2006 No.3

基于 DSP TMS320F2812 的变频调速控制系统

唐勇奇

(湖南工程学院,湖南 湘潭 411101)

摘要:介绍了交流电机变频调速直接转矩控制原理,提出了以 TMS320F2812 为核心的控制系统软、硬电路设计方案,充分利用芯片片上外设丰富、运算速度快的特点,简化了系统的硬件设计,给出了用 DSP 实现直接转矩控制的主程序和中断程序流程图。实验表明:TMS320F2812 的高速性能使系统控制的实时性和精确性得到了很大的提高,动、静态性能得到明显改善。

关键词:数字信号处理器;直接转矩控制;系统性能

中图分类号:TP273

文献标识码:A

文章编号:1002-1841(2006)03-0046-03

System of Variable Frequency and Speed Control Based on DSP TMS320F2812

TANG Yong-qi

(Hunan Institute of Engineering, Xiangtan 411101, China)

Abstract: Introduced principle of variable frequency and speed with DTC, presented design method of the control system's software and hardware circuit with TMS320F2812. The method utilized completely the wealthy peripherals and high speed calculation function of chip, simplified hardware design, block diagram of main program and interrupt program were given for DTC control with DSP. The experiment results show that the real-time character and accuracy of the control system was improved, the dynamic and static performance was remarkably improved too.

Key words: DSP; direct torque control; system performance

0 引言

1985年,德国鲁尔大学 Depenbrok 教授提出异步电机直接转矩控制法,它不需要解耦电机数学模型,强调对电机转矩进行直接控制,成为交流调速控制理论第二次质的飞跃。直接转矩控制特别适合全数字化,对硬件的处理实时性和快速性要求很高:DSP 芯片可以快速处理各种复杂控制规律,具有故障诊断、监控保护和控制灵活等功能,为系统的可靠性、快速性和实时性提供了保证。设计的系统中,采用 TMS320F2812 芯片,它具有成本低,功耗小,性能高的特点,在与现有的 4x/240x 系列DSP 控制芯片代码兼容的同时, TMS320F2812 还具有运算速度更快,外设集成度更高,数据以及程序存储量更大, A/D 转换更加精确和快速等主要特点。

1 系統的控制原理

异步电机的直接转矩控制系统基本结构原理见图 1。系统的外环为转速控制环,内环为磁链、转矩控制环。定子磁链观测采用 U-I模型。即

$$\Psi_{sa} = \int (u_{sa} - i_{sa}R_S) dt \qquad (1)$$

$$\Psi_{s\beta} = \int (u_{s\beta} - i_{s\beta}R_S) dt \qquad (2)$$

$$\Psi_s = \sqrt{\Psi_{sc}^2 + \Psi_{sd}^2} \tag{3}$$

$$T_e = n_p \Psi_s \times i_s = n_p (\Psi_{sc} i_{s\beta} - \Psi_{s\beta} i_{sc}) \tag{4}$$

式中: Ψ_{μ} 、 Ψ_{μ} 为 $\alpha\beta$ 坐标系下的定子磁链分量; u_{μ} 、 u_{μ} 为 $\alpha\beta$ 坐

标系下的定子电压分量; i_{α} 、 i_{β} 为 $\alpha\beta$ 坐标系下的定子电流分量; R_{α} 为定子电阻; n_{α} 为电机极对数; T_{α} 是电磁转矩。

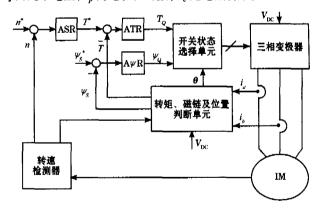


图 1 直接转矩控制系统原理硬件结构框图

根据直接转矩控制系统的数学模型,知道系统在进行控制时,首先需要检测定子电压、定子电流、转速 ω ,低速时还要准确检测 R,已得到更加准确的定子磁链检测值;然后根据电机模型计算 Ψ , T_e,从而得到 $\Delta\Psi$,和 ΔT _e;通过磁链、转矩控制器得到控制信号,由开关状态选择单元产生 SVPWM 驱动信号,实现电机的直接转矩控制。

