



一种直流斩波电源的应用研究

许胜辉

(武汉职业技术学院 电子信息工程学院 湖北 武汉 430074)

摘要 提出了一种基于单片机控制的直流斩波电源总体设计方案,首先介绍了 Buck 型降压斩波直流斩波电源的工作原理和控制方法,对直流源、控制电路、驱动电路和保护电路的设计,完成了对整个直流斩波电路的设计。建立了 Buck 型降压斩波直流斩波电源电路的仿真模型,在此基础上对 Buck 电路进行了较详细的仿真分析。结果表明,仿真波形与设计的结果一致。

关键词 直流斩波电源;单片机;控制驱动

中图分类号: TN86 文献标识码: A 文章编号: 1671-931X (2019) 01-0094-03

直流斩波器(DC Chopper)又称为截波器,它是将电压值固定的直流电,转换为电压值可变的直流电源装置,是一种直流对直流的转换器(DC/DC Converter)已被广泛使用,如直流电机之速度控制、交换式电源供应器(Switching-Power-Supply)等。用直流斩波器代替变阻器可节约电能(20~30%)。直流斩波器不仅能起调压的作用(开关电源),同时还能起到有效地抑制电网侧谐波电流噪声的作用。

我们设计一种可输出连续可调电压(双路输出 DC0~250V/2A, DC0~110V/4A, 直流输出 V/4 位、1/3 位显示)电能的直流斩波电源,下面介绍它的工作原理和控制方法。

一、直流斩波电源的工作原理

(一) Buck 型直流/直流降压电路

直流斩波电路也称为直流-直流变换器(DC/DC 变换器),本设计采用最基本的 buck 降压斩波电路, Buck 变换器原理图如图 1 所示:

1. 电流不断流时

设开关周期 $T_s = T_{on} + T_{off}$, D 为占空比,开关 T 导通时,开通时间为 T_{on} ,电源电压 V_i 通过 T 加到二极管 D 和输出滤波电感与输出滤波电容 C 上,二极管 D

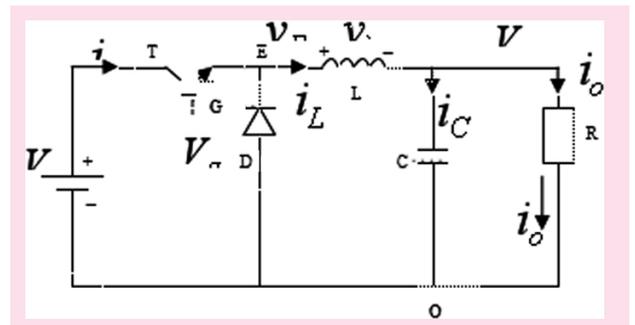


图 1 Buck 变换器原理图

受到反向压降而截至。滤波器 L 和 C 的值取到足够大以使电容 C 上的电压波动很小,电容电压近似认为保持在输出直流平均值 V_o 不变。L 两端的电压变为 $V_o - V_i$,所以电感电流线性增长,当经过时间 T_{on} ,电感电流达到最大,电感电流增量为:

$$\Delta i_{L+} = \frac{V_o - V_i}{L} \cdot T_{on} = \frac{V_o - V_i}{Lf_s} \cdot D \quad (1)$$

开关 T 关断时,关断的时间为 T_{off} ,这时二极管 D 导通,回路电流通过 D 继续流通,电感电流线性减少,在 T_{off} 时间后,电感电流达到最小值,变化量为:

$$\Delta i_{L-} = \frac{V_o}{L} \cdot T_{off} = \frac{V_o}{Lf_s} \cdot (1 - D) \quad (2)$$

收稿日期 2019-01-03

作者简介:许胜辉(1966-),男,湖北武汉人,硕士,武汉职业技术学院电子信息工程学院副教授,研究方向:自动控制技术。

在 $T_{on}=DT_s$ 期间, E、O 间电压 $V_{EO}=V_i$, 而在 $T_{off}=(1-D)T_s$ 期间, 二极管 D 一直处于导通状态, 所以电压 $V_{EO}=0$, 输出电压 $V_o=DV_i$ 。

