

基于单片机控制的输出连续可调开关电源的设计

陈念军 胡荣强 柏俊杰

(武汉理工大学自动化学院 武汉 430070)

摘要 首先介绍基于单片机控制的输出连续可调开关电源的基本原理,并在此基础上详细介绍这种开关电源的硬件系统结构、软件设计流程和控制算法,以及采用软件的方法实现 PWM 和 PFM 调节,从而使系统的电压输出连续可调。

关键词 单片机 开关电源 PWM PFM

1 引言

自 20 世纪 80 年代以来,开关电源以其体积小、重量轻、效率高等优点,在邮电通信、军事装备、交通设施、工业设备等领域得到广泛的应用,并取得了显著的效益。近年来,随着新电子元器件、新电磁材料、新变换技术、新控制理论及新的软件不断出现,使开关电源技术向着高可靠性、智能化方向发展。本文介绍一种以 80C196KC 单片机为核心,以 MOSFET 管为主开关管,用 PFM、PWM 调节相结合的方法,使输出电压连续可调的开关电源。该开关电源利用单片机强大的控制能力,改进了开关电源的控制系统,不仅满足开关电源的高性能和高可靠性的要求,同时还能对工作中的开关电源进行检测、自动显示电源状态。

2 开关电源工作原理

本开关电源原理框图如图 1 所示。电网电压通过输入回路中的整流器和滤波器转换为直流电压输入高频变换器,高频变换器则把输入的直流电压转变为高频脉冲方波电压,该脉冲方波通过输出回路中的高频整流器和滤波器变成直流电压供给负载。

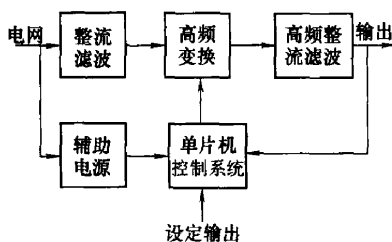


图 1 开关电源工作原理框图

以单片机为核心的控制回路,在控制软件的支持下对开关电源的输出电压、电流采样,并与给定的数据进行比较,然后去调整和控制逆变器,改变 MOSFET 管的导通频率或导通 / 截止时间以稳定输出,并监测开关电源的工作状态。

3 开关电源的硬件系统设计

3.1 开关电源控制系统的组成

本开关电源的控制系统是以 Intel 公司 16 位单片机 80C196KC 为控制核心,扩展了程序存储器 2764,选用 MAXIM 公司生产的 Maxim691 组成复位看门狗电路,与时钟电路一起构成单片机最小系统。单片机外部总线为 8 位。组成电路还包括输出电压、输出电流、输入电压等采集信号的调理电路,脉宽输出信号驱动电路,过流、过压保护电路,人机交互接口电路。控制系统组成如图 2 所示。

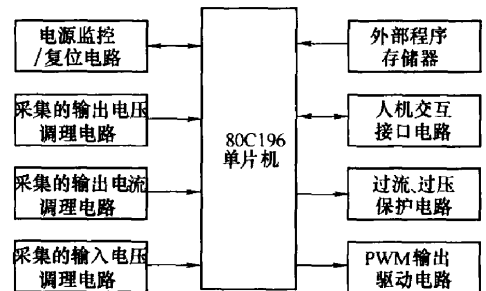


图 2 开关电源控制系统组成原理框图

输出电压、输出电流、输入电压等采集信号调理电路主要由精密运算放大器组成,通过差动、比例运算放大,消除信号的共模干扰,把采集信号调理成标准的 0~5V 电压信号。80C196KC 具有 8 路 10 位 A / D 转换器,调理后的标准信号经过

ACH0、ACH1 和 ACH2 接入到 80C196KC 单片机内。

PWM 输出驱动电路主要是把 80C196KC 单片机高速输出 HSO0 输出的由软件产生的 PWM 的信号首先通过快速光电隔离耦合器，然后通过三极管进行驱动放大。

过流、过压保护主要由传统的继电器，组合逻辑电路组成。当单片机控制电路检测到输出过压、过流，输入过压的时候，80C196KC 单片机输出开关量，开关量输入组合逻辑电路，执行相应的应急处理。

人机交互接口是本开关电源很重要的一个特色。考虑到开关电源的商业化、产品化的需要，选用 7in (英寸) 4096 色彩色液晶触摸屏及相应的智能控制终端。单片机的数据可通过 I²C 总线送到液晶触摸屏显示出来，触摸屏的触摸坐标可以通过串行口输入到单片机。既以通过触摸显示出开关电压的柱状图，指针图以及电源的工作状态；也可以触摸屏设定开关电源的输出电压及其他相关参数。

3.2 高频变换电路的组成

本开关电源需要具有可调输出电压的功能，必须采用 PWM 和 PFM 相结合的调节方法，选择合适的高频变换电路也是开关电源可靠工作的关键。设计时，选用双 MOSFET 管组成反激半桥高频变换电路，如图 3 所示。

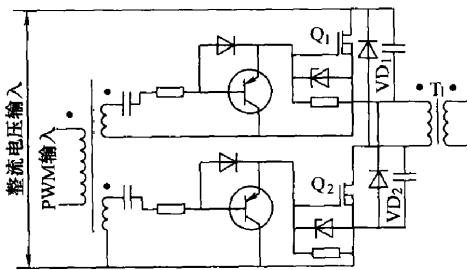


图 3 反激半桥高频变换电路

该电路中的高频变压器 T_1 一次绕组通过两个场效应管接向工频整流后的直流电源，这两个场效应管同时导通、同时关断。场效应管开通时储存能量；断开时，磁场能量转化成电能供给负载。这种电路适用于固定频率、可变频率、完全和不完全能量传递的应用场合。

