

基于 TMS320LF2407 的小型变频器设计

田 丰^{1,3}, 彭晓南²

(1. 河南科技大学 电子信息工程学院, 河南 洛阳 471003; 2. 河南科技大学 机电工程学院, 河南 洛阳 471003; 3. 中国农业银行 洛阳分行, 河南 洛阳 471000)

摘要:利用高速数字信号处理器 TMS320LF2407 作为控制核心,设计了一款性价比高的全数字小功率变频器,该变频器硬件部分由主电路、操作面板和辅助开关电源等部分组成;软件部分用于实现控制功能,能够实现:PWM 信号的产生、模拟信号的采集与处理、故障处理、人机界面通讯和参数设定的处理以及运行模式的选择。该变频器具有体积小、结构简单、控制灵活的特点,可以满足对调速要求高的场合。

关键词:信号处理器;变频器;开关电源

中图分类号: TN773

文献标识码: A

0 前言

随着电力电子技术和微机控制技术的迅速发展,交流变频调速系统的性能指标已完全可以与直流调速相媲美,交流调速正在逐步取代直流调速。

目前,作为变频调速系统核心部件的变频器有两个研究热点:一是将变频器的功率做的更大,满足超大功率场合调速拖动的需求;二是将功率做到更小,满足小功率、超小功率场合的需求。向大功率方向扩展所要解决的主要难题是提高可靠性和稳定性,向超小功率方向扩展要解决的主要难题是提高性价比。而计算机技术和专用控制芯片的发展,使得提高小功率变频器的性价比成为可能^[1]。小功率特别是超小功率变频器的应用对象遍布各行各业,例如在各种小型变频家用电器、小型的纺织生产线、输送带、压缩机、磨粉机、搅拌器、送风机、测试台以及风洞等方面均有应用,一旦推广,必将产生可观的经济效益和社会效率。

由于先前的变频器大多采用单片机作为控制核心,而单片机存在着运算速度慢、不易实现复杂控制算法、外围电路复杂等缺点,随着调速要求的提高,基于单片机控制的变频器,已不能满足实际需要,而数字信号处理器则具有运行频率更高且集成许多外围控制电路等特点,非常适合进行电机控制^[2]。

本研究拟采用变频器交-直-交电压型逆变电路^[3]的电机控制专用高速数字信号处理器(DSP) TMS320LF2407^[4]和拥有强大的运算功能,可以高效完成电机实时控制算法^[5~7],进行小型变频的设计,从而降低成本。

1 TMS320LF2407 的特点与变频器系统的组成

设计的小功率变频器系统采用 TI 公司的 TMS320LF2407 处理器作为核心控制芯片,利用它丰富的外围电路,强大的功能来实现所有的工作、控制和相应的保护功能,该芯片主要有以下特点^[8]:

(1)采用高性能静态 CMOS 技术,使得供电电压降到 3.3V,减少了控制器的功耗;40MIPS 的执行速度使指令周期缩短到 25ns,从而提高了控制器的实时控制能力和响应速度。

(2)片内有高达 32K 字 16 位的 Flash 程序存储器,高达 2.5K 字 ×16 位的数据/程序 RAM,544 字的双端口 RAM,2K 字的单口 RAM。

(3)两个事件管理器模块 EVA 和 EVB,每个模块包括:2 个 16 位的通用定时器,8 个 16 位的脉宽调制(PWM)通道。它们能够实现三相反相器控制,PWM 的对称和非对称波形,当外部引脚 PDPINTx 出现

作者简介:田 丰(1970-),男,河南洛阳人,高级程序员,在职硕士生;彭晓南(1949-),男,江西南昌人,副教授,主要研究方向为啮合理论。

收稿日期:2005-04-10

低电平时,DSP快速关断PWM输出,可编程的PWM死区控制可以防止上下桥臂同时导通;3个捕获单元,片内光电编码器接口,16通道A/D转换器。事件管理模块适合控制交流感应电机、无刷直流电机、开关磁阻电机、步进电机、多极电机和逆变器。