开关 T 导通, D 截至期间, 电源电流经过 T 流过电感和负载; 而在 T 阻断, D 导通时, 电源输入电流为零。为了减小电源输入电流的脉动, 可以在输入端也接入 LC 滤波器。变换器工作稳态时, 电容或负载电压平均值是保持不变的。

电感电流最大值为:

$$I_{Lmax} = I_o + \frac{1}{2}\Delta I_L = \frac{V_o}{R} + \frac{1}{2}\Delta I_L \quad (3)$$

电感电流最小值为:

$$I_{Lmin} = I_o - \frac{1}{2}\Delta I_L = \frac{V_o}{R} - \frac{1}{2}\Delta I_L \quad (4)$$

电容 C 在一个周期内的充电量为:

$$\Delta Q = \frac{1}{2} \frac{\Delta I_L T_s}{2} = \frac{\Delta I_L}{8f_s} \quad (5)$$

输出电压的脉动量为:

$$\Delta V_o = V_{omax} - V_{omin} = \frac{\Delta Q}{C} = \frac{(1-D)V_o}{8LCf_s} \quad (6)$$

LC 滤波器谐振频率:

$$f_c = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \quad (7)$$

所以,

$$\frac{\Delta V_o}{V_o} = \frac{(1-D)}{8LCf_s} = \frac{\pi^2}{2} \left(\frac{f_c}{f_s}\right)^2 (1-D) \quad (8)$$

当 $\frac{f_c}{f_s}$ 值较大时, 输出电压的纹波就会很小, 为了达到这种效果我们可以增加开关频率或加大 L 或 C。

2. 当电源电流过小时, 会出现断流

开关 T 导通, 二极管 D 截至时, 持续时间, 电感电流从零开始增加:

$$\Delta i_{L+} = \frac{V_o - V_s}{L} \cdot T_{on} = \frac{V_o - V_s}{Lf_s} \cdot D \quad (9)$$

开关 T 截至, 二极管 D 导通时, 持续时间 T_o , 电感电流下降至零:

$$\Delta i_{L-} = \frac{V_o}{L} \cdot T'_{off} = \frac{V_o}{Lf_s} \cdot D_1 \quad (10)$$

其中 $D_1 = \frac{T'_{off}}{T_s}$

T 和 D 都截至时, 就会出现断流, 输出电压为 0 所以在整个周期内, 输出电压的平均值为:

$$V_o = \frac{1}{T_s} [DT_s V_s + (1-D-D_1)T_s V_o] \quad (11)$$

得到 $V_o = \frac{D}{D+D_1} V_s$, 所以断流后输出电压升高。

对于开关 T 的控制模式有两种, 分别是脉冲宽度调制方式 PWM, 这种方式保持开关周期不变, 改

变开通的时间, 就能改变脉冲电压的宽度, 从而调控输出电压。而另一种方式为脉冲频率调节模式 PFM, 保持开通时间不变, 改变开关频率去调节输出电压^[1]。

(二) 总体方案设计

将电网中的交流变换为所需要的直流电能需要硬件电路, 而控制开关管的开通与关断需要利用软件实现。本电源需要得到两路不同输出的直流电能, 为了方便后文描述, 将它们称之为电路一和电路二。

将整个系统分为八个功能模块, 分别为不控整流模块、斩波电路模块、滤波电路模块、电压电流检测模块、单片机软件计算模块、指定电压输入模块、开关管触发信号产生模块、数码管显示和过压过流警示模块。这八个模块分工协作, 共同完成所涉及的直流斩波电源的变换直流电能功能, 这 8 个功能模块相互联系, 其中斩波电路模块、滤波电路模块、电流电压监测模块、单片机软件计算模块、开关管触发信号模块构成了闭环控制回路, 保证了输出电压稳定。原理框如图 2 所示:

