第 18卷第 2期 无锡轻工大学学报 Vol. 18, No. 2
1999年 6月 Journal of Wuxi University of Light Industry Jun., 1999

文章编号: 1001-7453(1999)02-0099-03

零电流技术在电路设计中的应用

王 宪[1],费子明[2]

(1.无锡轻工大学信息与控制工程学院,江苏无锡 214036; 2.江南学院信息与控制工程系,江苏无锡 214063)

摘要: 就开关电源设计,提出了一种新设计方法.其优点为振荡频率高,体积小,效率高,输出功率大;工作状态可用计算机控制.

关 键 词: 开关电源;零电流开关;谐振

中图分类号: TN710 文献标识码: A

工业控制和检测系统中的电源,一般采用线性电路组成.而对于需要大电流(> 100A)供电的场合,用线性电路来实现就比较困难.其一,较难找到大电流、大功率的晶体管.即使采用复合管的方法,由于功率较大,很难精确平衡各晶体管的功率.以致在实践中,经常出现晶体管损毁现象.其二,线性电路组成的电源效率很低,大量的能源消耗在晶体管和电阻上,不利于电源长时间工作.因此,在高压开关电阻综合测试仪的设计中,作者采用开关电源来组成大功率电源.而常规开关电源,开关晶体管在高压环境下工作,在一定输出功率时,通过晶体管的电流较小,但对晶体管的耐压要求高.并且在振荡切换过程中,晶体管是带电流切换,容易引起反电势损坏晶体管[1].所以常规开关电源的参数调整很重要,且振荡频率不易提高.而振荡频率的提高能大幅提高电源的效率.作者设计的开关电源的工作原理是基于采用零电流开关,晶体管的工作状态切换是在电流等于零时发生的,所以电源的工作频率可高于 1 MHz.效率最高达 90%以上.工作电压范围也宽.

1 工作原理

零电流开关电源的组成见图 1.由于采用零电流开关技术,电源的工作频率高(约 1 MHz),电源的隔离变压器体积减小,其功率密度可为常规开关电源的 10倍.电源的工作过程为: 上电后,由微型计算机组成的主控制器给出整个电路的复位信号.然后送出开关的导通信号,这时,输入 AC-DC电源的能量传输到 LC谐振电路.谐振电路由变压器 T1的漏感和 T1次级、及电容 C组成.其等效电路可看作为 RLC串联谐振电路.在开关导通前, I= 0,即开关在零电流的状态下打开.开关导通后,流过开关的电流波形接近正弦波.当电流下降

收稿日期: 1998-11-30;修订日期: 1999-01-20
作者简介: 王 宪(1954年 7月生),男,江苏无锡人,工学学士,工程师.

?1994-2014 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://ww

至零时,计算机给出关断开关的信号,开关在电流为零时断开.由于 MOSFET开关工作在零电流状态,故开关的工作环境好,寿命长.在本电路中,由于整流二极管 D1的单向导电性,所以不可能产生全波谐振,或能量的双向传输(即电容 C中的能量不可能再传给电感).当开关在电流处于零状态下工作时,输入的能量基本上可以无损耗地传输到负载.采用零电流技术后,电感中的电流不存在强制换流,可减少传导噪声和辐射超声,还可减少能源损耗.

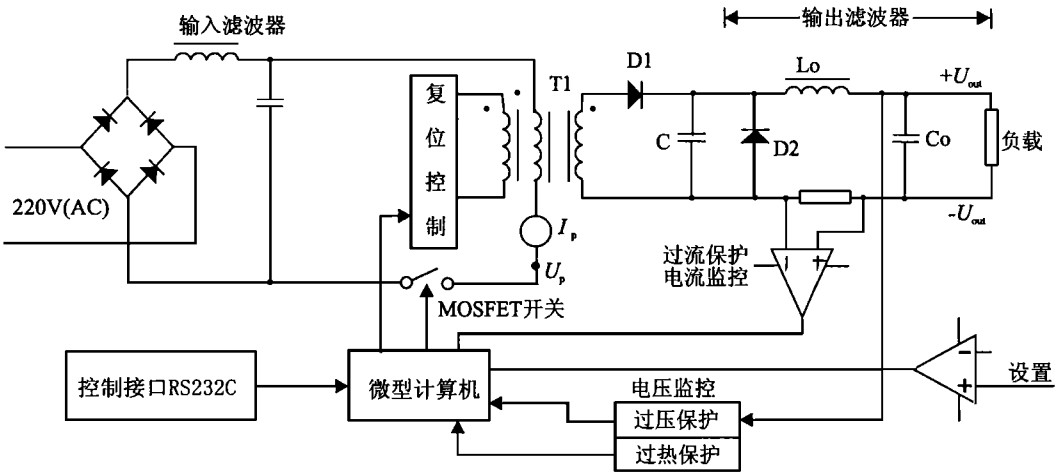


图 1 零电流开关电源原理框图

本电路的工作方式属于半谐振变换器(DC-DC),见图 2.在导通时,对原边的等效 LC时间常数是固定的,约为 500 ns.当开关导通时,能量输入(变压器漏感)L中,然后能量谐振进入次级的电容 C中,其值为 $1/2\,CU^2$.由于每次导通输入的能量是固定的,改变导通的速率 f,就能控制输出电压.

