PID将采集到的电压值与系统设定值相比较得到当前偏差,将该偏差送入PI控制系统后得到当前输出,该输出与以前的输出累计后得到系统总输出,这样进行多个周期调整后,就能将系统输出稳定为设定值,形成稳定的闭环系统.同时单片机可通过判断电压值来判断电压有无超过安全电压,以方便断电,从而达到保护电路的作用.

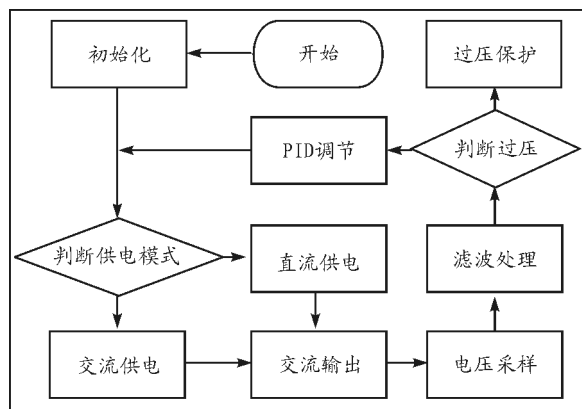


图5 软件流程图

4 总结

实物效果如图6所示,该电源以全桥Buck-Boost电路和全桥逆变器为核心,能够稳定输

出30V左右,50Hz的交流电,失真度THD $<1\%$,负载调整率和电压调整率都在1.5%以下,该电源效率能够保持在90%以上,在交流输入断开时,该电源能够及时切换至直流电源输入,保证输出电压不间断.在运行过程中,该系统还具有测量电压、过压过流保护功能.

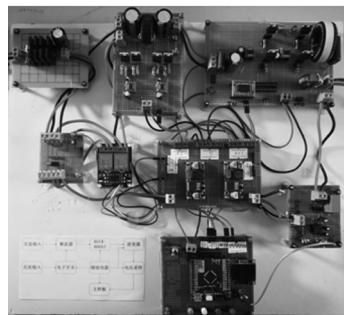


图6 实物效果图

参考文献

- 1 张秀,郑爽,史国庆. 24 V交流单相在线式不间断电源的设计[J]. 中国新技术新产品,2008(16):105~106
- 2 卢莉蓉,周晋阳,牛晓东. 三相SPWM逆变电源的设计与实现[J]. 山西电子技术,2018(1):25~27,30
- 3 黄庆旺,王新明,周玉芳,等. 单相正弦变频变压电源供电技术方案[J]. 智能城市,2016,2(10):224,226
- 4 胡卫冬,刘尧,林鸿洋,等. 一种三相无源逆变电源供电方案设计[J]. 电子制作,2019(12):7~9

(上接第22页)

- 3 朱华光,朱玮玮. RLC串联谐振电路的实验研究[J]. 现代电子技术,2010,33(21):199~202
- 4 田健仲,袁惠梅,张俊方,等. 并联谐振电路Q值计算方法

与仿真分析[J]. 实验技术与管理,2010,27(9):36~38,48

- 5 张民,周晓燕. Multisim仿真在电力电子教学中的应用[J]. 无线互联科技,2020,17(24):170~171

Analyzing the Characteristics of RLC Parallel Resonant Circuit Based on Multisim

Xue Zhaomin Liu Zhuqin

(College of Physics and Electronic Information, Yan'an University, Yan'an, Shannxi 716000)

Abstract: RCL parallel resonant circuit is studied based on Multisim simulation software. Amplitude-frequency characteristics, phase-frequency characteristics and voltage-current waveforms of the circuit are output by the software, it is concluded that resonant frequency, quality factor and the relationship between the voltage and current of each part are compared with the theory, so that students are further familiar with the principle and characteristics of the parallel resonant circuit. The method is simple and feasible, and is suitable for physics experiment teaching in colleges and universities.

Key words: RLC parallel resonant; resonant frequency; quality factor