

doi:10.3969/j.issn.1673-9833.2017.04.007

基于 OB2273 的单端反激式开关电源设计

韩召成, 文定都, 胡正国, 任于涵

(湖南工业大学 电气与信息工程学院, 湖南 株洲 412007)

摘要: 设计了一种基于 OB2273 的单端反激式开关电源。先介绍了开关电源的设计原理, 再分析部分模块的功能及工作原理。为了满足电源的电磁兼容性和输出电压的稳定性等要求, 利用 EMI 滤波器滤除干扰, 采用稳压源 TL431 和光耦实现了反馈。实验测试结果表明, 该开关电源具有输出直流电压稳定、转换效率高、纹波小、体积小等优点, 满足设计要求。

关键词: OB2273; 反激式; 开关电源

中图分类号: TN86

文献标志码: A

文章编号: 1673-9833(2017)04-0039-05

A Design of Single-Ended Flyback Switching Power Supply Based on OB2273

HAN Zhaocheng, WEN Dingdou, HU Zhengguo, REN Yuhan

(School of Electrical and Information Engineering, Hunan University of Technology, Zhuzhou Hunan 412007, China)

Abstract: This paper introduces a single ended flyback switching power supply based on OB2273, and analyzes the design principle, function and working process of some modules. In order to meet the requirements of electromagnetic compatibility and stable output of power supply, the design uses EMI filter to filter out the interference, and uses the voltage regulator TL431 and optocoupler to realize the feedback. The experimental results show that the switching power supply has some advantages, such as stable output DC voltage, high conversion efficiency, small ripple, small size, with the expected effect attained.

Keywords: OB2273; flyback; switching power supply

0 引言

随着电力电子技术的快速发展, 开关电源朝着集成化、小型化、高频化的方向发展, 并在日常生活中得到了广泛运用。开关电源和线性电源相比, 具有以下特点: 效率高, 体积小, 可靠性高, 稳压范围广, 性能好, 驱动能力强^[1-3]。开关电源的控制方式有电压控制方式和电流控制方式 2 种。电流型 PWM (pulse width modulation) 开关电源和电压型 PWM 开关电源相比, 具有输出稳定性好、电压和负载调整率高等特点^[4-8]。文献 [4] 提出了电流型 PWM

整流器直流侧滤波器, 通过选取适当的滤波器参数, 减少了电抗压降带来的损耗, 提高了系统效率。文献 [5] 提出了电流型整流器双闭环多变量反馈控制策略, 该策略优化了系统性能, 提高了系统的抗干扰性与稳定性。文献 [6] 提出了基于空间矢量的三相 CSR (current source rectifier) 低电压应力控制方法, 使三相 CSR 电流具有电流利用率高、开关损耗小、动态响应快等优点。

本文提出了基于 OB2273 的单端反激式开关电源, 设计了稳压源 TL431 和线性光耦组成的反馈电路, 以提高开关电源输出电压的稳定性、电压调整率

收稿日期: 2016-12-13

基金项目: 湖南省教育厅科研基金资助项目 (16C0476)

