

◀ 电气与仪表技术 ▶

基于 PIC 单片机车载逆变电源逆变器的研究

邓 嘉, 张 辉, 马 皓

(浙江大学 电气工程学院, 浙江 杭州 310027)

摘 要:介绍了基于 PIC 单片机的逆变器设计, 讨论了控制系统的硬件、软件设计, 在实验基础上, 从效率、THD 和动态特性等方面, 重点分析比较了单极性正弦脉宽调制 (SPWM) 电压平均值反馈控制和双极性 SPWM 电压瞬时值反馈控制两种方法在车载逆变电源中的应用特点, 在理论上分析了两种控制方法输出电压特性的差异, 并给出了单极性 SPWM 电压平均值反馈控制和双极性 SPWM 电压瞬时值反馈控制的程序流程图。实验结果表明, 前者动态特性好, 效率较高; 后者程序较易实现。

关键词: PIC 单片机; 单极性; 双极性; 车载逆变电源

中图分类号: TM464

文献标识码: A

文章编号: 1001-4551(2008)06-0088-03

Investigation on DC-AC inverter used in vehicular inverter based on PIC MCU

DENG Jia, ZHANG Hui, MA Hao

(College of Electrical Engineering, Zhejiang University, Hangzhou 310027, China)

Abstract: The design of inverter based on PIC MCU was introduced. The design of hardware and software in control system was discussed. The unipolar SPWM inverter with average voltage feedback control loop and the bipolar SPWM inverter with instantaneous feedback voltage control loop were investigated as these methods being applied in vehicular inverter. Based on experimental research results, the analysis and comparison of the two methods were presented in the aspects of efficiency, THD, dynamic performance, etc. The differences of the output voltage, used in the two methods, were presented in theory, and the flow process charts of the two methods were introduced. The results show that the former has a better dynamic characteristics and higher efficiency; the latter is easier to implement.

Key words: PIC microchip unit; unipolar; bipolar; vehicular inverter

0 前 言

车载逆变电源能够将 DC 12 V 直流电转换为和市电相同的 AC 220 V 交流电, 供一般电器在车上使用。车载逆变器分方波逆变器、准正弦波逆变器和纯正弦波逆变器 3 类, 前两类输出电压谐波含量较高, 连续性不好; 纯正弦波逆变器主要应用 SPWM 技术, 负载适应范围更宽。目前 SPWM 的产生方法主要有模拟和数字两种方式, 前者电路复杂, 实现困难且不易改进; 后者基于单片机实现 SPWM, 电路简单可靠, 利用软件产生 SPWM 波, 减少了对硬件的要求, 且灵活性较大。

PIC 单片机采用精简指令 RISC, 速度快、功耗低、抗干扰性好, 并含有 PWM 功能的外围功能模块 (CCP), 可通过软件方便地实现 SPWM 波。

基于 PIC 单片机 (PIC16F73) 本研究对车载逆变电源中的逆变器分别采用单极性 SPWM 调制电压平

均值控制和双极性 SPWM 调制电压瞬时值控制两种方法进行分析、设计、实验。

1 SPWM 调制原理

SPWM 调制方式分为单极性 SPWM 调制、双极性 SPWM 调制和单极性 SPWM 倍频调制^[1]。PIC 系列单片机 CCP 模块的特点决定其无法完成单极性倍频调制, 所以主要讨论单极性 SPWM 调制和双极性 SPWM 调制方式。

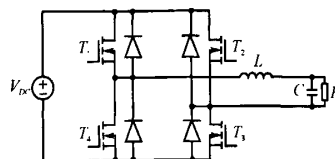


图 1 逆变器主电路拓扑 1

带 LC 滤波器的单相逆变器结构图, 如图 1 所示。

双极性 SPWM 调制方式控制信号,如图 2(a)所示。 T_1 和 T_3 开关一致, T_2 和 T_4 开关一致,两路开关信号互补。单极性 SPWM 调制方式控制信号,如图 2(b)所示。

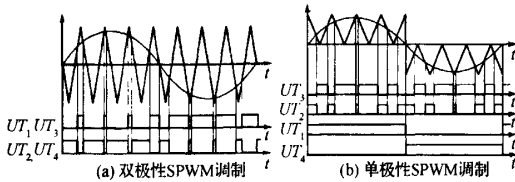


图 2 单极性、双极性 SPWM 调制方式控制信号

2 正弦波逆变器控制电路硬件设计

2.1 双极性 SPWM 调制

以 PIC 单片机的 2 个 CCP 单元为基础,利用 CCP 单元的 PWM 功能,一路 PWM 信号输出经过 IR2103 驱动芯片,分成两路带 520 ns 的互补驱动信号,用来控制 T_1 、 T_2 ;另一路 PWM 信号经过反相器,再经过 IR2103,产生两路互补的驱动信号,用来控制 T_3 、 T_4 。其驱动电路,如图 3 所示。

