

基于 PIC 单片机的三相正弦波变频电源的设计

张华林^{1,2}

(1. 漳州师范学院 物理系, 福建 漳州 363000; 2. 厦门大学 自动化系, 福建 厦门 361005)

摘要: 提出了一种基于 PIC 单片机设计的三相正弦波变频电源。样机实践证明, 该电源切实可行、成本低廉, 且具有输出频率可调、缺相保护、过流保护、不平衡保护等特点。

关键词: 单片机 三相 PWM 变频

三相逆变控制常用的方式有三种: 一是基于可编程逻辑器件的对称规则采样法, 产生 SPWM 信号以实现逆变控制; 二是利用 DSP 芯片产生 SPWM 信号以实现逆变控制; 三是用专用芯片配合微处理器产生 SPWM 信号实现逆变控制。上述三种方法有一个共同缺点, 就是实现成本高。本文提出一种新的利用单路 PWM 实现三相逆变控制的设计方法, 这种方法充分利用单片机的片内资源, 而且各种参数的取样显示和各种保护功能都尽可能利用软件实现, 大幅度节约了系统成本。

1 设计原理

设以 T 为周期的周期信号 $v(t)$ 为奇函数, 即 $v(t \pm T) = -v(t)$; 且 $v(t)$ 为奇谐函数, 即 $v(t \pm \frac{T}{2}) = -v(t)$, 其波形图如图 1 所示, 则该信号傅里叶级数的 a_n 项为零, b_n 的偶数项亦为零。由图 1 可知, 脉冲波形前半周期的表达式为:

$$v(t) = \begin{cases} \frac{E}{2} & 0 \leq t < \frac{T}{6} \\ E & \frac{T}{6} \leq t < \frac{T}{3} \\ \frac{E}{2} & \frac{T}{3} \leq t < \frac{T}{2} \end{cases}$$

因此, $v(t)$ 的傅里叶级数为:

$$v(t) = \sum_{n=1}^{+\infty} b_n \sin \frac{2n\pi}{T} t$$

$$\text{式中, } b_n = \frac{2}{T} \int_{\frac{T}{2}}^{\frac{T}{2}} v(t) \sin \frac{2n\pi}{T} t dt = \frac{2[1 - (-1)^n]}{T} \int_0^{\frac{T}{2}} v(t) \sin \frac{2n\pi}{T} t dt$$

所以 $v(t)$ 仅含奇次谐波, 其中, $(2k+1)$ 次谐波分量为:

$$b_{2k+1} = \frac{4}{T} \int_0^{\frac{T}{2}} v(t) \sin \frac{2(2k+1)\pi}{T} t dt = \frac{2E}{(2k+1)\pi} \left[1 + (-1)^k \sin \frac{(2k+1)\pi}{6} \right]$$

由此可得各奇次谐波分量的幅值为:

$$b_1 = \frac{3E}{\pi}, b_3 = 0, b_5 = \frac{3E}{5\pi}, b_7 = \frac{3E}{7\pi}, b_9 = 0, \dots$$

从而可得周期信号 $v(t)$ 的基波有效值为:

$$U = \frac{3E}{\sqrt{2\pi}} \approx 0.67E$$

由上述分析可知, 图 1 信号中主要成份为基波, 而高次谐波是五次、七次、十一次等, 消除了对逆变输出波形影响较大的 3k 次谐波, 且各高次谐波的幅值相比基波幅值很小。故而只需设计实现图 1 所示的波形图, 再加上滤波器, 滤除高次谐波, 即可获得正弦波。本文正是基于这一原理设计三相正弦波变频电源。