作者简介: 韩召成 (1990-), 男, 江苏徐州人, 湖南工业大学硕士生, 主要研究方向为现代电力电子技术与系统,

E-mail: 914027210@qq.com

和负载调整率。

1 电路系统

为了达到输出电压的稳定无波动，且转换效率高、损失小的效果，开关电源采用反激式拓扑结构。电路系统框图如图 1 所示。

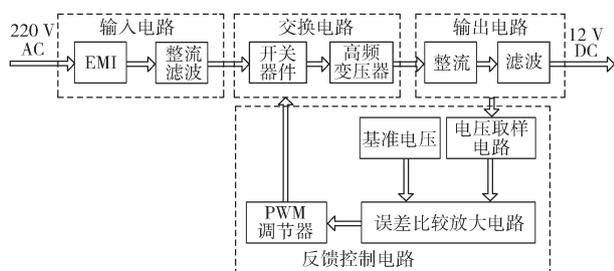


图 1 系统结构框图

Fig. 1 System structure diagram

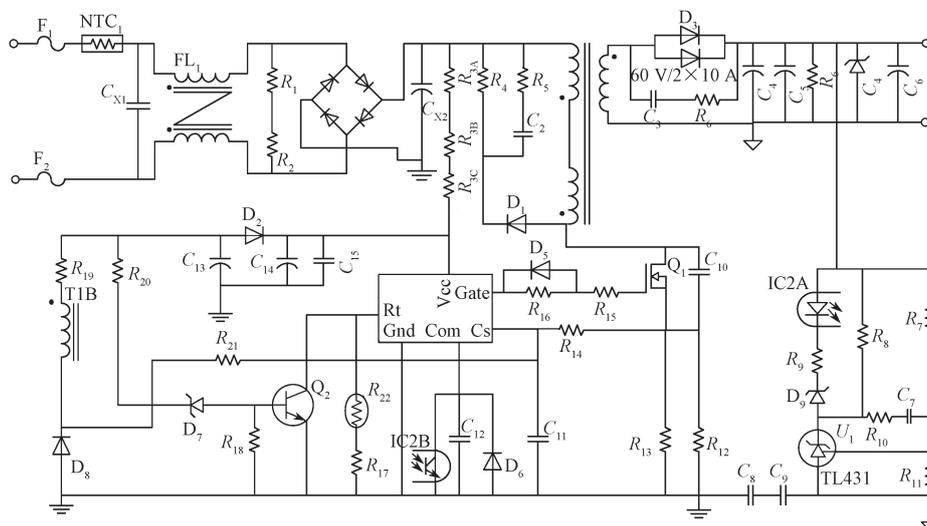


图 2 反激式开关电源电路原理图

Fig. 2 Schematic diagram of flyback switching power supply circuit

2.1 OB2273 芯片

在本设计中，电源芯片为昂宝电子公司生产的 OB2273 芯片。该芯片具有性能高、待机功耗小的特点，主要用于反激式变换器，如电池充电器、电源适配器等。

OB2273 的主要功能如下：1) 自身能够解决频率抖动；2) 具有内置软启动功能；3) 具有欠压保护、过压保护、过载保护、输出短路保护、过温保护等功能。

OB2273 的封装形式为 SOT23-6，其引脚如图 3 所示。引脚及功能说明如下。

1 脚 GND：芯片接地引脚。

2 脚 FB：系统反馈回授引脚。PWM 的占空比由 FB 和 CS 的电压共同决定，与此同时，FB 的电压还决定系统的工作模式（固定频率模式或间歇模式或降频模式）。

电路系统的工作原理如下：220 V 的交流电经过 EMI (electro magnetic interference) 滤波器滤除干扰，再经过整流滤波得到约 310 V 的直流电压，直流电在 PWM 集成芯片 OB2273 的控制下变为交流脉冲信号，经高频变压器进行变压，再经反激式变压器次级的二极管和电解电容进行整流、滤除谐波后，输出电压约为 12 V；当输出电压出现波动时，反馈控制电路通过控制驱动占空比来调节输出电压的大小，从而达到 12 V 直流电稳定输出。

2 电路原理

根据上述设计方案，反激式开关电源电路主要由输入电路、交换电路、反馈控制电路以及输出电路构成。电路原理如图 2 所示。

3 脚 RT：过温保护脚。RT 脚连接一个负温度系数电阻，当 RT 引脚电压接近 1.0 V 时，系统就会自动保护。

4 脚：电流检测脚。

5 脚：芯片电源引脚。

6 脚：驱动外部 MOSFET 栅极引脚。

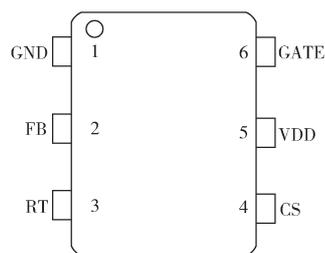


图 3 OB2273 的封装引脚形式

Fig. 3 OB2273 package pin-out

2.2 启动电路

启动电路原理如图 2 所示。本设计采用整流桥后启动方式。220 V 交流电先经过 EMI 滤波器滤除干扰, 再经整流滤波后得到约 310 V 的直流电压, 此电压经过电阻 R_{3A} 、 R_{3B} 、 R_{3C} 降压后再给电源芯片 OB2273 提供启动电压, OB2273 启动后 R_{3A} 、 R_{3B} 、 R_{3C} 的工作随即结束, 接下来由变压器的辅助绕组为 OB2273 供电。整流桥后启动方式的优点是电阻 R_{3A} 、 R_{3B} 、 R_{3C} 关掉输入后可给 C_{X2} 放电, 有效地避免因“堆板”造成的产线不良率。