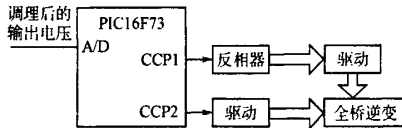


图 3 双极性 SPWM 调制驱动电路

2.2 单极性 SPWM 调制

以 PIC 单片机的 1 个 CCP 单元为基础,利用 CCP 单元的 PWM 功能,PWM 信号输出经过 IR2103 驱动芯片,分成两路带 520 ns 的互补驱动信号,用来控制 T_1 、 T_2 ;RC1 产生 50 Hz 的方波,再经过 IR2103,产生两路互补的驱动信号,用来控制 T_3 、 T_4 。其驱动电路,如图 4 所示。

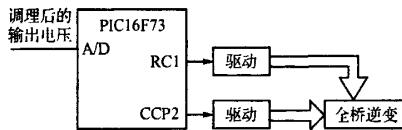


图 4 单极性 SPWM 调制驱动电路

3 正弦波逆变器控制软件设计

3.1 正弦表

$$x_k = M \times \sin\left(\frac{2\pi k}{N}\right) \quad (1)$$

式中 M —正弦表的幅值,尽可能接近 PR2 寄存器的值,以提高 PWM 的精确度; N —一个正弦周期的脉冲个数,试验中取 80; k —取值为 0 ~ 79。

由式(1)计算出来的 80 个数值的正弦表存入 PIC 单片机的 ROM 中,生成的正弦表是按正弦规律变化的一组数值。

3.2 单片机初始化设置

试验中单片机外接 20 MHz 的晶振,指令周期为 0.2 μ s,设置 SPWM 波的开关频率为 20 kHz。PIC 单片机各个寄存器的初始化设置如下^[2]:

(1) SPWM 的开关周期由寄存器 PR2 决定: SPWM 开关周期 = (PR2 + 1) \times 4 \times TOSC \times (TMR2) 预分频,在此设定 PR2 = 0xF9。

(2) TMR2 定时器的控制寄存器 T2CON 设定:由于 SPWM 开关频率较高,无法在每个开关周期内完成 PI 计算和 PWM 调整,在此将 TMR2 定时器后分频设置为 1 : 5,即经过每 5 个相同脉宽的 SPWM 开关波改变一次占空比。

(3) CCP 单元的控制寄存器 CCPxCON 的设定:将 CCP 单元设定为 PWM 功能,CCPxM3:CCPxM0 = 11xx。

(4) PORTC 端口方向寄存器的设定:应设置为输出模式,即 TRISC 的相应位设置为 0。

3.3 SPWM 波产生过程

通过 PIC 单片机,软件产生 SPWM 波形。当 PWM 单元启动后 TMR2 从 0 开始计数,此时 PWM 单元的引脚输出高电平;当 TMR2 > CCPRxL 时,PWM 单元的引脚开始输出低电平;当 TMR2 > PR2 时,TMR2 复位,重新开始另一个周期计数,PWM 单元重新输出高电平。同时 TMR2 的中断标志位 TMR2IF 被置高,开始执行中断程序。

双极性 SPWM 调制瞬时值控制^[3]:中断程序开始后,先查找正弦表,然后采样输出电压,经过 PI 计算,得到下个 PWM 的脉宽,然后将计算的脉宽写入寄存器 CCPRxL 中。此时中断程序流程,如图 5 所示。

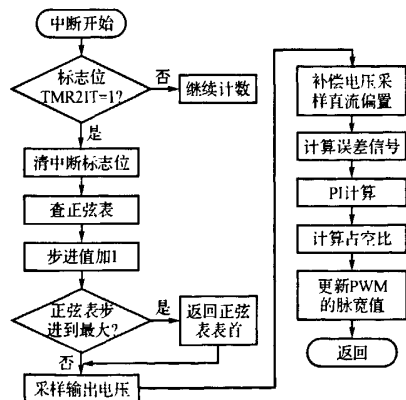


图 5 双极性 SPWM 控制流程图

单极性 SPWM 调制平均值控制^[4]: 中断程序开始后, 先采集半个工频周期电压的平均值, 经过 PI 计算得到幅值, 然后查找正弦表, 幅值与正弦脉宽值相乘得到下一个 PWM 的脉宽。此时, 中断程序流程, 如图 6 所示。