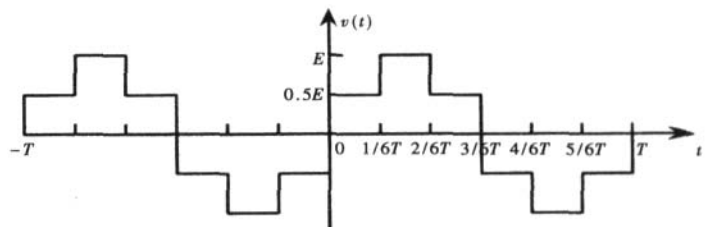


图 1 周期信号 $v(t)$

2 硬件设计

2.1 系统结构

整个系统硬件结构如图 2 所示。

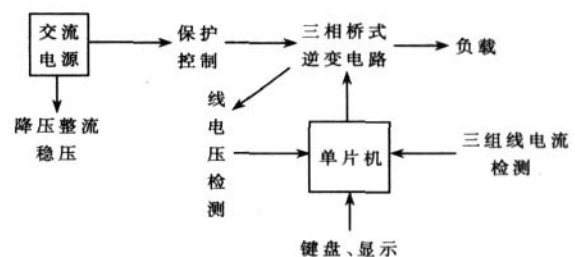


图 2 三相正弦波变频电源框图

该系统的控制核心采用美国 Microchip 公司的 PIC16F877A 单片机, 由单片机控制三相桥式逆变电路的工作状态, 单片机检测输出线电压并调整三相桥式逆变电路以维持恒定的输出线电压; 单片机检测三路线电流, 并由此判断是否进行过流保护、缺相保护、三相不平衡保护; 通过键盘由单片机调整设定输出正弦波的频率, 且由数码管显示当前负载工作电压、电流、频率、功

率等参数。

2.2 电路设计

整个系统硬件电路图如图3-图5所示(图中的器件参数均为输出36V线电压,1A电流而设计)。图3中直流电源电路为各模块供电。图3中输出电压取样电路由变压器对输出电压降压后再整流、滤波实现,该电路产生信号送往单片机,单片机根据此信号判断并调整输出电压(调整PWM信号的占空比)。图3中输出电流取样模块(共三组)利用交流互感器感应出输出电流的千分之一,经取样电阻转换为交流电压,再经整流、滤波、放大后送入单片机,单片机根据此输入信号判断输出电流大小,并由此决定对电路是否进行过流保护、缺相保护和不平衡保护等。

图4是单片机电路。单片机判断到电路工作异常后则控制逆变电源输入保护控制电路,使其断开继电器,逆变电路输出为0,进入保护状态;图4中单片机显示电路显示系统各种测量值,按键可设定逆变输出电压的频率、显示数值类型(如电流、电压、频率、功率)。