(4)可扩展的外部存储器,共有192K字空间,方便了程序的调试。

(5)看门狗定时器模块(WDT),监测系统的运行状态,提高了系统的可靠性。

(6)5个外部中断(两个功率驱动保护、复位和两个可屏蔽的中断),当检测到直流母线上出现过流时,通过PDPINT使TMS320LF2407通过内部硬件自动封锁六路PWM输出,同时申请中断对故障作进一步的处理。

(7)电源管理包括有3种低功耗模式,能独立将外设器件转入低功耗工作模式,减少系统的功耗。

(8)10位A/D转换器的最小转换时间为500ns,大大提高了A/D的采样和转换速度^[9]。可以用来检测变频器输出的电压和电流及其它相关信号,显示在控制面板上。当输出电压和电流出现异常时,经快速采样和转换后,调用相应的处理程序,做进一步的处理,调整变频器的输出。由于采用了高速DSP芯片和快速A/D,缩短了DSP响应和处理保护电路信号的时间,避免造成更大的损失。

其中,事件管理模块是实现变频调速的关键,也是该变频器设计的重要特点。利用该芯片的事件管理模块,可以十分方便地输出调速所需的变频、变压的同步PWM波形,作为三相逆变器的驱动信号,逆变器的输出驱动三相感应电机,构成了最简便的变频调速系统。利用芯片的功率驱动保护中断,可以构成相应的保护电路。当输入电压过高,三相逆变器输出电流过大,TMS320LF2407会立即关闭PWM波形输出,可以保护功率器件。该变频器输入为常用的50Hz、220V交流,故特别适用于小功率及超小功率调速场合。变频器的控制面板采用专用的键盘和显示芯片HD7279^[10]。为降低成本,辅助开关电源部分采用价格低、性能良好、外围元件少的UC3842^[11]。变频器的原理框图如图1所示。

从图1中可以看出:TMS320LF2407芯片是该变频器的控制核心。它能够输出具有可编程死区控制的PWM波形,PWM波形的死区是为了避免同一桥臂的上下功率管同时导通造成短路。TMS320LF2407芯片输出三对互补的PWM信号经光电隔离后,输入到IGBT的驱动电路,然后驱动带有续流二极管的六单元IGBT模块,根据不同占空比的PWM波形,可以输出具有变频、变压的三相交流输出,直接驱动三相小功率交流感应电机。

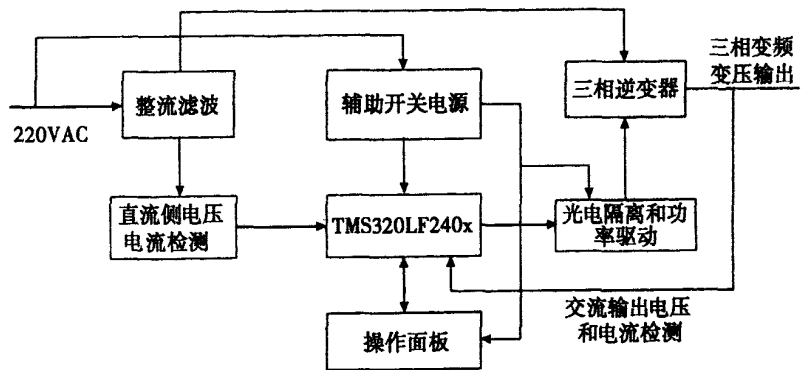


图1 小功率变频器原理框图

2 主电路部分

图2是主电路框图,主要组成模块如下:

(1)整流电路。采用单相的220AC作为输入电源,整流电路采用单相全波整流桥^[12]。由图1可知,输入的220VAC经过整流滤波后可得到光滑的高压直流,该直流作为三相逆变器的输入电压。

(2)过电压、过电流检测单元。检查整流滤波电容两端的电压及其直流回路的电流,信号经过转换后连接到DSP芯片功率驱动保护管脚。当过电压、过电流等发生时,TMS320LF2407能够将PWM输出引脚置为高阻态,使逆变器停止工作,从而提供相应的安全保护,避免造成更大的损失,同时申请中断对故障作进一步的处理。

(3)光电隔离和功率驱动电路。由于信号是高速变化的,光电隔离采用6N137快速光耦,以满足系统的需求。功率驱动芯片采用三片IR2110^[13],它的输出信号可直接驱动IGBT模块。