2 系统的硬件实现

直接转矩控制系统由主电路和控制电路组成,见图 2。系统采用 IGBT(绝缘栅双极晶体管)和厚膜电路 EXB840(能驱动 100 A 以下的 IGBT 的智能型功率驱动模块)构成主电路。控制电路由数据采集、串行通信、数据处理和 SPWM 波形输出等 4

部分构成,其核心是 TMS320F2812 芯片。

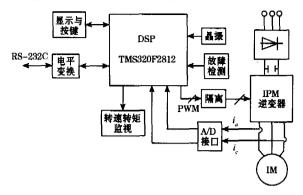


图 2 全数字直接转矩控制系统硬件结构框图

2.1 TMS320LF2812 控制芯片

TMS320F2812是 TI 公司的一款用于控制的高性能、多功能、高性价比的 32 位定点 DSP 芯片。该芯片兼容 TMS320F2407指令系统最高可在 150 MHz 主频下工作,并带有 18 K×16 位 0等待周期片上 SARM 和 128 K×16 位片上 Flash(存取时间 36 ns)。其片上外设主要包括 2×8 路 12 位 ADC(最快 80 ns 转换时间)、2 路 SCI、1 路 SPI、1 路 McBSP、1 路 eCAN等,并带有两个事件管理模块(EVA、EVB),分别包括 6 路 PWM/CMP、2 路 QEP、3 路 CAP、2 路 16 位定时器(或 TxPWM/TxCMP)。另外,该器件还有 3 个独立的 32 位 CPU 定时器,以及多达 56 个独立编程的CPIO 引脚,可外扩大于 1 M×16 位程序和数据存储器。

TMS320F2812 采用哈佛总线结构,具有密码保护机制,可进行双 16×16 乘加和 32×32 乘加操作,因而可兼顾控制和快速运算的双重功能。

2.2 电压、电流检测电路

TMS320F2812 的 A/D 模块具有 12 位精度,这为实现调速系统的高精度控制创造了条件。以交流电流的 A/D 为例,系统采用 2.5 倍额定电流峰值对应 A/D 转换的满量程 3 V. 考虑到 A/D 转换的最后一位有量化误差,即 TMS320F2812 的 A/D 准确值为 11 位精度,电流采样的分辨率能达到 1/290,而以前的 24x/240x 系列的 A/D 为 10 位精度,分辨率只相当于 TMS320F2812 的 1/4,只有 1/72 左右。此外,TMS320F2812 进行 A/D 转换时,采用的是片内的 2.5 V 基准电平,且电压基准有输出引脚,这样也方便了外围模拟电路的设计。TMS320F2812 的参考电平引脚只有 1 个 ADCLO 引脚,一般接 GND,没有参考电平的高电压引脚的输入。系统中,DSP需要 3 个 A/D 通道对传感器电压、电流进行采集,获得电压、电流信号。电压电流检测采用霍尔电流传感器 LEM,型号为 CSK7 – 5A. 电流检测电路见图 3。

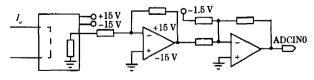


图 3 电流采样电路

2.3 速度传感器

电机转子速度测速用增量编码器。TMS32F2812 包含一个正交编码脉冲(Q.E.P)单元,电机的码盘信号 A、B 通过 DSP 控

制器的 CAP1、CAP2 端口进行捕捉。捕捉到的数据存放到寄存器中,通过比较捕捉到的 A、B 两相脉冲值,可以确定当前电机转子的速度和方向,完成这些仅需 2个数字量输入和 1个 16或32位的内部计时寄存器。接电机速度传感器的电路如图 4 所示,旋转编码器的 A 相输出经过高速光耦 6N137 隔离后,直接接到 TMS320F240的 QEP1 引脚,同样 B 路信号按上述方法接到QEP2 引脚。

