

doi:10.3969/j.issn.1673-9833.2015.04.015

由恒流二极管串联分压组成的直流辅助电源

姚欣瑞, 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 412007)

摘要: 设计了一种由恒流模块和稳压模块串联组成的直流辅助电源。介绍了直流辅助电源电路的工作原理, 并设计了由恒流模块和稳压模块串联组成的直流辅助电源样机, 测试了样机在电网电压波动及负载变化时的输出电压情况。测试结果表明: 接入 220 V 交流电源时, 样机可以稳定输出 12 V 电压, 其性能满足设计要求。

关键词: 恒流模块; 稳压模块; 直流辅助电源

中图分类号: TN86

文献标志码: A

文章编号: 1673-9833(2015)04-0072-04

DC Auxiliary Power Supply Composed of a Series of Constant Current Diode

Yao Xinrui, Xiao Qianghui, Liao Wuxian

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

Abstract: Designed a prototype of DC auxiliary power supply composed of the constant current module and voltage regulator module. Introduced the working principle of DC auxiliary power supply circuit, designed a prototype of DC auxiliary power supply, and tested the change of output voltage in the voltage fluctuation of the grid and the load variation. The result indicates that the prototype creates a stable output voltage of 12 V with 220 V AC power accessed, and the performance meets the design requirement.

Keywords: constant-current module; voltage regulator module; DC auxiliary power supply

0 引言

开关电源主要由功率主回路、辅助电源和控制回路组成。其中, 功率主回路主要是给用户负载供电, 辅助电源主要是给功率主回路的控制电路和驱动电路供电^[1]。根据辅助电源与功率主回路的关系, 辅助电源可以划分为 2 类: 独立型辅助电源和非独立型辅助电源。独立型辅助电源独立于功率主回路, 主要用于大功率或中功率电源系统; 非独立型辅助电源寄生于功率主回路中, 故又被称为寄生辅助电源^[2], 主要用于中小功率电源系统。辅助电源的设计不但影响到整个电源的体积、效率、可靠性和成本, 而且

还影响到整个开关电源的设计策略^[3]。

目前, 直流辅助电源多用于低电压之间的转换, 且技术比较成熟。由于其受器件特性、电路结构的耐压性能的限制, 若直接应用于高压电路中, 会存在电路结构复杂、制作成本高和通用性差的缺陷。鉴于此, 本文提出了一种由恒流模块和稳压模块串联组成的直流辅助电源。本文设计的直流辅助电源不但克服了现有直流辅助电源高压适应性不足的缺陷, 而且实现了高低压电源的转换。在电网电压波动或负载变化时, 其能稳定输出 12 V 电压, 且开关电源体积减小, 实现了小型化。

收稿日期: 2015-05-20

作者简介: 姚欣瑞(1988-), 男, 山西河津人, 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: 497137511@qq.com

1 直流辅助电源介绍

直流辅助电源的电路结构如图1所示。此电路由3部分组成：整流模块、恒流模块和稳压模块。整流模块主要由整流桥及滤波电容构成；恒流模块主要由4个恒流二极管2H1002A串联构成，为了保证每个恒流二极管两端分压相等，在每个恒流二极管两端都并联了一个均压电阻；稳压模块主要由TL431芯片和电阻构成，由于TL431能承受的电压在37V左右，因此，为避免芯片承受电压过高而导致其损坏，在TL431芯片前面串联分压电阻串来分压^[3]。此外，若需要提高直流辅助电源的带载能力，可以通过多个恒流模块并联扩流的方式来实现。

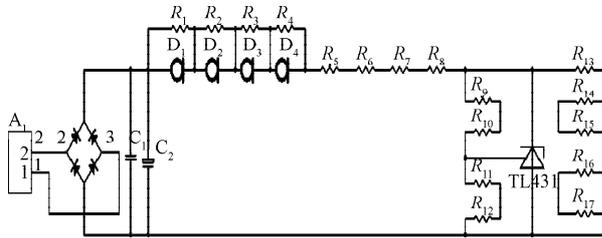


图1 主电路原理图

Fig. 1 The main circuit principle diagram

1.1 整流模块

整流模块的工作原理是：辅助电源接入交流电源后，整流桥会将交流电变为脉动的直流电，再通过滤波电容滤去其中的交流分量，使脉动的直流电变为平滑的直流电^[4]。放电回路的时间常数越大，滤波效果越好，整流后输出的直流电波形越平滑^[5]。选取合适的电容值，一般取时间常数 $\tau=R_{eq}C$ ，其中 R_{eq} 为电路的等效电阻， C 为滤波电容，根据经验值一般取 τ 等于 $(2\sim3)T/2$ 。整流滤波后，输出电压的平均值为 $U_{av} \approx 1.4U_i$ (U_i 为输入电压)，实测整流滤波后的电压大小为306V。