(4) 逆变电路。由带有续流二极管的六单元 IGBT 模块组成,把整流桥整流后的直流电,再逆变成频率、幅值都可调的交流电,这是变频器实现变频的执行环节,也是变频器的核心^[14,15]。

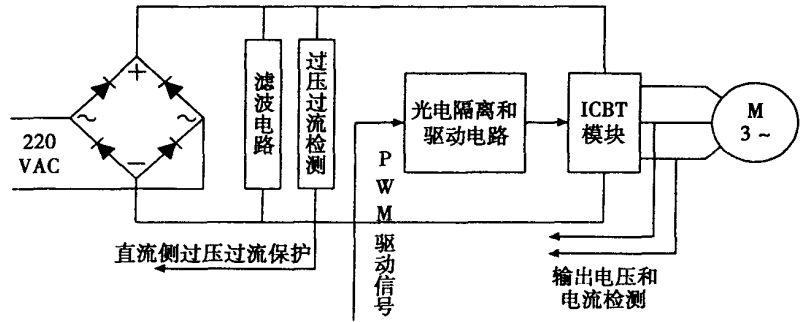


图2 主电路框图

(5) 输出电压和电流显示与检测模块。逆变器输出的电压和电流经 TMS320LF2407 采

样和转换后,可以实时显示在控制面板上。同时,当逆变器工作不正常,输出电压和电流异常时,TMS320LF2407 也可以调用相关子程序,控制逆变器的运行。

3 操作面板部分

该小功率变频器提供了简单易操作的控制面板,具有良好的人机界面。面板上有丰富的按键和显示模块,通过面板能够对变频器的启动和停止进行控制,能够在线设置变频器运行模式,交互式设定参数,并能够显示各种错误代码,方便维护操作。

在系统中,TMS320LF2407 采用中断方式来确认按键值,采用中断能够减少 DSP 对 HD7279 的访问次数,减少对 DSP 的占用,同时使得程序运行更有效率,提高系统的实时响应能力。DSP 和 HD7279 的连线有数据线、时钟线、片选信号和中断线。当有按键操作时,HD7279 的中断引脚产生一个低电平,DSP 响应该中断,并调用相应的中断处理程序,判断所按的按键,并根据按键值做进一步的操作。在该变频器中,使用 4 个数码管显示变频器的各种运行状态,显示对变频器的各种设置。由于 HD7279 可以支持 64 个按键和多于 8 位的数码管显示,因此对没有用到的按键和数码管,可以不连接,不会影响到键盘的使用。

4 辅助开关电源部分

辅助开关电源可以输出 +5V、+5V、+15V 等多路直流电压,为 DSP 和系统的其他元器件供电。由于 TMS320LF2407 的工作电压是 3.3V,必须在系统中加一个电源转换芯片,这里选用 TI 公司的 TPS7301 芯片,接上适当的外围电阻,构成电阻分压器,就可以得到 3.3V 的输出电压。由于系统采用了光电隔离器件,为保证良好的接地,必须为系统提供两路独立的 +5V 电源。图 3 是开关电源的原理框图。

在该电路中,采用单独的 220VAC 作为输入,这样可以避免输入电压和主电路电流的波动,影响 DSP 处理器和其它元器件的正常工作。由于采用了高速实时数字信号处理器 TMS320LF2407 和其它灵敏的电子元器件,为提高变频器的稳定性,对开关电源的质量提出较高的要求。为满足系统对开关电源的需求,采用了以下措施:首先,开关电源部分采用专用的整流滤波电路,不共用主电路的整流模块,可以减少电网电压波动和主电路中电流的波动对开关电源的影响。其次,对开关电源的 PWM 脉宽调制控制器集成电路,采用价格低、性能良好、外围元件少的 UC3842,也可以降低成本。试验证明该开关电源能够输出变频器所需的稳定高质量的直流电压,能够使变频器稳定的工作。

