

基于LPC2138的异步电动机变频调速系统*

王彪, 曹军胜

(中国科学院长春光学精密机械与物理研究所, 吉林 长春, 130033)

摘要: 本文设计研制了一种以LPC2138高性能ARM7处理器作为主控器, 采用SPWM算法和恒压频比控制策略的新型异步电动机变频调速系统。该系统具有处理速度快、控制精度高、结构简单、工作稳定的优点, 可实现异步电动机的平滑调速, 同时器件开关损耗小, 适用于普通工业电机控制场合。

关键字: LPC2138; 电动机; 变频调速; SPWM

中图分类号: TP921.51 文献标识码: B 文章编号: 1003-7241(2010)10-0100-04

Variable Frequency System for Asynchronous Motor Based on LPC2138

WANG Biao, CAO Jun-sheng

(Changchun Institute of Optics, Fine Mechanics and Physics, Chinese Academy of Sciences, Changchun 130033 China)

Abstract: The article designs a variable frequency system for asynchronous motor based on LPC2138. It uses SPWM and constant ratio of voltage to frequency algorithm, and selects high-performed LPC2138 as the central control unit. As the system adopts digital control, it achieves high precision control and high treatment speed. Its structure is simple and the system is highly stable. The practice indicates that the system can adjust the speed smoothly and the device switching loss is few, and can be used for various industrial applications.

Key words: LPC2138; motor; speed controlling by variable frequency; SPWM

1 引言

电动机已经在工农业生产、交通运输、国防建设等方面得到了广泛的应用, 其中的很多场合对电动机的速度调节具有一定的要求, 如车辆、机床等; 同时水泵、风机等平方率型负载也需要通过调节速度来节能^[1-10]。变频调速技术及其系统的应用能够大幅提高以电动机为主的电力系统的控制性能及节能性能, 具有重要的现实意义。本文采用SPWM算法和恒压频比控制策略, 以ARM7处理器LPC2138的为主控器, 设计研制了一种新型异步电动机变频调速系统。

2 SPWM产生原理

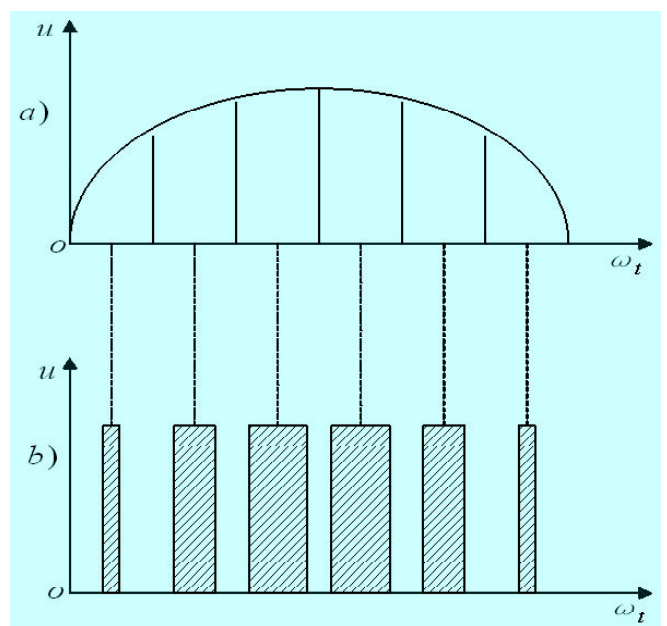


图1 SPWM调制原理图

* 基金项目: 吉林省科技发展计划重点项目(编号20100352)

收稿日期: 2011-09-15

根据系统要求,期望变频器输出的电流波形是纯粹的正弦波形,但就目前而言,还不能研制如同正弦波那样标准的可变频变压的的逆变器。比较容易实现的一种方法是利用逆变器输出的一系列等幅不等宽的矩形脉冲波形,这些波形与正弦波等效。等效的原则是每一区间的面积相等。如果把一个正弦波 N 等分,然后把每一等份的正弦曲线与横轴所包围的面积都用一个与此面积相等的矩形脉冲来代替,每一等份矩形脉冲的时间中点与正弦波相应每一等份的时间中点相重合。这样,由 N 个等幅不等宽的矩形脉冲所组成的波形就与正弦波的半周等效,称为 SPWM 波形(如图 1 所示)。