1.2 恒流模块

恒流模块主要由4个恒流二极管2H1002A (current regulator diodes, CRD) 串联构成，其电路符号如图2所示。恒流二极管是一种能为LED或其他器件在电源电压变化时提供稳定电流的器件，相当于一个恒流源或最大峰值电流的限制电路，即使出现电源电压供电不稳定或是负载电阻变化很大的情况，都能确保供电电流稳定。该器件具有外围电路

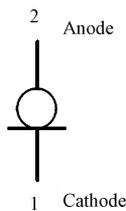


图2 2H1002A 电路符号图

Fig. 2 2H1002A circuit symbol

简单、使用方便等优点，尤其适用于LED照明^[6]。

恒流二极管2H1002A的输出特性和温度特性曲线如图3~4所示，图中， T_a 为环境温度。从图3可以看出，恒流二极管两端所加电压在10~100V时，可以恒定输出22mA左右电流。从图4可以看出，恒流二极管的温漂小，热稳定性较好，是非常理想的恒流元件。

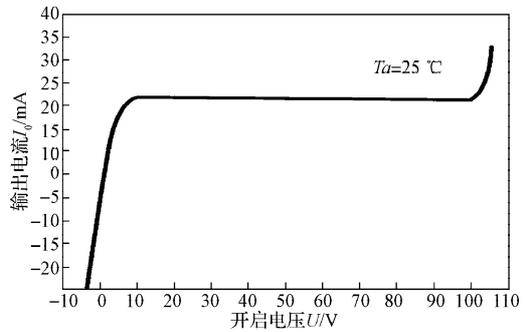


图3 典型 U-I 特性图

Fig. 3 Representative U-I performance diagram

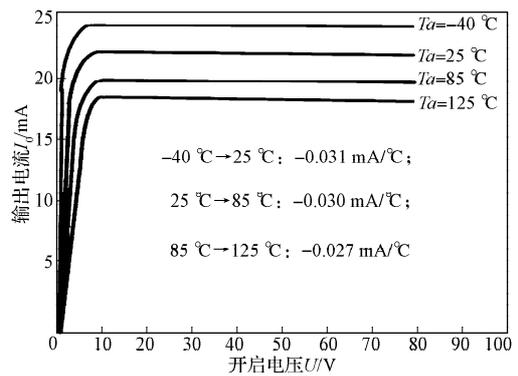


图4 典型温度特性图

Fig. 4 Representative temperature performance diagram

整流滤波后的直流电通过恒流二极管输出恒定的直流电流。由于整流后的电压远大于恒流二极管正常工作电压的最大值，因此用串联恒流二极管来分压，使每个恒流二极管两端电压限定在其正常工作电压范围内，使流过二极管的电流恒定，最终保证直流辅助电源输出电压稳定^[7]。但在实际电路中，每个恒流二极管分压并不稳定，这样就需要并联均压电阻 R_1, R_2, R_3, R_4 来均压^[8]，使串联后的恒流二极管输出电流稳定。均压电阻取18kΩ时，恒流二极管两端电压稳定性较好，流过二极管的电流恒定。

1.3 稳压模块

TL431有3个引出脚，分别为Cathode阴极、Anode阳极和Ref参考端。通常将这3个引脚分别用K, A, R表示，K为控制端，A为接地端，R为取样端^[9]。TL431的简化结构框图如图5所示，其由2.5V的精密基准电压源、电压比较器和输出开关管等组成。R端电压与2.5V的精密基准电压源相比较，当R端电压超过

