

基于 Saber 的一种 BUCK 型恒流源的研究

杨 杰, 肖强晖, 廖无限

(湖南工业大学 电气与信息工程学院, 湖南 株洲 412008)

摘要: 简述了 Saber 仿真软件的特点, 分析了 BUCK 型恒流源的工作原理, 采用 Saber 仿真软件对电路进行了辅助设计, 将仿真与实验结果进行了比较, 最后对其输出特性进行了测试分析。测试结果表明, 在负载变化的范围内, 电流基本恒定不变, 从而得到一种可靠、实用的电源。

关键词: 输出特性; 恒流源; BUCK; Saber

中图分类号: TN86

文献标志码: A

文章编号: 1673-9833(2009)06-0046-03

Research on the BUCK-Type Constant-Current Power Based on Saber

Yang Jie, Xiao Qianghui, Liao Wuxian

(College of Electrical and Information Engineering, Hunan University of Technology, Zhuzhou Hunan 412008, China)

Abstract: Firstly, the characteristics of Saber simulation software is described, and the operating principle of constant-current power source is analyzed. Secondly, the circuit is designed based on Saber, and the simulation and experiment results are compared. Finally, the output characteristics is testified through experiment. The results show that the current keeps constant when the load changes. A reliable and practical power is obtained.

Keywords: output characteristics; constant-current power; BUCK; Saber

随着电力电子技术和电力电子器件的不断发展, 高频开关恒流电源已广泛用于基础直流电源、交流电源、各种工业电源等^[1]。本文运用 PWM 控制芯片 TL494, 有效地实现了输出电流恒定的控制。另外, 为保证电源的可靠性, 驱动信号经集成芯片 IR2110 实现 PWM 信号隔离驱动。由于恒流源具有输入调整率、输出调整率、负载调整率适应范围较广等突出优点, 故其在功率电源领域中有着重要的实用价值。目前, 电力电子装置的辅助设计采用计算机仿真已成为一种趋势, 常用电力电子仿真软件有 Matlab、Spice、Psim 和 Saber 等, 其中美国 Synopsys 公司开发的 Saber 软件是当前功能较强大的电力电子仿真软件之一^[2]。

1 Saber 软件简介

Saber 软件主要用于外围电路的仿真模拟, 包括

SaberSketch 和 SaberDesigner 2 部分。SaberSketch 用于绘制电路图, 而 SaberDesigner 用于对电路仿真, 仿真结果可在 SaberScope 和 DesignProbe 中查看。Saber 的特点归纳有以下几条:

1) 集成度高: 从调用画图程序到仿真模拟, 可以在一个环境中完成, 不用四处切换工作环境;

2) 完整的图形查看功能: Saber 提供了 SaberScope 和 DesignProbe 来查看仿真结果, 而 SaberScope 功能更加强大;

3) 各种完整的高级仿真: 可进行偏置点分析、DC 分析、AC 分析、瞬态分析、温度分析、参数分析、傅立叶分析、蒙特卡诺分析、噪声分析、应力分析、失真分析等;

4) 模块化和层次化: 可将一部分电路块创建一个符号表示, 用于层次设计。

收稿日期: 2009-11-02

作者简介: 杨 杰 (1984-), 女, 河北沧州人, 湖南工业大学硕士研究生, 主要从事现代电力电子技术及系统方面的研究,

E-mail: yjie_2008@126.com

2 恒流源的设计实例

2.1 设计要求

输入: AC 165 ~ 265 V;

输出: DC 65 ~ 125 V;