2.3 反激式开关电路

反激式开关电路的工作原理如下: 当 Q_1 导通时, 电感上的能量随着一次侧的绕组电流增大而增大, 能量储存在变压器的一次侧, 二次侧绕组此时的感应电压为上负下正, 因此二次侧的整流二极管反向偏置截止, 能量不能传到二次侧; 当 Q_1 关断时, 原边绕组两端电压极性相反, 二次侧的整流二极管正向偏置导通, 变压器储存的能量向输出端释放。变压器在此开关中起到隔离和储存能量的作用。

反激式开关电路有电流连续和不连续的 2 种工作方式。

1) 当电流处于连续模式时,

$$U_{out} = \frac{N_2}{N_p} \cdot \frac{t_{on}}{t_{off}} \cdot U_{in} = \frac{\alpha}{1-\alpha} \cdot \frac{U_{in}}{n}, \quad (1)$$

式中: U_{in} 、 U_{out} 分别为输入、输出电压;

N_2 、 N_p 分别为副边和原边绕组匝数;

t_{on} 、 t_{off} 分别为 Q_1 导通和关断时间;

α 为占空比;

n 为 N_p 与 N_2 的比值。

由式 (1) 可以看出, 在电流连续的状态下输出电压 U_{out} 和开关管的导通时间 t_{on} 与截止时间 t_{off} 比值、变压器的原边 N_p 与副边 N_2 绕组匝数比值、输入电压 U_{in} 有关。

2) 当电流处于不连续工作模式时,

$$U_{out} = U_{in} t_{on} \sqrt{\frac{R_L}{2TL_p}}, \quad (2)$$

式中: T 为开关周期;

R_L 为副边负载;

L_p 为原边电感值。

由式 (2) 可得, 输出电压 U_{out} 和 R_L 的平方根成正比。输出电压在负载开路的情况下会出现漂移, 因此本文引入反馈补偿环节以避免上述问题的出现。

2.4 RCD 钳位电路

开关管关断时, 由于反激式变压器存在漏感, 漏感储能会产生较大的尖峰电压^[9-12]。此电压加在开关

管的漏源极两端, 可能会导致开关管被击穿, 因此在设计中添加了 RCD 钳位电路以吸收漏感能量, 达到抑制尖峰电压的作用。RCD 钳位电路的工作原理如下: 当 Q_1 关断时, 漏感释放能量, 二极管 D_1 导通, 电容 C_2 电压快速增大, 二极管 D_1 截止, 电容 C_2 通过电阻 R_4 、 R_5 进行放电。

2.5 反馈电路

反馈电路主要由精密稳压源 TL431 和线性光耦组成^[13], 利用 TL431 提供的参考电压与采样电压相比较, 再通过线性光耦对输出电压进行灵活精准地调整。反馈电路的控制原理如下: 电阻 R_7 、 R_{11} 对输出电压进行分压取样, 采样电压与 TL431 提供的 2.5 V 参考电压进行比较, 当输出电压为 12 V 时, 则采样电压与 TL431 提供的参考电压相等, TL431 的 K 极电位不发生变化, 线性光耦电流也不发生变化, 则 OB2273 的 2 脚电压电位不变, 输出的驱动占空比不变, 从而输出电压稳定输出; 若输出电压大于 12 V, 则经过 R_7 和 R_{11} 获得的采样电压大于 2.5 V, 该误差经过线性光耦反馈到 OB2273 的 2 脚, 6 脚输出的驱动脉冲占空比减小, 开关管导通时间缩短, 输出电压降低, 以达到稳压的目的。

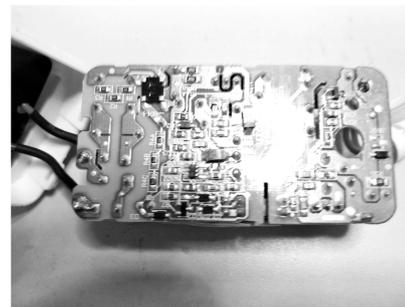
3 实验结果与分析

3.1 开关电源样机

根据原理图 2, 本文制作一块样机。图 4 为样机的正反面图。



a) PCB 版正面



b) PCB 板反面

图 4 样机 PCB 板实物图

Fig. 4 Physical map of the PCB board of the prototype

3.2 样机测试结果

为了检测样机性能即在负载发生变化和输入电压大范围内波动的情况下电压是否能够稳定输出、输出的波形是否平稳,本文对样机进行了输出特性测试和输入特性测试^[14-16]。

1) 输出特性测试。电压固定在 220 V, 输出电流从 0.75 A 逐步增加到 1.75 A。输出特性测试结果见表 1。由表 1 可知, 额定输出电流为 1.25 A 时, 输入功率为 $P_{in}=U_{in}I_{in}=17.85$ W, 输出功率为 $P_{out}=U_{out}I_{out}=14.940$ W, $\eta=P_{out}/P_{in}=83.69\%$ 。普通开关电源的功率为 12~24 W, 效率为 80%, 本样机效率为 83.69%, 达到了预期的效果。