2.5 V时, TL431 立即导通; 当R端电压低于2.5 V时, 三极管关断, 忽略微小的漏电流, 此时没有电流流过TL431^[10]。

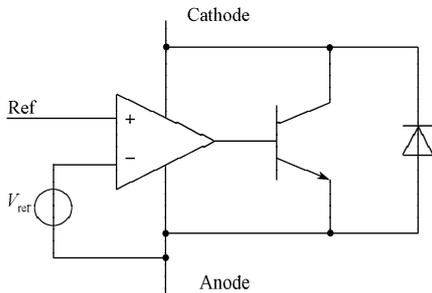


图5 TL431 结构框图

Fig. 5 TL431 structure diagram

恒流二极管 2H1002A 流出的恒定电流经分压电阻 R_5, R_6, R_7, R_8 后, 进入 TL431 常规稳压电路中 (见图 1)。通过调节 R_9, R_{10} 和 R_{11}, R_{12} 的大小, 可调整稳压模块输出电压的大小^[11], 使其在 2.5~36.0 V 之间。 $R_{13}, R_{14}, R_{15}, R_{16}, R_{17}$ 为负载电阻串, 输出电压的大小为

$$U_o = 1 + \frac{R_9 + R_{10}}{R_{11} + R_{12}} V_{ref}$$

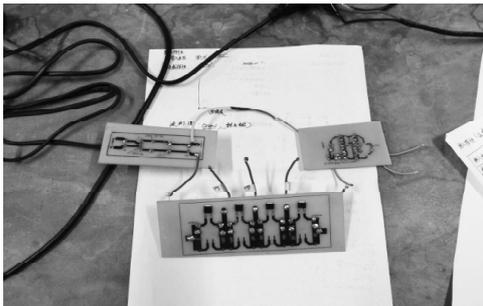
式中 V_{ref} 为芯片内部基准电压, 其值为 2.5 V。

取合适的电阻值可以调整直流辅助电源输出电压的大小^[12]。当分压电阻串 R_5, R_6, R_7, R_8 取值为 200 Ω , 调压电阻串取值为 $R_9=2.4 \text{ k}\Omega, R_{10}=16.0 \text{ k}\Omega$ 和 $R_{11}=2.4 \text{ k}\Omega, R_{12}=2.4 \text{ k}\Omega$ 时, 直流辅助电源输出的电压正好是 12 V。

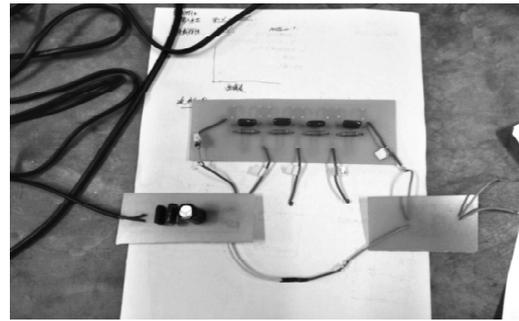
2 试验结果与分析

根据直流辅助电源的工作原理和参数设计值, 本文制作了该电源样机, 如图 6 所示。本课题组测试了当电网电压波动及负载变化时电源样机的输出电压情况。

试验中, 示波器探头用 X1 档位, 示波器设置为 DIV 5 V 模式。辅助电源样机的输出电压波形如图 7 所示, 即通道 CH1 的波形。由图可以看出, 样机的输出电压为 12 V 左右, 基本达到预期效果。



a) PCB 板正面



b) PCB 板反面

图6 电源样机图

Fig. 6 The prototype diagram of power supply

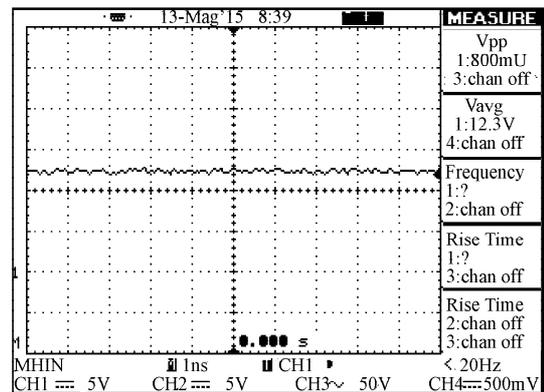


图7 电路输出电压波形图

Fig. 7 Circuit output voltage waveform

通过对电源样机的输入特性和负载特性进行测试, 测得数据见表 1 和表 2。从这些数据可以看出, 该变换器符合直流辅助电源的要求, 能够稳定输出电压, 达到了预期效果。

表1 电源样机的输入特性表 (负载 1 k Ω)