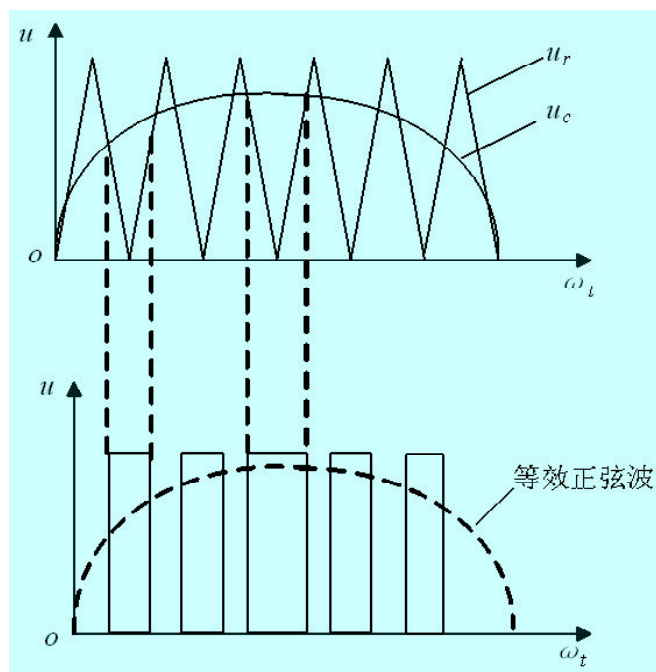


图2 SPWM波产生原理图

本系统产生正弦脉宽调制波 SPWM 的原理是以正弦波作为逆变器输出的期望波形,用频率比期望波高得多的等腰三角波作为载波,并用频率和期望波相同的正弦波作为调制波,当调制波与载波相交时,由它们的交点确定逆变器开关器件的通断时刻,从而获得在正弦调制波的半个周期内呈两边窄中间宽的一系列等幅不等宽的矩形波^[11](如图 2 所示)。

本系统以 ARM7 微处理器 LPC2138 为主控制器来产生 SPWM 信号。首先计算出三相正弦函数的每一相幅值为 1 的正弦函数对应于各采样点 k ($k=0,1,2,\dots,N-1$, N 为每个周期的采样点数)点的正弦函数值,把计算结果制成表格,称为基准正弦函数表,存于 LPC2138 的

FLASH 中,以备查用。对于三相正弦函数,用移动查表指针的方法,由同一张基准正弦函数表可以确定出 U 、 V 、 W 三相的正弦函数值。具体地说,从基准正弦函数表中查取某一采样点 k 时的正弦函数值,即 U 相的正弦函数值,将查表的地址指针向前移动 $2N/3$ 个单元,查得的值即为 W 相的正弦函数值;同理,将地址指针向后移动 $2N/3$ 个单元,查得的值即为 V 相的正弦函数值^[12]。

3 系统硬件电路设计

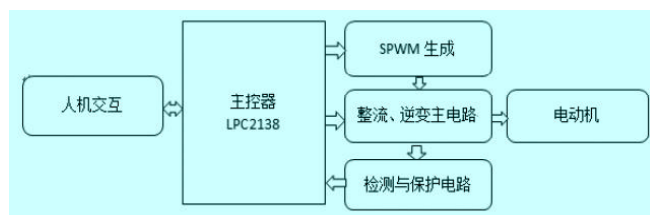


图3 数字控制变频器异步电动机调速系统框图

系统硬件框图如图 3 所示,系统以 LPC2138 为主控制器,由 LCD 液晶显示模块和键盘扫描模块构成人机交互界面,负责显示电路运行状态和输入运行指令。键盘扫描子程序扫描按键后将键码输入 LPC2138,LPC2138 通过键码识别指令,然后控制自身定时器的捕获比较单元产生对应的 SPWM 波,产生的 SPWM 波输入到整流逆变电路部分,由 SPWM 波控制逆变器改变直流电源信号的电压和频率,然后输入电动机,达到控制电动机运行状态的目的。同时系统的检测与保护电路单位可以对电机运行过程中的过流、过压和温度过高等进行监控和保护。