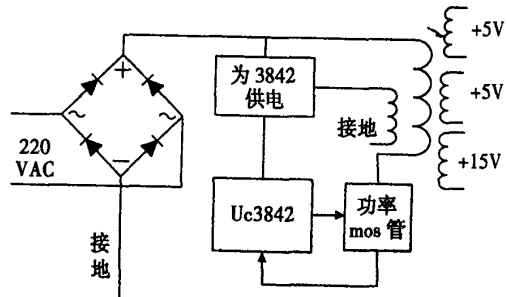


图3 开关电源原理框图

5 变频器的软件设计

变频器的控制功能由 TMS320LF2407 的软件部分来实现,包括主程序和中断服务程序。变频器的软件具有以下几个功能: PWM 信号的产生、模拟信号的采集与处理、故障处理、人机界面通讯和参数设定的处理以及运行模式的选择。

根据变频器的工作原理和特点,其软件流程图如图 4 所示。

主程序对系统进行初始配置,完成初始化后,进入主循环,开始正常的工作方式。当 DSP 检测到有中断的发生时,根据中断的类型,调用中断子程序,可以实现参数设置、运行方式设置、报警、保护等功能。

6 结束语

本文所设计的小功率变频器是以 TI 公司的 TMS320LF2407 处理器为控制核心,利用它功能强,性价比好,外围电路简单,可靠性高,使用方便等特点,构成超小型变频调速系统,具有良好的应用前景。利用该芯片的串行通讯接口模块(SCI),还可以实现变频器与上位机的通讯,可以利用上位机对多个变频器实现集中控制。

本系统理论性能指标如下:输入:单相交流输入,电压波动范围:-20%~+20%,频率范围:50~60Hz。输出:三相0~到电机额定电压。输出频率范围:0~400Hz。输出频率精度:0.01%×最高频率。

参考文献:

- [1] 潘新民. 微型计算机控制技术[M]. 北京:人民邮电出版社,1999.
- [2] 陈林,熊有伦,侯立军. 基于 DSP 的变频调速系统的设计[J]. 电工技术杂志,2002,(3):9-11.
- [3] 苏开才,毛宗源. 现代功率电子技术[M]. 北京:国防工业出版社,1995.
- [4] 刘和平,严利平,张学锋,等. TMS320LF2407 DSP 结构、原理及应用[M]. 北京:北京航空航天大学出版社,2002.
- [5] Mho Hur, Jinhwan Jung, Kwanghee Nam. A Fast Dynamic DC-link Power-balancing Scheme for a PWM Converter-inverter System [J]. IEEE Trans, Industrial Electronics, 2001, 48(4):794-803.
- [6] Maswood A I, Lin Jian. Optimal Online Algorithm Derivation for PWM SHE Switching [J]. Electronics Letters, 1998, 34(8):821-823.
- [7] Munoz Garcia A, Lipo T A, Novotny D W. A New Induction Motor V/f Control Method Capable of High-performance Regulation at Low Speeds [J]. IEEE Trans, Industry Applications, 1998, 34(4):813-821.
- [8] TMS320LF/LC240xA DSP Controllers Reference Guide System and Peripherals[Z]. Texas Instruments, 2001.
- [9] 侯勇涛,项止武,谢康林. 交流变频调速加载测试系统中的数据采集和处理[J]. 煤矿机电, 2002, 2:5-7
- [10] 袁静萍,厉荣卫. 键盘显示智能控制芯片 HD7279 及应用实例[J]. 常州技术师范学院学报, 1999, 5(4):18-24.
- [11] 陈炜,赵修科. 采用普通脉宽调制电路 3842 控制的 PFC 电路[J]. 电力电子技术, 1997, (2):65-104.
- [12] 谭建成. 控制电机专用集成电路[M]. 北京:机械工业出版社,1997.
- [13] 尉广军,王竹林,史连艳,等. IR2110 在 BUCK 变换器中的应用[J]. 自动化与仪表, 2002, (1):60-62.
- [14] 肖闯进. 基于 TMS320C54X 的数字变频器 DSP 实现[J]. 常州工学院学报, 2003, 16(4):62-64.
- [15] 袁澜,刘文胜,姬宣德. 基于 DSP 的永磁无刷直流电动机控制系统设计[J]. 河南科技大学学报(自然科学版), 2003, 24(1):51-54.