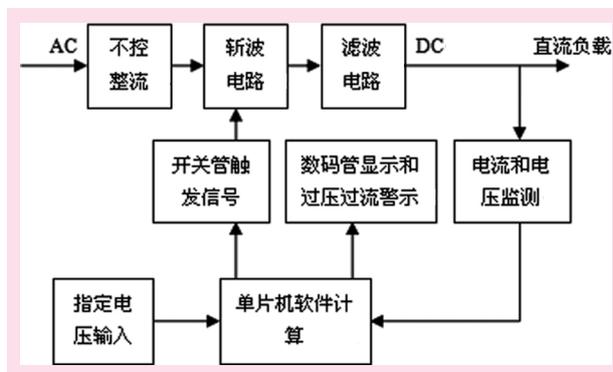


图 2 系统电路原理图

二、直流斩波电源主电路硬件设计

(一) 直流斩波电源总电路原理图

为了得到双路输出 DC0~250V/2A, DC0~110V/4A 连续可调电源, 我们需要设计相应的控制电路, 原理框图如图 3 所示。

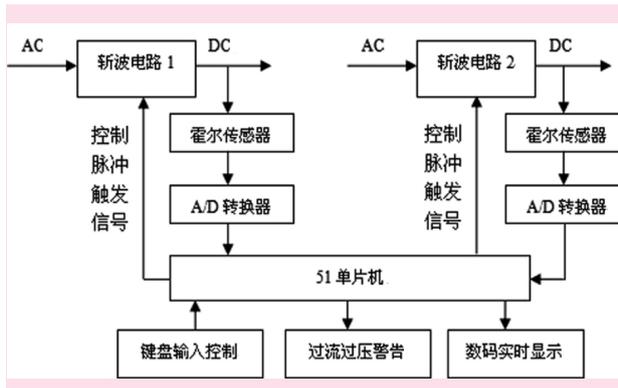


图 3 直流斩波电源总电路原理框图

交流电经过滤波、整流滤波后得到不可控直流进入斩波电路后输出可控直流电,通过霍尔电压传感器和电流传感器检测输出电压和电流,然后利用A/D转换器将模拟信号转换成数字信号交由51单片机进行处理。51单片机会将得到的数字信号通过数码管实时显示出当前的输出电压和电流值,如果输出电流或输出电压超过了额定值,则会进行告警提醒使用人员注意。使用者通过键盘增加电源输出电压或减少输出电压。51单片机在每个周期都

会查询键盘的输入量,然后主程序会综合当前电压电流值,用户输入值以及是否过电压过电流去确定输出基准电压模拟量。通过D/A转换器输出的基准电压模拟量与反馈电压值相比较,产生相应的脉冲触发信号,以控制输出电压和电流达到指定值。

(二)主变换电路设计

主变换电路包括不控整流电路以及斩波电路,流程如图4所示。

通过不控整流将电力系统中标准化的交流电转

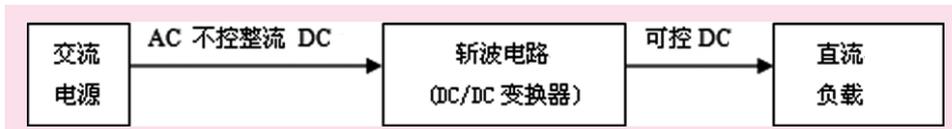


图4 主变换电路流程

换为不可控的直流电能,将直流电能输入进所设计的直流斩波变换器,通过对开关器件的控制,输出可控的直流电能。

本设计需双路输出,所以要有两套不同的斩波电路和其相应的控制电路,两套电路的主结构肯定基本相同,但是一些环节的参数上有不同的设置,以满足不同的输出电压要求。

主电路硬件电路图如图5所示:

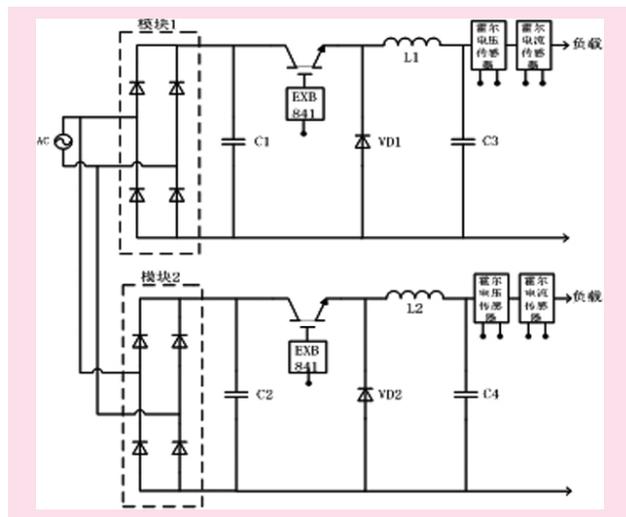


图5 主电路图

图5中的模块1和模块2是不控整流电路,将电网中的交流电整流成直流电能作为Buck斩波电路的输入电压。电容C1、C2起到滤波作用,抑制整流带来的高频谐波,保证Buck输入端电压的平稳。由于不控整流的负载为较大电容,整流后的电压保持在输入交流电的负载311V左右。

不控整流部分输出与典型Buck电路的输入端相连接,Buck由全控开关、续流二极管构成,Buck电路与负载之间是LC滤波电路。通过一定的规律控制开关管的开通与关断就能控制最终输出电压的大小达到制定值。图中的EXB841为开关管驱动芯片。

为了保证输出电压稳定在用户想要的数值附

近,电压反馈可以用软件进行PID数字式反馈控制,PID控制具有原理简单,易于实现,适用面广,控制参数相互独立,参数的选定比较简单等优点。

三、仿真实验

(一)Simulink 仿真原理图

本设计的主电路部分使用SIMULINK进行仿真。仿真原理图如图6所示:

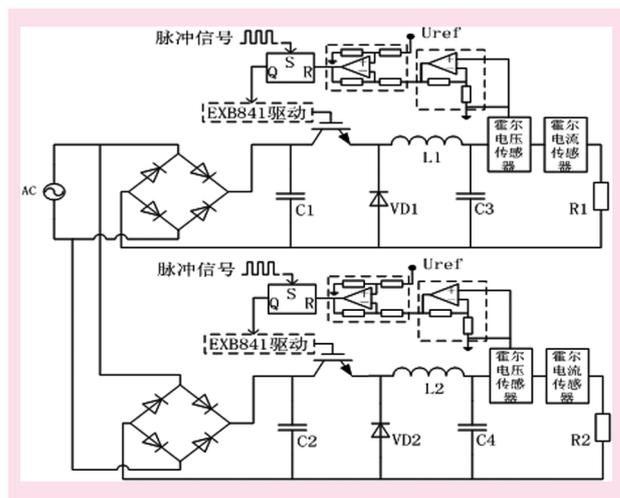


图6 直流斩波电源主电路仿真原理图

图6中上下两个Buck电路分别为电路一和电路二,不控整流电路输出端的滤波电容C1、C2取较大值以保持斩波电路输入端的电压稳定,均取为12mF。L1、L2为斩波电路输出端的滤波电感,均取为1.5mH。C3、C4为斩波电路输出端的滤波电容,均取为120,脉冲信号频率为20kHz。电压传感器检测的电压先经过比例电路调节到与指定电压Uref相同的衰减系数(由前文可知,指定电压Uref经由单片机控制DA输出时衰减了100倍),然后在与Uref输入求差电路,再输入到锁存器中。