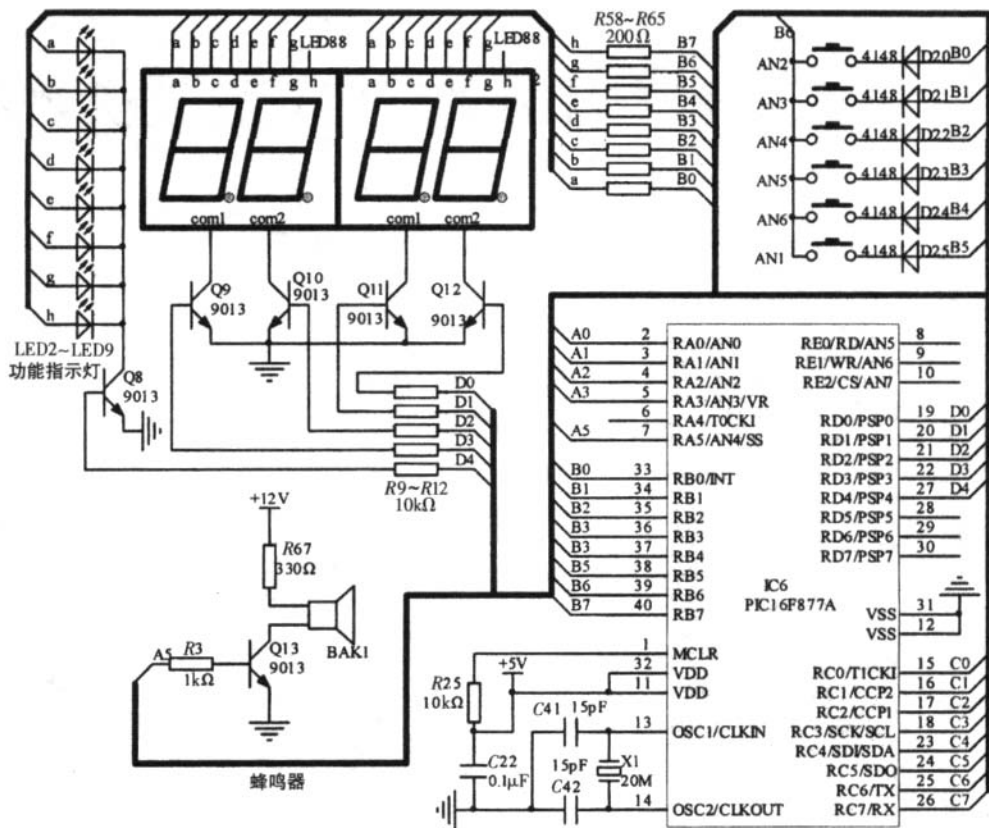


图4 单片机电路

三相逆变控制是本硬件设计的核心电路。图5是三相逆变控制电路。图5(a)用来产生三相逆变控制电路图5(b)六个晶体管所需的控制信号。G1、G3、G5控制信号产生原理一致,G2、G4、G6控制信号产生原理一致。G1控制过程如下:单片机RC2引脚产生的PWM信号经与门延时,在RC4的控制之下加到Q14,当Q14基极为低电平时,Q14截止,Q24截止,Q26导通,加在晶体管Q1的栅、源极的电位近似相等,Q1截止;当Q14基极为高电平时,Q14导通,Q24导通,Q26截止,在电解电容C32的自举下,加在晶体管Q1的栅、源极的电位差为12V,使Q1导通。G2控制过程如下:当RC5为高电平时,Q17、Q23截止,Q18导通,晶体管Q2栅极为低电平,Q2截止;当RC5为低电平时,Q17、Q23导通,Q18截止,晶体管Q2栅、源极电位差为12V,Q2导通。在单片机的控制下,可产生图5(b)的Q1~Q6晶体管的时序信号波形,其具体