其他的工频整流、滤波电路以及高频整流滤波电路均选用普通开关电源常用的电路形式。

4 开关电源的软件设计

4.1 软件的设计思想及流程

本开关电源是一个新型的智能的输出连续可调的开关电源，输出电压范围宽，单独采用 PWM 或 PFM 调节都很难达到理想效果，因此本开关电源采用 PWM 和 PFM 调节相结合的调节方法。在软件设计中，主要采用 PFM 调节方法来实现开关电源的粗调，采用 PWM 调节方法实现开关电源的细调。根据实际情况，把输出电压的调节域分成若干调节挡，采用查表的方法求出对应的输出调节频率。然后在相应的调节域内根据设定值和输出值的偏差采用 PWM 进行调节。

本软件采用结构化、模块化程序设计方法。它主要包括软件初始化模块、AD 采样模块、控制算法模块、符号数运算模块、触摸屏显示及处理模块等。主程序流程图如图 4 所示。

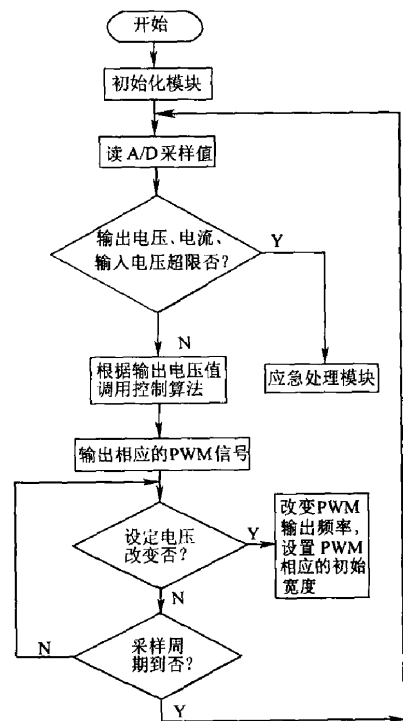


图 4 开关电源主程序流程图

4.2 软件的控制算法

开关电源系统通过采集输出电压值，构成电压闭环。软件中应用了经典的 PID 控制算法。对于某一输出范围内的电压，它的频率是常值，这时可以采用恒频 PWM 调节方法。PWM 脉冲宽度高电

平时间 T_{ON} 可以采用下式描述

$$T_{ON}(k) = K_P e(k) + K_I \sum_{j=0}^k e(j) + K_D [e(k) - e(k-1)]$$

其中 $K_I = K_P \frac{T}{T_I}$
 $K_D = K_P \frac{T_D}{T}$;

式中, $e(k)$ 是反馈的输出电压和设定电压的偏差; K_P 是比例调节系数; K_I 是积分调节系数; K_D 是微分调节系数; T_D 是采样周期常数; T_I 是积分时间常数; T_D 是微分时间常数。

由于开关电源控制系统在调节过程中, 目的是为了得到稳定的电压输出, 消除电压偏差, 故在PID参数整定过程中尽量增大积分环节的调节系数, 减小微分环节的调节系数。

5 结束语

采用上述方法设计了一个输出为 300 ~ 800V 线性可调的开关电源, 它的电路简单, 输出稳定, 可靠性强, 并且带有液晶触摸屏, 具有良好的人机交互界面, 不仅美观, 而且操作非常方便。该电源目前已应用在某公司采韵系列医学美容设备上, 运行效果良好。另外该电源采用单片机控制, 可以在软件算法上不断地进行优化, 改进电源的输出性能和品质参数; 在硬件上也可以进行扩展, 扩大它的

应用领域。

参考文献

- 1 张占松, 蔡宣三. 开关电源的原理与设计. 北京: 电子工业出版社, 2002
- 2 沙占友. 新型单片开关电源的设计与应用. 北京: 电子工业出版社, 2001
- 3 万建淳. 8098 单片机原理与应用技术. 天津: 天津科学技术出版社, 1996
- 4 曹承志. 微型计算机控制新技术. 北京: 机械工业出版社, 2001

Design of Switching Mode Power Supply with Continuous and Adjustable Output Controlled by Single Chip Micro-Computer

Chen Nianjun

(Wuhan University of Technology)

Abstract Firstly the principle of switching mode power supply with continuous and adjustable output controlled by single chip micro-computer is introduced, the structure of hardware system, software flow and control arithmetic then are introduced in detail, and the continuous and adjustable output controlled by PWM & PFM in the software method is achieve.

Keywords single chip micro-computer switching mode power supply pulse width modulation pulse frequency modulation

收稿日期: 2005-06-06

(上接第 54 页)

Sixth Southeastern Symposium on System Theory, 2004: 546~550

- 14 Fawzi A L, Jowder. Influence of mode of operation of the SSSC on the small disturbance and transient stability of a radial power system. IEEE Transactions on Power Systems, 2005, 20 (2): 935~942
- 15 G N Pillai, Arindam Ghosh, Avinash Joshi. Torsional interaction studies on a power system compensated by SSSC and fixed capacitor. IEEE Transactions on Power Delivery, 2003, 18 (3): 988~993
- 16 Narain G Hingorani, Laszlo Gyugyi. Understanding facts. New York: IEEE Press, 2000

Review of the Applications of Static Synchronous Series Compensator in Power System

Zhou Junyu

(Foshan Power Dispatching Center of Guangdong Electric Power Company)

Abstract The structure and mechanism of the compensator, called static synchronous series compensator (SSSC), are introduced. The applications of SSSC in power systems are discussed. The research status of SSSC home and abroad is reviewed. The differences between SSSC and fixed series capacitor are compared as well as available controlled series compensators.

Keywords static synchronous series compensator current control transport capacity of electric power porary stability power vibration

收稿日期: 2005-06-17