3.1 主控芯片选择

该系统需要数字化控制电机运行状态及实时监控电路状态,同时还要求较高速度来产生 SPWM 波形,另外由于应用环境恶劣要求主控芯片还需具有很高的稳定性以适用于工业化应用场合,由 NXP 公司生产的 ARM7 系列高性能 LPC2138 处理器可以满足这一系列要求^[13]。LPC2138 是基于一个支持实时仿真和嵌入式跟踪 32 位 ARM7TDMI-STM CPU 的微控制器,其带有 512KB 的嵌入的高速 Flash 存储器和 32KB 的 SRAM,其 128 位宽度的存储器接口和独特的加速结构使得 32 位代码能够在最大时钟速率下运行。并且可以通过使用 16 位 Thumb 模式将代码规模降低至 30%,而性能的

损失却很小。LPC2138 拥有 2 个 UART 接口、1 个 SPI 接口、1 个 SSP 接口和 2 个 I²C 接口,这些串行通信接口使得 LPC2138 具备了丰富和强大的通讯互联功能。LPC2138 具有高速度、高可靠性、高稳定性的特点,其所具有的 4 路捕获和比较单元可以满足产生 SPWM 的需要;其内部所具有的 512KB 嵌入式高速 FLASH,可用于存储产生 SPWM 波形所需的三相函数表;LPC2138 片内 PLL 可实现最大为 60MHz 的 CPU 操作频率,可满足高速运算和控制的需求;其多个 32 位定时器、1 个或 2 个 10 位 8 路 ADC、10 位 DAC、PWM 通道和 47 个 GPIO 以及多达 9 个边沿或电平触发的外部中断使它们特别适用于工业控制系统。

3.2 主电路设计

本系统的主电路由二极管整流器、PWM 逆变器和中间直流电路三部分组成,图 4 为系统主电路原理图^[14]。

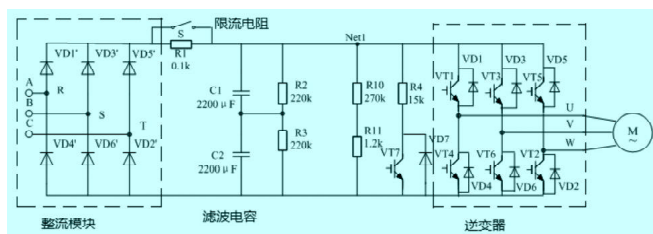


图4 主电路原理图

整流模块选用北京安泰志诚科技公司的 MDS 系列三相整流桥模块 MDS30,将交流电变成直流电。为了避免大电容 C_1 、 C_2 在通电瞬间产生过大的充电电流,在整流器和滤波电容间的直流回路上串入限流电阻。接通电源时,先限制充电电流,再延时,用开关 S 将其短路,以免长期接入时影响变频器的正常工作和产生多余的附加损耗^[15]。

整流电路输出的直流电压含有脉动成分,此外逆变部分产生的脉动电流及负载变化也使直流电压脉动,因此要加入大电容滤波环节。滤波电容值理论上越大越好,考虑到体积和价格,选用两个 $2200\mu\text{F}/450\text{V}$ 的电容器串联,其总耐压值为 900V ,电容量为 $1100\mu\text{F}$ 。