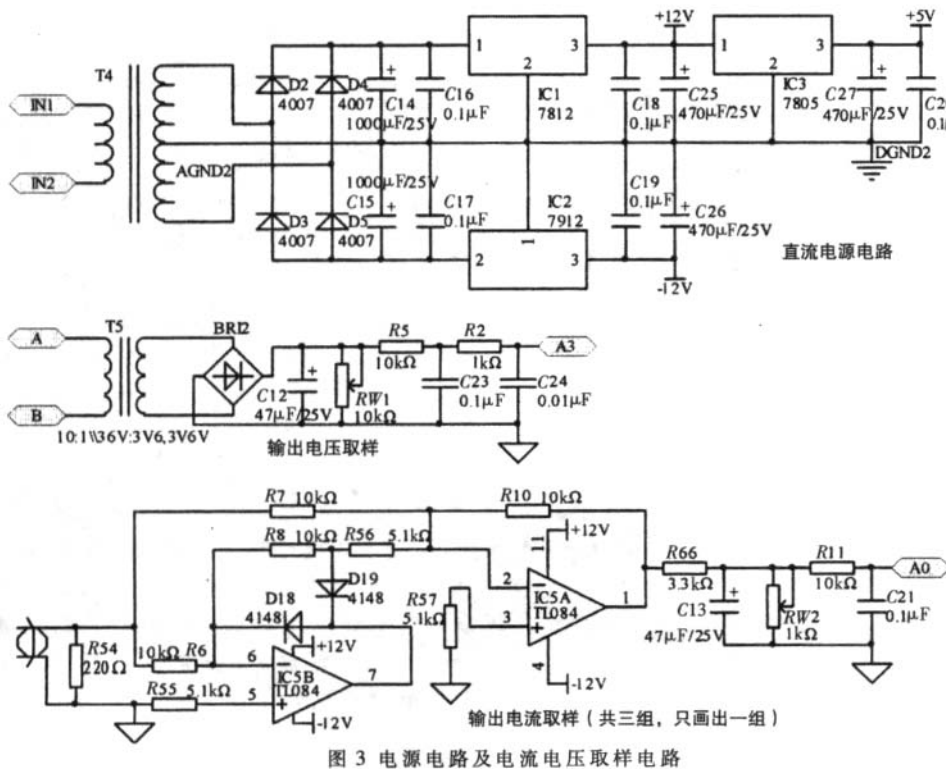


图3 电源电路及电流电压取样电路

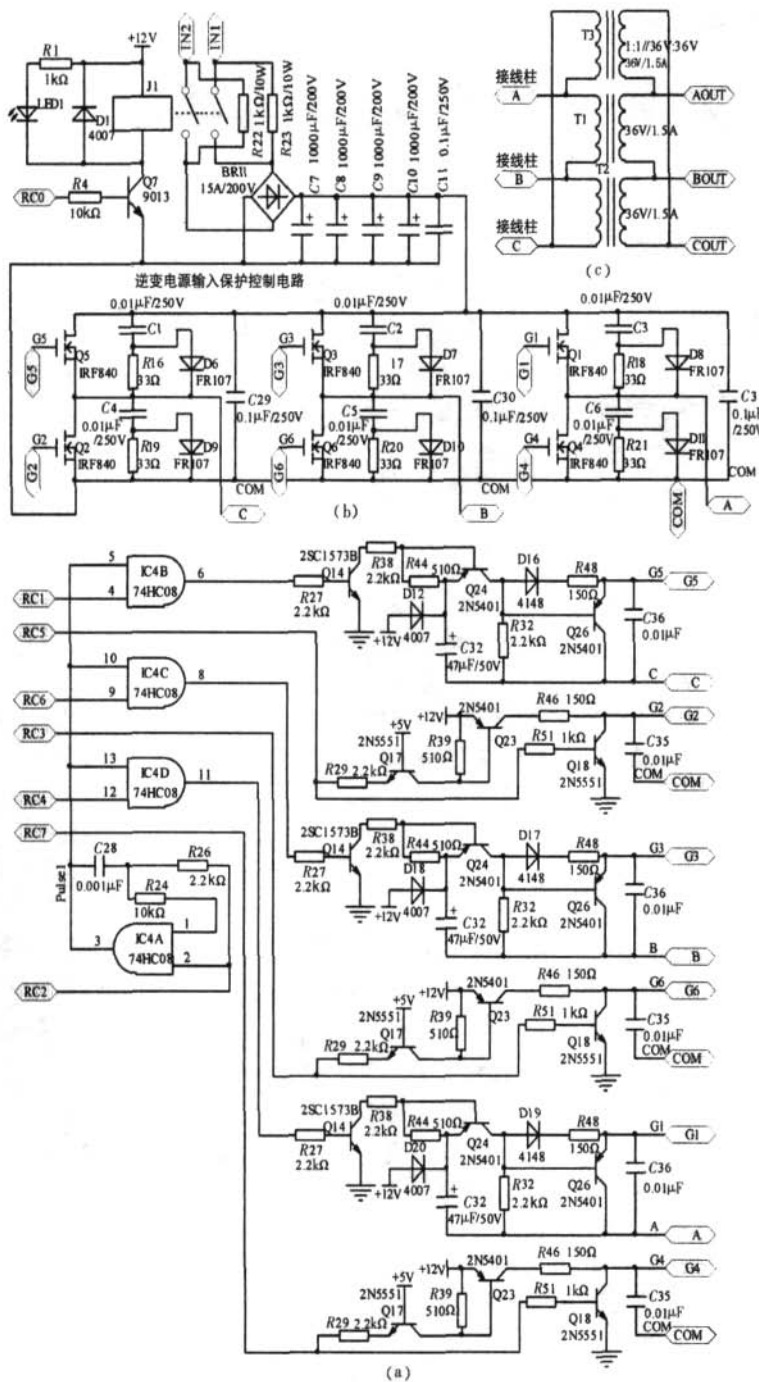


图5 三相逆变控制电路

表1 Q₁~Q₆的六种导电模式

导电模式	I	II	III	IV	V	VI
导通晶体管	Q4、Q5	Q5、Q6	Q6、Q1	Q1、Q2	Q2、Q3	Q3、Q4
相电压	U _c	E/2	E/2	0	-E/2	-E/2
	U _b	0	-E/2	-E/2	0	E/2
	U _a	-E/2	0	E/2	E/2	0
线电压	U _{ca}	E	E/2	-E/2	-E	-E/2
	U _{bc}	-E/2	-E	-E/2	E/2	E
	U _{ab}	-E/2	E/2	E	E/2	-E/2

时序波形如图6中的G1~G6波形。