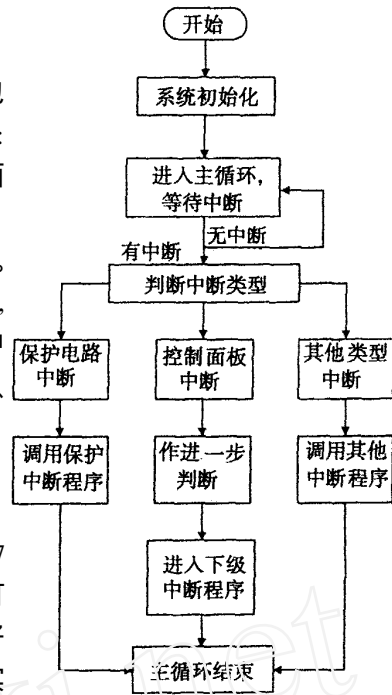


图 4 软件流程图

图 4 软件流程图

Journal of Henan University of Science and Technology (Natural Science)

Vol. 26 No. 6 (Sum No. 97) Dec. 2005

CONTENTS AND ABSTRACTS

Material Science and Engineering ·

Research of Certain Non-nickel Austenite Stainless Structure and Performance (1)

LI Yan¹, XU Yu-Song², ZHU Yao-Min¹, ZHANG Xing-Yuan¹, LI Quan-An¹, CHEN Xiao-Hong¹ (1. *Material Science & Engineering College, Henan University of Science & Technology, Luoyang 471003, China*; 2. *Material Science & Engineering College, Jiangsu University of Science & Technology, Zhenjiang 212003, China*)

Abstract: Fe-Cr-Mn-C-N non-nickel austenite stainless was prepared by medium-frequency induction furnace smelting and electro slag quadratic techniques. The structure and performance of the steel was measured, indicating that its phase structure is single-phase austenite and the average grain size crystal diameter is 85 μ m, no element segregation was founded in the steel. The mechanical properties of the steel are as follows: $\sigma_b = 1205$ (MPa), $\sigma_{0.2} = 632$ MPa, δ_5 (%) = 39, HB = 296, which displays better hardness and toughness.

Key words: Non-nickel austenite stainless steel; Microscopic structure; Fracture analysis; Mechanical property

CLC number: TGI46

Document code: A

Article ID: 1672-6871 (2005) 06-0001-02

The Present Research on and Application of High Vanadium High Speed Steel (3)

SHAO Kang-Zhen^{1,2}, WEI Shi-Zhong², LONG Rui² (1. *Material Science & Engineering College, Henan University of Science & Technology, Luoyang 471003, China*; 2. *Henan Engineering Research Center for Wear Materials, Henan University of Science & Technology, Luoyang 471003, China*)

Abstract: What is summarized in this paper is the present situation, current questions and prospects for high vanadium high speed steel. Stress is put on the evolution of the study of smelt process, composition design and microstructure characters of high vanadium high speed steel. The effects of ratios between vanadium and carbon on wear resistance, and of modification of primary carbon are included. Introduction of the application to the roller industry is also considered. Corresponding advice on research of the material is put forward.

Key words: High vanadium high speed steel; Composition designing; Wear resistance; Modification

CLC number: TGI42.45

Document code: A

Article ID: 1672-6871 (2005) 06-0003-04

Effects of Al/Zn Ratio on the Microstructure and Properties of Aged Mg-Al-Zn Alloys (7)

LIU Hong-Wei, LUO Cheng-Ping, LIU Jiang-Wen (*College of Mechanical Engineering, South China University of Technology, Guangzhou 510640, China*)

Abstract: An investigation was made on the microstructure and mechanical properties of aged Mg-Al-Zn alloys with various Al/Zn ratios. It was found that with the Al/Zn ratio decreased from 9:1 (AZ91) through 6:4 (AZ64) to 4:6 (AZ46), the as-cast microstructure was refined; peak hardness of the alloys aged at both 200 and 150 decreased, with the occurrence of peak hardness delayed as the ageing temperature was lowered; the tensile strength and ductility of the alloys also decreased. TEM study revealed that precipitate $\text{-Mg}_{17}\text{Al}_{12}$ in AZ64 alloy is smaller than that in AZ91 alloy and both $\text{-Mg}_{17}\text{Al}_{12}$ and MgZn which is perpendicular to the base plane of the matrix can be found in AZ46 alloy.