逆变电路的功率开关器件选用的是以绝缘栅双极晶体管(IGBT)为核心的智能功率模块(IPM)^[16]。IGBT 具有耐压高、电流大、开关频率高、导通电阻小、控制功率小等特点。而智能功率模块(IPM)是将大功率开关器件和驱动电路、保护电路、检测电路等集成在同一个模块内。目前的 IPM 一般采用 IGBT 作为大功率开关器件。

考虑两倍的过载倍数以及 1.5~2.0 安全系数,选用三菱公司的新型 DIP-IPMPS22053。

3.3 检测与保护电路设计

在变频调速系统的主电路中,由于电力电子器件频繁工作在开通和关断中,逆变器工作在一个电流电压脉动比较大的环境下,为了保护这些电力电子器件,同时也为了调试上的方便,需要设计多个保护电路。各种故障的保护由电压、电流、温度等检测信号经信号处理电路进行分压、光电隔离、滤波、放大等综合处理,得到的信号输入到 LPC2138 自身的 A/D 转换器,经运算处理,产生控制信号和显示信号,分别输入到保护电路和显示模块当中。图 5 为该部分电路的原理框图。

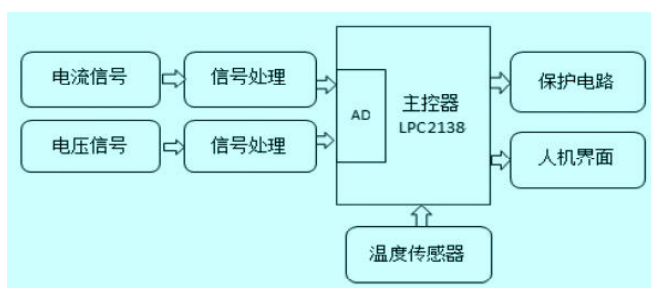


图5 检测保护电路示意框图

4 系统软件设计

图 6 为系统主程序软件流程图,程序主体是利用 LPC2138 的捕获比较单元,产生 3 路 PWM 信号,以恒压频比控制方式来完成电机的控制算法。首先,确定 LPC2138 的中断周期,设频率值为 f ,载波比为 N ,则中断周期为: $T=1/Nf$,在程序中将其转化为相应的时钟周期数,并预先将某一频率值对应的中断周期计算好,制成表格,存储到 LPC2138 的 FLASH 当中以备查表。本系统运行的频率范围为 0~10Hz,载波比 N 为 360,11~20Hz 载波比为 180,21~30Hz 载波比为 120,31~40Hz 载波比为 90,41~50Hz 载波比为 72。预先计算好一周 360 个采样点的单位正弦值,按顺序制成表格,在程序中判断根据不同的频率范围对应的载波比 N 值,以不同的步进值来取单位正弦值,然后根据控制需求计算和改写匹配寄存器 PWM MR_x ($x=0,1,2$) 的值。根据频率指令值查表得到相应采样周期对应的机器周期以及调幅比值,并把周期值存入寄存器 PWMTC 中进行设定。PWM MR_x 值的计算和改写都在中断服务程序里完成,进入中断服务程序后,查表得到单位正弦表中下一个采样点各相中对应的正弦

值,由此来计算出各相的开通和关断时间。由于查表所得的数据已经是经过量化的时钟周期数,所以上述计算所得的结果也是开通和关断时间所对应的时钟周期数,并将其写入到PWMMRx当中。