图5(b)中的功率开关管为降低成本选用场效应管,未用IGBT,同样可获得良好的控制效果。该电路采用2π/3导通方式,Q1~Q6在一周期内有六种不同导电模式,如表1所示。其对应的相电压和线电压波形如图6所示。

六个开关功率管输出的三相信号波形除基波外,还包含五次、七次等高次谐波。故而再加上图5(c),该电路是输出隔离变压器,具有扼流作用,可滤除部分高次谐波,在隔离变压器输出端可获得失真较小的正弦波。

3 软件设计

本系统软件采用散转结构模块化设计,所有控制量集中处理,并在RAM中建立各控制量

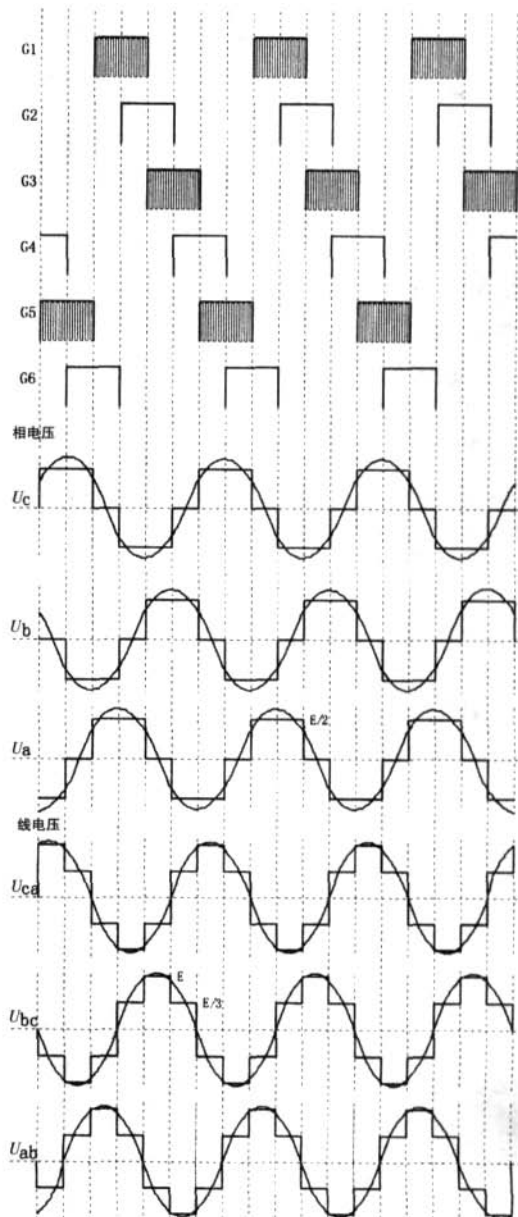


图6 控制信号相电压线电压波形

一种单片机控制的大功率铅酸电池充电器设计

祁小辉, 郭绪阳, 周凤荣

(济南市半导体元件实验所, 山东 济南 250014)