表 1 输出特性测试结果

Table 1 Test results of the output performance

U_{in}/V	I_{in}/A	P_{in}/W	U_{out}/V	I_{out}/A	P_{out}/W	$\eta/\%$
220	0.019	10.75	11.972	0.75	8.979	83.53
220	0.114	14.30	11.963	1.00	11.963	83.66
220	0.146	17.85	11.952	1.25	14.940	83.69
220	0.167	20.90	11.945	1.50	17.918	85.73
220	0.198	24.82	11.932	1.75	20.881	84.13

2) 输入特性测试。用负载机固定输出电流即电流为 1.25 A, 输入电压从 100 V 逐步增加到 240 V, 所测得的电压如表 2 所示。由表 2 可知, 输出电压稳定在近 12 V。

表 2 输入特性测试结果

Table 2 Test results of input characteristics V

U_{in}	100	140	180	200	220	240
U_{out}	11.947	11.952	11.952	11.950	11.950	11.947

3) 样机的输入电压为 220 V 交流电, 输出为 12 V 直流电。通电后, 用 Tek 示波器测输出电压波形, 如图 5 所示。图中, 每格电压为 5 V。由图可知, 系统输出电压稳定在 12 V, 波动很小, 达到了预期要求。

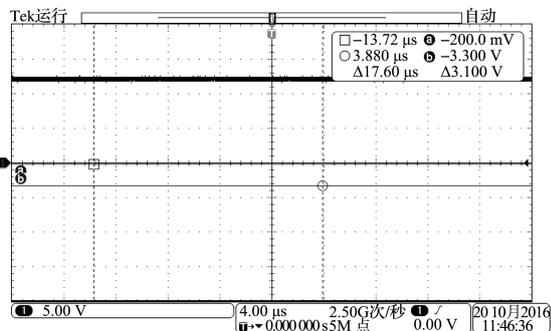


图 5 输出电压波形

Fig. 5 Output voltage waveform

4 结论

本文设计了基于 OB2273 的单端反激式开关电

源, 先详细介绍了该开关电源的构成和原理, 并制作了样机, 测试了在负载发生变化和输入电压大范围内波动情况下的样机性能。本开关电源通过引入反馈环节解决了电压随负载漂移的问题, 实现了电压的稳定输出。测试结果表明, 基于 OB2273 的开关电源具有成本低、外围器件少、体积小、效率高等优点, 有较强的推广价值。

参考文献:

- 钱照明, 张军明, 盛况. 电力电子器件及其应用的现状和发展[J]. 中国电机工程学报, 2014, 34(29): 5149-5161.
QIAN Zhaoming, ZHANG Junming, SHENG Kuang. Status and Development of Power Semiconductor Devices and Its Applications[J]. Proceedings of the CSEE, 2014, 34(29): 5149-5161.
- 朱叶, 廖无限, 胡正国, 等. 基于 UC3843 的半波整流电路辅助电源设计[J]. 湖南工业大学学报, 2016, 30(3): 54-57.
ZHU Ye, LIAO Wuxian, HU Zhengguo, et al. On the Auxiliary Power Supply of the Half-Wave Rectifier Circuit Based on UC3843[J]. Journal of Hunan University of Technology, 2016, 30(3): 54-57.
- 刘冠廷, 谭兮. 基于 HV9120 的恒压源设计[J]. 湖南工业大学学报, 2015, 29(4): 67-71.
LIU Guanting, TAN Xi. Design of Constant Voltage Source Based on HV9120[J]. Journal of Hunan University of Technology, 2015, 29(4): 67-71.
- 康伟, 张丽霞, 刘春艳. 电流型 PWM 整流器输出滤波器设计方法[J]. 电工技术学报, 2012, 27(6): 83-89.
KANG Wei, ZHANG Lixia, LIU Chunyan. Output Filter Design Method in Current-Source PWM Converters[J]. Transactions of China Electrotechnical Society, 2012, 27(6): 83-89.
- 白晶, 刘健, 卢士祺. 电流型整流器双闭环多变量反馈控制策略的研究[J]. 电气传动, 2015, 45(5): 65-69.
BAI Jing, LIU Jian, LU Shiqi. Study of Dual-Loop Multivariable Feedback Control Strategy for Current Source Rectifiers[J]. Electric Drive, 2015, 45(5): 65-69.
- 张兴, 季建强, 余勇, 等. 电流型 PWM 整流器低电压应力空间矢量 PWM (SVPWM) 研究[J]. 中国电机工程学报, 2004, 24(2): 144-149.
ZHANG Xing, JI Jianqiang, YU Yong, et al. Study of Low Voltage Stress Space Vector PWM Control for Current Source PWM Rectifier[J]. Proceedings of the CSEE, 2004, 24(2): 144-149.