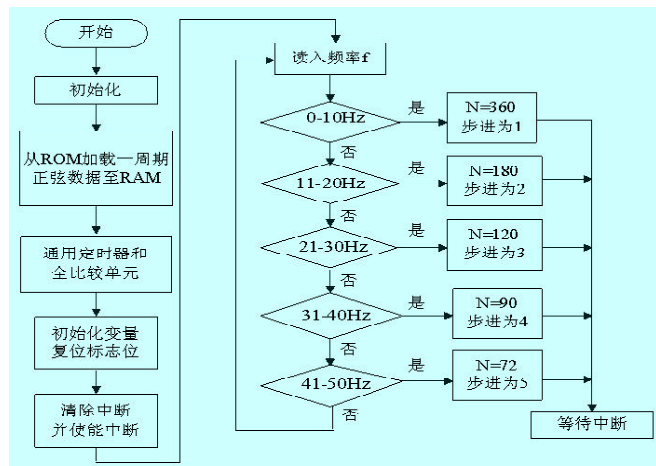


图6 系统主程序软件流程图

中断程序是对SPWM波脉宽进行计算的程序,由于有3路PWM形成(分别对应U、V、W相)故需要开启3个中断服务程序。3路PWM对应3个中断服务程序,这3个中断服务程序功能类似,其区别只是使用不同的指针和对应不同的PWN匹配寄存器。当PWM计数器值与对应匹配寄存器值相等时,中断被触发,进入中断后先保护现场,然后判断电动机电源频率设定值是否改变,如果改变则读取新值并计算设置新的PWMTc;如果频率没有改变,则将指针指向预先存进FLASH中的正弦函数表读取数据,根据当前频率对应的步进值将指针指向下一个数据,然后恢复现场返回主程序。

5 结束语

本文以三相交流异步电动机为被控对象,采用高性能的ARM7处理器LPC2138为主控芯片,通过SPWM控制技术对交流电机实现恒压频比控制,设计了基于ARM7的交流电机变频调速系统,该系统结构简单,可靠性强,非常适用于工业电机数字化自动控制场合。

参考文献:

- [1] 王生怀,陈育荣,王淑珍等.三维精密位移系统的设计[J].光学精密工程,2010,(1):175-182.
- [2] 刘建伟,梁晋,梁新合,等.大尺寸工业视觉测量系统[J].光学精密工程,2010,(1):126-134.

[3] 邱晓波,窦丽华,单东升等.光电跟踪系统自抗扰伺服控制器的设计[J].光学精密工程,2010,(1):220-226.

[4] 王祥鹏,梁雪梅,李再金,王冰冰,王立军.880nm半导体激光器阵列及光纤耦合模块[J].光学精密工程,2010,(5):1021-1027.

[5] 田学光,田兴志,刘轩,刘伟.大型精密转台高精度角度微驱动装置的研制[J].光学精密工程,2010,(5):1112-1118.

[6] 仇中军,周立波,房丰洲,江田弘等.石英玻璃的化学机械磨削加工[J].光学精密工程,2010,(7):1554-1561.

[7] 张斌,李洪文,郭立红,孟浩然,王建立,阴玉梅.变结构PID在大型望远镜速度控制中的应用[J].光学精密工程,2010,(7):1613-1619.

[8] 李琳,厉明,艾华.微型光电编码器在电机角速率辨识中的应用[J].光学精密工程,2010,(8):1738-1745.

[9] 陈诚,裘祖荣,李醒飞,董成军,张晨阳.伺服系统中滚珠丝杠的温度场模型[J].光学精密工程,2011,(5):1151-1155.

[10] 柳华,刘伟奇,冯睿,魏忠伦,张健.柔性双补偿杆式动镜支撑机构的设计[J].光学精密工程,2011,(6):1313-1314.

[11] 彭军.三相交流电机SPWM变频调速系统设计与研究[D].成都:电子科技大学,2005.

[12] 刘宏林,訾兴建,李永生,包丽雅.模拟控制的三相SPWM变频调制器电路的设计[J].淮北职业技术学院学报,2007,6(3).

[13] 张渭元.三相正弦波发生器[P].中国专利:88211670.3.1989-2-15.

[14] 李为民,姜漫.基于光电编码器的速度反馈与控制技术[M].北京:现代电子技术,2004.

[15] 胡寿松.自动控制原理(第3版)[M].北京:国防工业出版社,1994.

[16] 刘守善,水新阳.传感器接口及信号处理[M].大连:大连海运学院出版社,1992.

作者简介:王彪(1981-),男,副研究员,研究方向:嵌入式系统软硬件技术。