摘要: 介绍了一种单片机控制的实用大功率铅酸电池充电器的设计方法。在大功率铅酸电池充电器的设计中, 主电路采用功率因数校正(PFC)+移相全桥的拓扑结构, 提高了电源效率, 保证了足够的输出功率; 输出控制引入智能单片机, 实时检测铅酸电池的状态, 并且充电过程按照经验的优化曲线进行, 保护了电池, 又延长了电池的使用寿命。

关键词: 功率因数校正(PFC) 移相全桥 智能单片机 优化曲线

随着全球环保意识的增强, 使用铅酸电池的各种车辆不断进入人们的视野, 然而目前世界上用于铅酸电池的充电器却是五花八门。这些充电器造成铅酸电池过充或充电不足的现象时有发生, 后果是铅酸电池的使用寿命降低。在大功率铅酸电池充电器的设计中, 减小功率损失, 按照经验的优化曲线实现充电, 是保障铅酸电池使用寿命的理想方法。为此, 笔者设计一种单片机控制的实用大功率铅酸电池充电器。

1 充电器的硬件结构

在充电器初级回路的主电源设计中, 采用了 PFC+移相全桥的拓扑结构, 在充电器次级回路设计中, 为了实现对电池状态的监

控, 并能按照经验的优化曲线对电池进行充电, 加入了单片机控制。这种充电器的硬件结构框图如图 1 所示。

在充电器的输入回路中, 加入了功率因数校正(PFC)电路, 控制芯片 IC 选用 ST 公司的 L4981, 该 IC 芯片采用连续功率因数修正(CCM)的控制方式, 即平均电流控制模式。在实际应用中, 这种控制方式在输出大于 250W 的升压电路中有明显的优势, 因此在设计大功率铅酸电池的

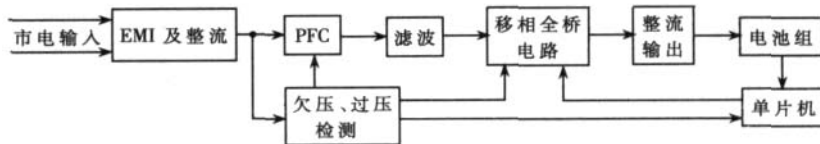


图 1 充电器硬件结构框图

(接上页)

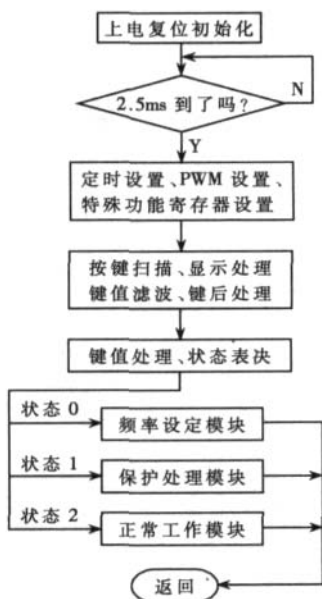


图 7 软件主程序框图

的映射, 以便各功能模块的编程及修改。软件主程序框图如图 7 所示。为节约篇幅略去中断服务程序框图、按

键扫描显示程序框图、频率设定模块程序图、保护处理模块程序图、正常工作模块程序图。

为提高系统稳定性, 在软件上采取了诸多措施, 如软件冗余、软件陷阱、看门狗等。

4 结果讨论

本设计的样机测试结果如下: 输出相电压、线电压能随输入电压(198~242V)的不同而自动调节, 各相绝对值误差均小于 5%, 输出频率可在 20~100Hz 范围内预设或连续调整(步进 1Hz), 实际输出频率误差小于 0.2%, 各相输出正弦波失真度小于 6%, 各种保护和显示功能正常。

可见本设计是切实可行的, 只需稍加改进便可应用于三相 UPS 中。本设计有广泛的推广应用前景。

参考文献

- [1] 张燕宾.SPWM 变频调速应用技术[M].北京:机械工业出版社, 2002.
- [2] 窦振中, 汪立森.PIC 系列单片机应用设计与实例[M].北京:北京航空航天大学出版社, 1999.

(收稿日期: 2006-12-13)