Key words: Alloy; Ageing treatment; Cast structure

CLC number: TGI46

Document code: A

Article ID: 1672-6871 (2005) 06-0007-04

Machinery and Instruments ·

The Design of Small Inverter Based on TMS320LF2407 (11)

TIAN Feng^{1,3}, PENG Xiao-Nan² (1. *Electronic Information Engineering College, Henan University of Science & Technology, Luoyang 471003, China*; 2. *Electromechanical Engineering College, Henan University of Science & Technology, Luoyang 471003, China*; 3. *Agricultural Bank of China Luoyang Branch, Luoyang 471000, China*)

Abstract: In this paper, a full digital small power inverter is presented which uses TMS320LF2407 as its control core. The hardware of the converter consists of a main circuit, operational panel and auxiliary switch power supply, etc. The control function is managed by the software, which can produce a PWM signal, collect and process the analog signals, troubleshoot, perform man-machine conversation, set up parameters and select the running mode. Having the features of small size, simple structure, and flexible control, this inverter can be used where exact speed control is required.

Key words: Signal Processor; Inverter; Switch power

CLC number: TN773

Document code: A

Article ID: 1672-6871(2005)06-0011-04

On Properties of Dual Conical Surfaces Twice Covered Cylinder Worm Gearing (15)

ZHAO Shu-Jie¹, PENG Xiao-Nan¹, XU Yi-Ping² (1. *Electromechanical Engineering College, Henan University of Science & Technology, Luoyang 471003, China*; 2. *Department of Architectural Engineering, Luoyang College of Technology, Luoyang 471003, China*)

Abstract: Based on differential geometry and spatial engaging theories, a set of formulae of dual conical surfaces twice covered cylinder worm gearing have been derived. The computing results indicate this type of worm gearing, variation in contact and engagement is smaller in the distributed area of grinding wheel radius ($r = 60 \sim 200$); the influence on worm tooth form when the half cone angle of grinding wheel is changed on is also analyzed. A conclusion can be made that the grinding wheel radius can be changeable but that the half cone angle can not when the worm is machined. Compared with Archimedes worm, the superiority of this worm is shown.

Key words: Worm; Gear engaging; Double enveloping worm gearing; Mesh capability

CLC number: TH132.44

Document code: A

Article ID: 1672-6871(2005)06-0015-04

Three-dimensional Variation Design for Jig Parts Based on Solid Works (19)

WANG Xia, ZHANG Yao-Zong, LI Zhan-Jun (*Material Science & Engineering College, Henan University of Science & Technology, Luoyang 471003, China*)

Abstract: Since the size variation of standardized jig parts usually varies within groups, three-dimensional entity models for various jig parts can be set up in SolidWorks. ADO technology is widely used, data base for size variations in groups is built and a program developed with VB. Once one group of size variations is selected, the required jig parts are generated by driving SolidWorks with the program, so that jig parts can be designed automatically to drive the whole process of jig parts production in service time.

Key words: Machinery parts; Tongs; Model(s) of parts; Data processing

CLC number: TH122; TP391.72

Document code: A

Article ID: 1672-6871(2005)06-0019-03

·Traffic and Transportation, Energy and Power Engineering ·

The Computation Based on CFD of a Engine Inlet Port (22)

CHEN Wei, DU Fa-Rong, WU Jian, XU Bin (*Vehicle & Motive Power Engineering College, Henan University of Science & Technology, Luoyang 471003, China*)

Abstract: The traditional method of designing the inlet port of a diesel engine is to make tests, procure experimental data and analyze these results many times before we get the desired model data. However, the computational fluid dynamics(CFD) can be used to simulate the fluid field of an inlet port, along with visualization display. Applying CFD to simulate the fluid field of a inlet port in a kind of 385 diesel engine, and with 3D analog computing as well, we analyze these results and prove its effectuality. From the results, a conclusion can be made that CFD can be used to direct the port design of internal-combustion engines and has high application value.

Key words: Diesel Engines, Air Inlets; Computational fluid dynamic

CLC number: TK402

Document code: A

Article ID: 1672-6871(2005)06-0022-03