Table 1 Input characteristics of prototype (load 1 k Ω)

输入电压/V	180	200	220	240	250
输出电压/V	12.26	12.26	12.26	12.27	12.27
输出电流/mA	19	19	19	20	20

表2 电源样机的负载特性表 (输入电压 220 V)

Table 2 Load characteristics of prototype (input voltage 220 V)

负载/ Ω	200	400	800	1 000	2 000
输出电压/V	11.5	11.9	12.2	12.3	12.3
输出电流/mA	58	29	23	20	20

3 结语

本文设计了一个 220 V/12 V 直流辅助电源。该电源输出的 12 V 直流电压用于给控制电路和驱动电路供电。对 220 V/12 V 直流辅助电源样机的测试结果表明, 本样机能输出稳定电压, 性能满足设计要求, 能应用于开关电源中。

参考文献:

- [1] 曾兀戔, 史晓红. 开关电源安全保护电路剖析[J]. 华东交通大学学报, 2008, 25(3): 15-19.
Zeng Wuyu, Shi Xiaohong. An Analysis of the Switching Electricity Security Protection[J]. Journal of East China Jiaotong University, 2008, 25(3): 15-19.
- [2] 沙占友, 睢丙东. 开关稳压器应用技巧[M]. 北京: 中国电力出版社, 2009: 36-41.
Sha Zhanyou, Sui Bingdong. Application Skills of Switching Voltage Stabilizer[J]. Beijing: China Electric Power Press, 2009: 36-41.
- [3] 陈 坚. 电力电子学: 电力电子变换和控制技术[M]. 2版. 北京: 高等教育出版社, 2004: 85-87.
Chen Jian. Power Electronics: Transformation and Control Technology[M]. 2nd ed. Beijing: Higher Education Press, 2004: 85-87.
- [4] Garcia F S, Pomilio J A, Deaecto G S, et al. Analysis and Control of DC-DC Converters Based on Lyapunov Stability Theory[C]//2009 Energy Conversion Congress and Exposition(ECCE). [S. l.]: IEEE, 2009: 2920-2927.
- [5] 周志敏, 周纪海. 开关电源实用技术: 设计与应用[M]. 北京: 人民邮电出版社, 2003: 85-89.
Zhou Zhimin, Zhou Jihai. Switching Power Supply Practical Techniques: Design and Application[M]. Beijing: People's Posts and Telecommunications Press, 2003: 85-89.
- [6] 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, 1998: 75-79.
Zhang Zhansong, Cai Xuansan. The Principle and Design of Switch Power Supply[M]. Beijing: Publishing House of Electronics Industry, 1998: 75-79.
- [7] 裴元庆, 杨 旭. 开关稳压电源的设计和应用[M]. 北京: 机械工业出版社, 2010: 56-59.
Pei Yunqing, Yang Xu. The Design and Application of Switching Power Supply[M]. Beijing: China Machine press, 2010: 56-59.
- [8] 肖强晖. 现代电力电子技术[M]. 北京: 光明日报出版社, 2002: 78-82.
Xiao Qianghui. Modern Power Electronic Technology[M]. Beijing: Guangming Daily Press, 2002: 78-82.
- [9] 刘爱国. TL431 在开关电源中的应用[J]. 科技信息, 2012(27): 124.
Liu Aiguo. Application of TL431 in Switching Power Supply [J]. Science & Technology Information, 2012(27): 124.
- [10] 张振国, 王敏华, 曲 菲, 等. TL431 在开关电源反馈回路中的应用[J]. 信息技术, 2014(2): 73-76.
Zhang Zhenguo, Wang Minhua, Qu Fei, et al. Application of TL431 in Feedback Loop of Switching Power Supply[J]. Information & Technology, 2014(2): 73-76.
- [11] 赵世芳, 蒲忠胜. TL431 中基准补偿电路[J]. 现代电子技术, 2014, 37(6): 143-146.
Zhao Shifang, Pu Zhongsheng. Reference Compensating circuit in TL431[J]. Modern Electronics Technique, 2014, 37(6): 143-146.
- [12] 颜 伟. 可调直流稳压电源电路的设计[J]. 信息通信, 2015, 6(1): 51-52.
Yan Wei. The Design of Adjustable DC Regulated Power Supply Circuit[J]. Information & Communications, 2015, 6(1): 51-52.

(责任编辑: 邓 彬)