(二)仿真实验结果

按照原理图搭建出仿真电路后,逐渐改变指定

电压,观察输出电压波形。

电路一、二指定电压分别为 250V、110V 时的输出电压波形如图 7 所示。

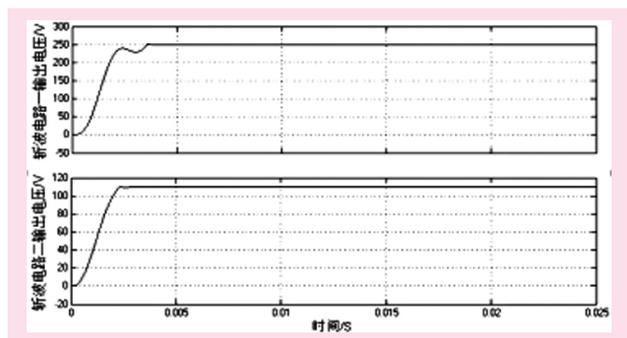


图 7 电路一、二指定电压分别为 250V、110V 时的输出电压波形

可看到输出电压的响应时间分别为 0.004s、0.003s, 响应时间较短, 输出电压分别稳定 250V、110V, 稳态误差很小, 整个过程只有极短时间的过电压时段, 满足设计要求。

电路一、二指定电压分别为 100V、50V 时的输出电压波形如图 8 所示。

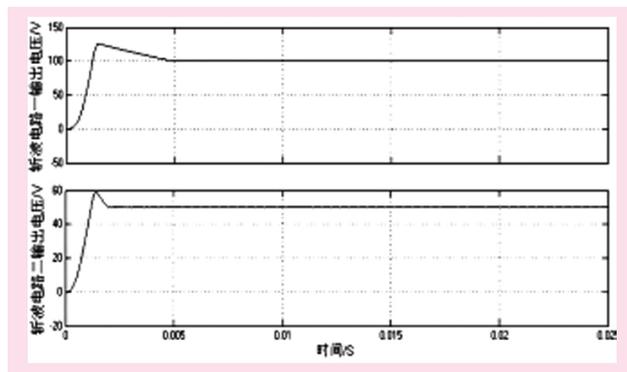


图 8 电路一、二指定电压分别为 100V、50V 时的输出电压波形

可看到输出电压的响应时间分别为 0.005s、0.002s, 响应时间较短, 输出电压再经过一个波动后分别稳定 110V、50V, 稳态误差很小, 满足设计要求。

电路一、二指定电压分别为 10V、10V 时的输出电压波形如图 9 所示。

可以看到输出电压的响应时间分别为 0.016s、0.004s, 响应时间较短, 输出电压再经过一个波动后分别稳定 10V、10V, 稳态误差很小, 满足设计要求。

结语

本设计主要对的 DC/DC 直流斩波电源进行了

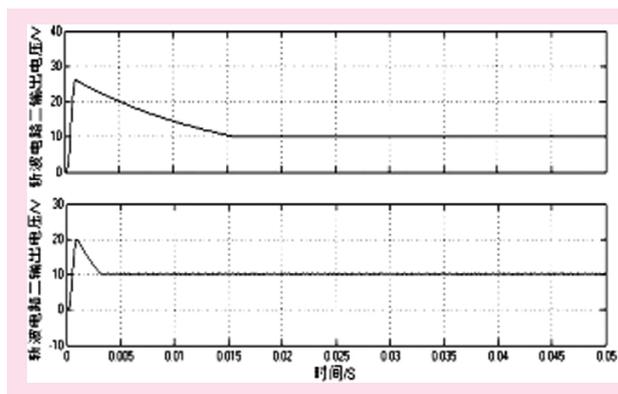


图 9 电路一、二指定电压分别为 10V、10V 时的输出电压波形

深入研究, 设计出了一款可以实现双路输出可调的直流斩波电源。从仿真情况来看, 直流斩波电源的反应速度较快, 用户按下按键之后输出电压就能随之改变, 没有较长的等待时间, 响应较快, 这样会防止超调情况的发生。

本设计的直流斩波电源可用于拖动直流电机, 其中两路输出中的一路用于给励磁回路供电。此外此电源也可用于其他需要直流供电的场合, 比如电解、电镀、直流电动机传动、功率因数校正等场合。