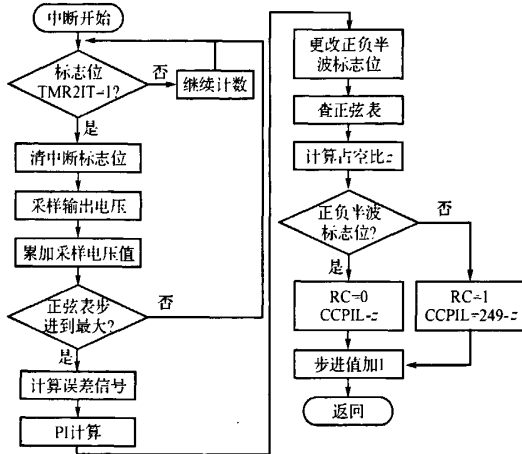


图 6 单极性 SPWM 控制流程图

4 实验结果及分析比较

双极性 SPWM 控制逆变器的两个桥臂下管的驱动波形(如图 7 所示), 为互补的两路波形。单极性 SPWM 控制逆变器的两个桥臂下管的驱动波形^[5,6](如图 8 所示), 分别为工频臂和 PWM 臂。两路驱动信号经过驱动芯片变成 4 路来驱动逆变系统的 MOSFET。

试验系统在直流输入电压为 350 V 左右时, 单、双极性调制带 80 W 负载运行所得输出电压波形, 如图 8、图 9 所示。实验结果比较:

(1) 效率。输出功率 80 W 时, 双极性为 97.3%, 单极性为 98.1%。由于功率不高, 逆变电源的电压高而电流较小, 主电路的损耗主要是开关损耗。由于单极性中有两个管子工作在 50 Hz, 损耗较小。

(2) THD。双极性为 1.28%, 单极性为 0.89%。因为相对于双极性 SPWM 调制, 单极性 SPWM 调制不存在中心谐波 C_k (K 为频率比), 理论上单极性 SPWM 调制下的输出总谐波 THD 比双极性小。

(3) 动态特性。空载切负载调整时间, 双极性为 40 ms 左右, 单极性为 70 ms 左右, 理论分析可知, 双极性每 5 个开关周期调整一次输出电压, 单极性每半个工频周期(即 200 个工频周期)调整一次输出电压, 所以双极性动态特性较好。

(4) 过零点畸变。比较图 8、图 9 可得到, 单极性过零点存在畸变, 原因是单极性调制时, 工频信号切换时, 要求 PWM 信号也从最小切换到最大(或最大到最

小), 如图 2(b) 所示, 单极性调制工频信号是采用 I/O 口输出, PIC 单片机中实现 I/O 口和 PWM 端口同时切换较困难, 而双极性调制的驱动信号互为反向, 所以不存在这个问题。

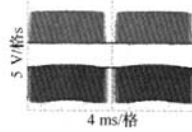


图 7 双极性 SPWM 调制驱动波形

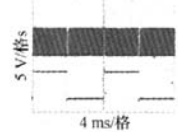


图 8 单极性 SPWM 调制驱动波形

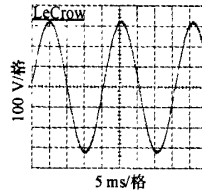


图 9 双极性 SPWM 电压瞬时值控制输出电压波形

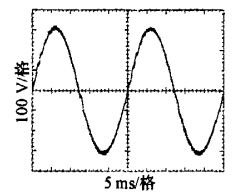


图 10 单极性 SPWM 电压平均值控制输出电压波形

5 结束语

本研究介绍了基于 PIC 单片机的车载逆变电源的逆变器设计, 分别给出了单极性 SPWM 平均值控制和双极性 SPWM 瞬时值控制的软、硬件设计。

由实验可得, 双极性 SPWM 电压瞬时值控制输出电压波形过零点畸变较小, 程序较易实现; 单极性 SPWM 平均值控制输出电压波形 THD、动态特性较好, 效率较高。

参考文献 (Reference):