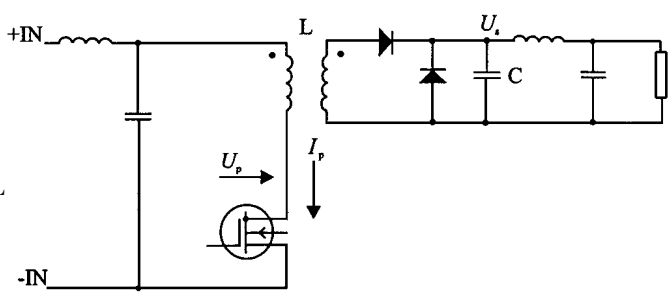


图 2 零电流开关电源电子模型

最大的导通速率 f_{max} 出现在最小输入电压和满负载时.最大的导通速率约是 LC时间常数的 2倍(1 μs左右).若负载减轻 50%,导通速率 f 约为最大时的一半(因为每个脉冲的能量是恒定的).因此,对原边控制电路来说,导通的速率 f 是随着负载的变化而线性变化的.其能量 J 的平衡方程式为:

$$J(t) = U_0 * I_0 * t = 1/2 * C * U^2 * f$$

式中: U_0 ——输出电压, I_0 ——输出电流, C ——折合到初级的电容,

U ——电容二端电压, t —— 时间, f ——导通速率(振荡频率).

由于每次导通的能量正比于所加电压的平方(CU^2),导通速率 f 的改变随着线路输入电压改变的平方而改变.例: 标准 300 V输入的电源,输入电压允许在 200~ 400 V之间变化,其最高输入电压与最低电压之比为 2.因此,在调节输出电压时,导通速率 f 必须以 2的平方即 4为单位而改变.

本电路通过接口(RS232C)或开关设置可分别以电压源或电流源的形式工作.当整个电

?1994-2014 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://ww

路设置成电压源时,电路处于对输出电压进行监控的状态,当负载发生变化,使输出电压下降时,微型计算机检测到这种状况,然后给出控制信号,使导通(振荡)的频率提高,使输出电压提高,以维持输出电压的稳定.当整个电路设置成电流源时,电路处于对输出电流进行监控的状态,当由于负载原因使输出电流产生变化,微机将对这种变化以改变导通(振荡)的频率来增加或减少输入的能量,使输出电流保持稳定.由于在控制电路中,设有 RS232C串行接口,所以电源的工作方式、启停方式、输出电压和电流值的设定都可以通过串行口来设定控制,以满足计算机对电源控制的要求.在本仪器中,恒流源的电压输出为 0~ 1.5 V,恒定电流设定为 100 A.

本电路中,微型计算机采用单片微机[2].单片微机选用 ATMEL公司的内含 4K Flash ROM的 AT89C52芯片.这是一种低功耗、高性能的 8位单片微型计算机,内部集成了计算机系统的所有部件,并有独立的 4个 8位并行口,完全能够满足系统要求.

2 实验结果分析

2.1 设计指标

电压稳定率 0.1%;电流稳定率 0.1%;电源效率> 85%.

2.2 实验结果

电压稳定率 0.05%~ 0.08%;电流稳定率 0.08%~ 0.09%;电源效率 91.2%.

从实验结果看,样机指标达到设计指标.而且在实验中看到,电压电流稳定率能提高至 0.01%,主要取决 A/D转换器的精度,作者采用 12位 A/D转换器达到了上述指标.

3 结 语

在开关电源中采用零电流开关技术,设计的电源控制功能强、性能好、体积小,可达到常规电源无法满足的指标和性能,能源利用率高,符合当前电源发展的趋势和潮流.

参考文献:

[1] 张素彪.彩色电视机开关电源的原理 [M].福州:福建科学技术出版社,1993.

[2] 张友德,赵志英,涂时亮.单片微型机原理应用与实验(修订版)[M].上海:复旦大学出版社,1996.

Circuit Design of Zero-Current Technology

WANG Xian[1], FEI Zi-ming[2]

(1. School of Information and Control Engineering, Wuxi University of Light Industry, Jiangsu Wuxi 214036; 2. Department of Information& Control Engineering Jiangnan College, Jiangsu Wuxi 214063)

Abstract A new method to design switch power is presented. The method has advantages of high oscilating frequency, being compact, high efficiency and great output power. In addition, the working state of the switch power can be controlled with a computer.

Key words switch power; switch of zero current; oscillation

?1994-2014 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://ww