输出电流: $(0.35 \pm 5\%)$ A。

2.2 工作原理

具体实现电路如图1所示。

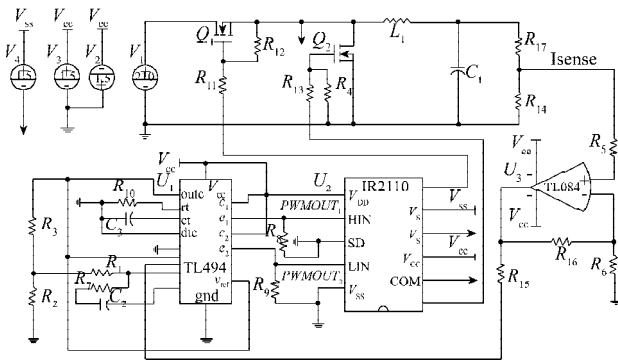


图1 电路原理图

Fig. 1 The schematic diagram of the power supply

图1所示电路以电流型PWM控制芯片TL494为核心, TL494具有双路输出的功能, 其2路发射极输出的PWM信号是互补的, 将输出的PWM信号经双通道的隔离驱动芯片IR2110用于驱动MOSFET^[4-5]。其高端输入通道用于驱动功率开关管 T_1 , 低端输入通道用于驱动作为续流二极管的 T_2 , 当开关管 T_1 导通时, T_2 截止, 当开关管 T_1 截止时, T_2 导通, 续流来完成BUCK电路的工作。TL494内部有2路误差放大器, 其中误差放大器1用来检测电流实现恒流输出, 误差放大器2用来过流保护。通过检测电阻 R_2 上的电流, 得到电流取样值, 经运放TL084放大, 送到TL494的误差放大器1的同相输入端, 与基准电压进行比较, 经PI调节来改变PWM信号的占空比, PWM信号经隔离驱动电路IR2110加到MOSFET管上, 来驱动功率开关管 T_1 , 经续流二极管 T_2 , 并通过储能电感 L_1 、滤波电容 C_1 、 C_2 来实现恒流输出; 当输入电压变化时, 检测的电压信号反馈到TL494后, 经PI调节, 随即输出占空比变化的PWM信号, 驱动功率开关管 T_1 , 并通过储能电感 L_1 、续流二极管 T_2 , 滤波电容 C_1 来实现恒流输出。TL494的误差放大器2作为直流输入电压的欠电压保护, 即作为比较器使用。反相端15脚的输入是从14脚引入的2.5V基准电平, 以作为欠压的给定信号, 16脚是控制电源欠电压信号2通过参考电压取样, 并反馈到TL494的内部误差放大器2的15脚, 与16脚的电压基准信号比较, 控制TL494的PWM输出, 实现系统的过流保护功能, 从而保护整个电源。

3 仿真结果与实验结果

3.1 Saber 仿真结果

由于Sabersketch提供了电力电子和控制系统模块以及信号转换接口模块, 可以直接用于建立仿真模型, 其仿真结果如图2、3所示。图2为PWM调制芯片TL494产生的2路控制信号 $PWMOUT_1$ 和 $PWMOUT_2$, 2路开关频率都为50kHz左右, 两者处于交替工作方式。图3是输入交流电压220V不变, 输出在可调范围内时的电流波形, 其中 $Currentout_1$ 、 $Currentout_2$ 、 $Currentout_3$ 分别是输出电压为65V、95V、125V时的电流波形。从图3中可以看出, 输出电流最终恒流并拟合在一起, 达到了恒流的目的。

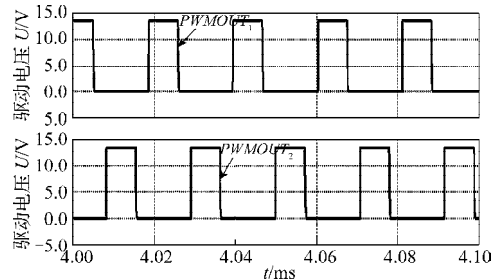


图2 TL494产生的2路PWM驱动波形

Fig. 2 2-way PWM waveform produced by TL494

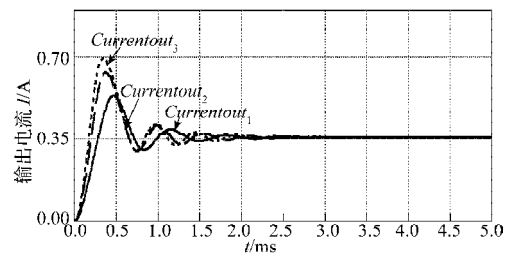


图3 仿真的负载电流输出波形

Fig. 3 The load current output waveform of simulation

3.2 实验结果

根据上述BUCK开关恒流源的工作原理、设计要求, 设计了该电路。采用泰克示波器TDS2014及其提供的图像捕捉软件进行了测量, 实测结果如图4、5所示。其中图4为PWM调制芯片TL494产生的2路控制信号, 图5为实测的输出端检测电阻上的电流波形。

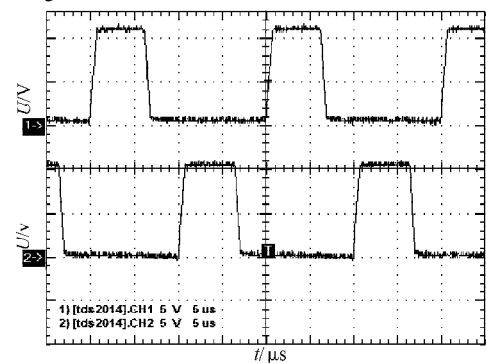


图4 实测的TL494产生的2路PWM驱动波形

Fig. 4 2-way PWM waveform produced by TL494 in experiment

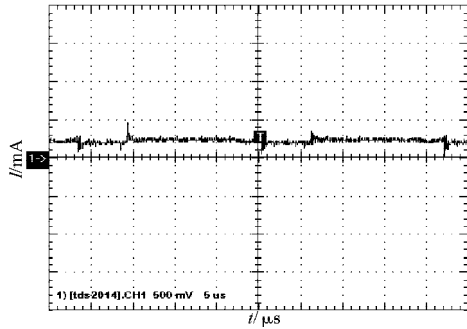


图5 实测的 Isense 波形

Fig. 5 The Isense waveform in experiment

4 直流输出负载调整特性的测试结果

4.1 测试条件

1) 交流输入电压固定在 220 V (即额定交流输入电压), 输出电流则由恒流源内部自身决定, 该电源恒定在 350 mA 左右;