- [1] 林渭勋. 现代电力电子电路[M]. 杭州: 浙江大学出版社, 2002.
- [2] 何信龙. PIC16C7X 入门与应用范例[M]. 北京: 清华大学出版社, 2002.
- [3] JUNG S L, SUANG H S, CHANG M Y, et al. DSP-Based Multiple-loop Control Strategy for Single-Phase Inverters Used in AC Power Sources[C]//Proceedings of PESC'97. USA: [s. n.], 1997: 706-712.
- [4] MIHALACHE L. DSP control method of single-phase inverters for UPS applications[C]//Proceedings of APEC'02. USA: [s. n.], 2002: 590-596.
- [5] 杨荫福, 周党生. 基于 80C196MC 中频 SPWM 逆变电源数字化控制系统[J]. 电力电子技术, 1999, 10(5): 4-6.
- [6] 程文华. 基于 DSP 的 VVVF 电源设计[D]. 杭州: 浙江大学电气工程学院, 1999.

[编辑: 李 辉]

基于PIC单片机车载逆变电源逆变器的研究

作者: 邓嘉, 张辉, 马皓, DENG Jia, ZHANG Hui, MA Hao
作者单位: 浙江大学, 电气工程学院, 浙江, 杭州, 310027
刊名: 机电工程 **ISTIC**
英文刊名: MECHANICAL & ELECTRICAL ENGINEERING MAGAZINE
年, 卷(期): 2008, 25(6)
被引用次数: 2次

参考文献(6条)

1. 林渭勋 [现代电力电子电路](#) 2002
2. 何信龙 [PIC16C7X 入门与应用范例](#) 2002
3. JUNG S L, SUANG H S, CHANG M Y [DSP-Based Multiple-loop Control Strategy for Single-Phase Inverters Used in AC Power Sources](#) 1997
4. MIHALACHE L [DSP control method of single-phase inverters for UPS applications](#) 2002
5. 杨荫福, 周党生 [基于80C196MC中频SPWM逆变电源数字化控制系统](#) 1999(05)
6. 程永华 [基于DSP的VVVF电源设计](#)[学位论文] 1999

相似文献(1条)

1. 学位论文 焦营营 [基于模糊控制的中频发电机逆变电源的研制](#) 2006

本文以中频汽油发电机为背景,研制了一种新型的单极性调制的恒频恒压逆变电源。这种电源与中频发电机配合工作,为需要备用电源和流动作业的场所提供了方便的电能。论文首先对现代电源一些技术的发展作了综合性的表述;同时根据中频汽油发电机的工作特性,进行了各种设计方案的对比,确定了电源主电路的拓扑结构和控制方案;由于系统的模型难以建立,采用了功能强大的电力电子仿真软件Saber对方案的可行性进行仿真分析;然后详细介绍了电路的设计过程,包括降压环节和逆变环节的原理与设计;针对汽油机工作过程中具有明显的时变性、非线性和不确定性,很难建立精确数学模型的情况下,提出了汽油机的模糊控制调速方法,并详细介绍了汽油机模糊控制器的设计过程;随后讨论了辅助电源、散热系统等电源辅助电路的设计;最后给出了电源的实验结果并进行了分析。

在控制电路的设计过程中,采用脉宽调制集成芯片和PI调节技术相结合构成了BUCK降压电路的电压模式闭环控制器,实现了无差调节,并运用集成度较高的PIC单片机设计了SPWM专用控制器,实现了逆变电路的全数字控制。通过对PWM控制技术的深入了解,采用单极性调制方式实现了逆变桥的SPWM输出,降低了功率管的开关损耗,减少了死区时间的影响,提高了输出波形的质量。

模糊控制是近来得到成功应用的一种智能控制方法,可以对数学模型难以求取、动态性能不易掌握的汽油机进行有效控制。通过对化油器节气门的模糊控制,汽油机的燃油消耗率大大降低,系统的鲁棒性得到加强,使逆变电源在稳定、快速的基础上达到了节能降耗的目的。

最后设计完成了1KVA的电源装置一套,与中频汽油发电机并联运行安全可靠,较好的满足了设计任务书的要求。同类型的产品还有2KVA和5KVA等几种规格,它们的控制器设计方案与此相同,只是在主电路的器件设计上略有差别。

引证文献(1条)

1. 谈扬宁, 朱兆优, 王海涛 [基于PICxx单片机控制的正弦波逆变电源](#)[期刊论文]-[电子元器件应用](#) 2009(8)

本文链接: http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical_jdgc200806027.aspx

授权使用: 石家庄学院(sjzxy), 授权号: 6e570fad-fe5c-4287-92dd-9e34014c6fcc

下载时间: 2010年11月20日