参考文献：

- [1] 陈坚, 康勇. 电力电子学: 电力电子变换和控制技术(3) [M].北京:高等教育出版社, 2011.
- [2] Lalit Kumar, Shailendra Jain. A multiple source DC/DC converter topology [J]. International Journal of Electrical Power & Energy Systems, 2013, (51): 278-291.
- [3] Dr. Nazzareno Rossetti. Managing Power Electronics: VLSI and DSP -Driven Computer Systems [M]. New Jersey: Wiley-IEEE Press, 2006: 71-105.
- [4] 刘树林. BuckDC/DC 变换器的输出纹波电压分析及其应用[J]. 电工技术学报, 2007, (02): 91-97.
- [5] 张庆. 一种新型降压斩波器用自整定 PID 控制器[J]. 大功率变流技术, 2013, (02): 24-26.
- [6] 王瑞峰, 米根锁. 霍尔传感器在直流电流检测中的应用[J]. 仪器仪表学报, 2006, (S6): 312-313.
- [7] 何亮, 方宇, 李吉, 等. 峰值电流控制 DC/DC 变换器的恒值限流方法[J]. 电工技术学报, 2006, (10): 86-89.
- [8] 刘雁飞. 平均电流控制下的 DC/DC 变换器大小信号统一动态模型[J]. 电工技术学报, 2007, (05): 84-91.

[责任编辑: 刘 骋]

(下转第 104 页)

Extraction of Natural Valerian Dyes and Their Dyeing Properties on Cotton and Linen Fabrics

JIAO Meng-wei ,MA Xiao-qiang ,PAN Ting ,HONG Run
(College of Textile and Garment ,Wuhan Polytechnic ,Wuhan 430074 ,China)

Abstract : The natural valerian dye was extracted by water immersion method. The effects of pH, extraction temperature, extraction time and extraction times on the extraction of yarrow dye were investigated. Under the optimal extraction process, the effects of mordant concentration and type and mordant method on the dyeing performance of cotton and linen fabrics were analyzed. The study found that the extraction process of water immersion method: bath ratio is 1:20, pH=9, and the extraction process is 85°C*90min, the extraction effect is the best. The potassium sulphate was used as the mordant at a concentration of 2g/L. The dyeing method can achieve better dyeing effect, and the color fastness is improved obviously. The soaping fastness and wet rubbing fastness can reach grade 3 or above.

Key words : natural dye; valerian; mordant; cotton and linen fabric; color fastness

(上接第 93 页)

Construction and Application of Teachers' Competency Model in Higher Vocational Colleges Based on Modern Apprenticeship ——Taking the hotel management profession as an example

ZHU Fei
(School of Economics and Management ,Yancheng Institute of Industrial Technology ,Yancheng 224005 ,China)

Abstract : Combined with the connotation requirements of modern apprenticeship system, this paper takes 21 vocational colleges in Jiangsu as an example to construct the evaluation index system of hotel management professional teachers from both external and potential aspects, and establishes a teacher competency evaluation model. Based on this, this paper uses fuzzy comprehensive evaluation method to evaluate the external, potential and comprehensive competency of sample data. The results of the study show that the external and potential competencies of the hotel management professional teachers in the sample college are at a low and medium level, and the comprehensive competency is at a low level. There is still a certain gap from the middle level. On this basis, some specific opinions and suggestions are put forward, in order to provide some reference and reference for improving the competitiveness of hotel management professional teachers in higher vocational colleges under the background of modern apprenticeship.

Key words modern apprenticeship higher vocational colleges hotel management major teachers competency model

(上接第 97 页)

Application Research of a DC Chopper Power Supply

XU Sheng-hui
(Department of telecom Engineering ,Wuhan polytechnic ,Wuhan 430074 ,China)

Abstract : This paper proposes a general design scheme of DC chopper power supply based on single-chip micro-computer control. Firstly, the working principle and control method of Buck type buck chopper DC chopper power supply are introduced. The DC source, control circuit, drive circuit and protection circuit are introduced. The design completed the design of the entire DC chopper circuit. A simulation model of Buck-type buck chopper DC chopper power supply circuit is established. Based on this, a detailed simulation analysis of the Buck circuit is carried out. The results show that the simulated waveform is consistent with the design results.

Key words : DC chopper power supply single chip microcomputer control drive