2) 直流输出电压调整范围 (通过调整负载电阻来实现): 65 ~ 125 V, 调整步长为 5 V;

3) 电压采用胜利 4 位半万用表测量;

4) 输出电流平均值采用安捷伦公司的 34401A6 位半万用表电流档测量, 精度为 0.01 mA。

4.2 测试结果

将输入电压固定在交流 220 V 左右, 改变输出电压的大小 (即输出电压范围 65 ~ 125 V), 测试其输出电流的大小、输出平均电压的大小及输出电压的峰—峰值, 其测试结果如表 1 所示。

表 1 负载调整特性测试表

Table 1 Test table of load regulation characteristics

序号	输出电压 /V	输出电流 /mA	输出平均电压 /V	输出电压峰—峰值 /V
1	65	349.80	65.7	5.2
2	70	349.81	70.2	5.6
3	75	349.81	75.1	5.6
4	80	349.82	80.4	5.6
5	85	349.83	85.2	4.8
6	90	349.78	90.6	5.6
7	95	349.79	94.9	5.8
8	100	349.75	101.0	6.0
9	105	349.76	106.0	6.0
10	110	349.79	110.0	6.0
11	115	349.74	116.0	6.0
12	120	349.77	121.0	6.0
13	125	349.74	126.0	6.0

4.3 测试分析

从输出负载调整特性的测试结果来看, 恒流源的直流输出负载调整特性较好, 直流输出电压从 65 V 到

125 V 变化时, 输出电流的平均值始终恒定在 350 mA 左右, 输出电流在 349.74 ~ 349.83 mA 之间, 只有微小的波动。输出负载调整特性系数为 $0.11 \text{ mA}/700 \text{ mA}=0.016\%$ 。

5 结语

本文应用 Saber 仿真进行辅助设计, 在仿真过程中能够及时发现设计的缺陷, 调整重要的参数, 缩短了开发周期, 降低了研究成本, 提高了设计的工作效率, 使其满足恒流源设计要求。为验证恒流的输出负载调整特性, 进行了直流输出负载调整特性的实际测试。测试结果表明, 恒流源的直流输出负载调整特性比较好。

参考文献:

- [1] 刘胜利, 李龙文. 高频开关电源新技术应用[M]. 北京: 中国电力出版社, 2008: 15-17.
Liu Shengli, Li Longwen. The New Technology Application of the High-Frequency Switching Power Supply[M]. Beijing: China Electric Press, 2008: 15-17.
- [2] 乔瑛瑛, 杨嘉祥. 基于 Saber 的 Boost 电路仿真与分析[J]. 大众科技, 2009, 113(1): 68-69.
Qiao Yingying, Yang Jiexiang. Simulation and Design of Boost Based on Saber[J]. Popular Science & Technology, 2009, 113(1): 68-69.
- [3] 陈建业. 电力电子电路的计算机仿真[M]. 北京: 清华大学出版社, 2003: 30-33.
Chen Jianye. Computer Simulation of Power Electronic Circuits[M]. Beijing: Tsinghua University press, 2003: 30-33.
- [4] 于惠钧, 张学毅, 刘晓艳. 0~30 V 通用电源的设计[J]. 湖南工业大学学报, 2008, 22(3): 92-94.
Yu Huijun, Zhang Xueyi, Liu Xiaoyan. Design for All-Purpose Power Supply of 0~30 V[J]. Journal of Hunan University of Technology, 2008, 22(3): 92-94.
- [5] 王玲玲, 王毅. 基于 TL494 和 IR2110 的断路器操作电源的设计[J]. 通信电源技术, 2008, 25(1): 49-50.
Wang Lingling, Wang Yi. The Design of Circuit Breaker Control Power Supply Based on TL494 and IR2110[J]. Telecom Power Technologies, 2008, 25(1): 49-50.
- [6] 李定宣. 开关稳定电源设计与应用[M]. 北京: 人民邮电出版社, 2006: 2-3.
Li Dingxuan. Design and Application of Switching Power Supply[M]. Beijing: Posts & Telecom Press, 2006: 2-3.

(责任编辑: 罗立宇)