- [7] 彭咏龙, 张 晶, 王 宇, 等. 三相电流型 PWM 整流器的 SVPWM 调制方法研究 [J]. 华北电力大学学报 (自然科学版), 2009, 36(2): 28-32.
PENG Yonglong, ZHANG Jing, WANG Yu, et al. Research on Space Vector Modulation Methods for Three Phase Current Source Rectifier[J]. Journal of North China Electric Power University(Natural Science Edition), 2009, 36(2): 28-32.
- [8] 马伏军, 罗 安, 周明诠, 等. 基于电流型 PWM 整流的电解电镀高频开关电源 [J]. 电源技术, 2014, 38(3): 498-501.
MA Fujun, LUO An, ZHOU Mingquan, et al. High-Frequency Switching Power Supply Based on Current-Source PWM Rectifier for Electrolytic Plating[J]. Chinese Journal of Power Sources, 2014, 38(3): 498-501.
- [9] 刘树林, 曹晓生, 马一博. RCD 钳位反激变换器的回馈能耗分析及设计考虑 [J]. 中国电机工程学报, 2010, 30(33): 9-15.
LIU Shulin, CAO Xiaosheng, MA Yibo. Design and Analysis of Feedback Energy Loss of RCD Clamping Flyback Converters[J]. Proceedings of the CSEE, 2010, 30(33): 9-15.
- [10] 刘国伟, 董纪清. 反激变换器中 RCD 箝位电路的研究 [J]. 电工电气, 2011(1): 20-23, 33.
LIU Guowei, DONG Jiqing. Study of RCD Clamp Circuit in Flyback Converter[J]. Electrotechnics Electric, 2011(1): 20-23, 33.
- [11] 樊永隆. 反激式变换器中 RCD 箝位电路的设计 [J]. 电源技术应用, 2006, 9(12): 47-49.
FAN Yonglong. Design of RCD Clamped Circuit in Flyback Converter[J]. Power Supply Technologies and Applications, 2006, 9(12): 47-49.
- [12] 赵海伟, 秦海鸿, 朱梓悦. 反激变换器中 RCD 箝位电路的分析与设计 [J]. 电源学报, 2015, 13(3): 41-49.
ZHAO Haiwei, QIN Haihong, ZHU Ziyue. Design and Analysis of RCD Clamp Circuit in Flyback Converters[J]. Journal of Power Supply, 2015, 13(3): 41-49.
- [13] 董海鹰, 李晓青, 李 坦. 单端反激式开关电源反馈回路的补偿控制 [J]. 电源技术, 2013, 37(4): 624-627.
DONG Haiying, LI Xiaoqing, LI Tan. Compensating Circuit Design of Feedback Loop of Single Flyback Switch Mode Power Supply[J]. Chinese Journal of Power Sources, 2013, 37(4): 624-627.
- [14] 马红梅, 武 艳, 周东东. 一种小功率开关稳压电源设计 [J]. 南阳理工学院学报, 2011, 3(2): 30-33.
MA Hongmei, WU Yan, ZHOU Dongdong. Design of Small Power Switching Power Power Supply[J]. Journal of Nanyang Institute of Technology, 2011, 3(2): 30-33.
- [15] 刘 杰, 刘 培, 王 琦, 等. 开关稳压电源系统设计 [J]. 通信电源技术, 2011, 28(3): 35-38.
LIU Jie, LIU Pei, WANG Qi, et al. A Design of Switching Mode Power Supply System[J]. Telecom Power Technology, 2011, 28(3): 35-38.
- [16] 姚欣瑞, 肖强晖, 廖无限. 由恒流二极管串联分压组成的直流辅助电源 [J]. 湖南工业大学学报, 2015, 29(4): 72-75.
YAO Xinrui, XIAO Qianghui, LIAO Wuxian. DC Auxiliary Power Supply Composed of a Series of Constant Current Diodes[J]. Journal of Hunan University of Technology, 2015, 29(4): 72-75.

(责任编辑: 邓 彬)