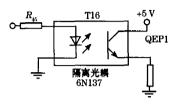


图 4 高速光耦电路

2.4 保护电路

保护电路采用 1 片 GAL 芯片对功率部分传送过来的系统过压、欠压、过流、制动异常、EXB841 故障等故障信号进行锁存,出现任何一种故障时,保护信号通过封锁驱动器 244 以封锁桥臂驱动信号的输出。这种硬件封锁方式,保证了系统对故障响应的快速性和可靠性。同时保护信号也通过数字 L/O 口送人DSP,供 DSP查询,以判断系统是否有故障出现,以及故障的类型,并提供相应的故障处理程序。

3 系统软件设计

系统软件主要由主程序和定时器 T1 下溢中断两部分组成;主程序主要进行各种参数初始化工作以及同上位机通信; T1 下溢中断程序主要包括电流信号采样、速度调节器、磁链调节器、转矩调节器运算,定子磁链扇区位置的判断,电压矢量的选择,矢量作用时间的计算,空间矢量 PWM 波形产生等。图 5 为定时器 T1 的中断服务程序框图,其中定时器 T1 的周期设置为 100 µs.

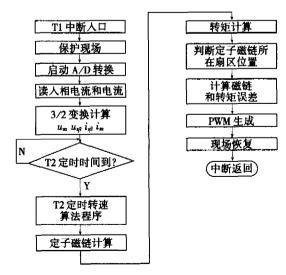


图 5 定时器 TI 中断服务模块流程图

4 试验结果

用1个四极三相交流感应电机做试验,给定转速为ω,= 1000 rad/s,从图6~图8可以得出;该系统具有很好的动、静态

Mar. 2006

响应,在0.13 s内转速达到给定转速,且几乎无超调;逆变器输出电流响应波形好,在稳态时电机磁场基本呈现圆形。

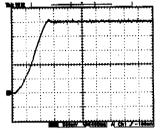




图 6 转速响应波形

图7 稳态 A 相和 B 相电流波形

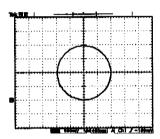


图 8 电机定子磁链轨迹

5 结论

基于 TMS320F2812 的交流电机直接转矩数字控制系统,利用了 TMS320F2812 自身带有的事件管理和 A/D 转换等模块,可

以方便地实现 PWM 波形的产生、电流反馈、位置和速度反馈检测以及各种保护等功能,大大简化了系统的硬件设计。 TMS320F2812 的高速性能更是使系统控制的实时性和精确性得到了大的提高,系统性能得到明显改善。

參考文献:

- [1] 陈伯时.电力拖动自动控制系统.第3版.北京:机械工业出版社, 2004:189-201.
- [2] 李永东.交流电机数字控制系统.北京:机械工业出版社,2002;153 - 169.
- [3] 尔桂荣,运动控制系统,北京:清华大学出版社,2002:85-210
- [4] TMS320F2810, TMS320F281 I and TMS320F2812 SDFlash JTAG Flash Programming Utilities(SDFlash Algo Rev. 3. 0). 2004.
- [5] 黄大为.基于 DSPTMS320F2812 的交流传动系统控制器单神经元 PID.电力电子技术,2005(4):23 26.
- [6] 谷海涛.新型电机控制芯片 TMS320F2812. 微电机, 2005(2): 18 21.
- [7] 刘和平. TMS320LF240x DSP语言开发应用. 北京: 北京航空航天大学出版社, 2003:85 121.
- [8] 王怀颖. 新型全数字电量转矩测量仪. 仪表技术与传感器, 2004 (10):13-15.

作者简介: 唐勇奇, (1964—), 副教授, 研究方向为交流调速、控制理论、 计算机控制。

(上接第 16 页)

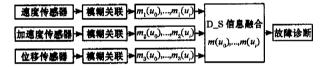


图 9 多传感器信息融合故障诊断示意图

其中 u_0, u_1, \cdots, u_i 为待识别的故障模式, $m_1(u_0), m_1(u_1), \cdots, m_1(u_i)$ 是速度传感器分配到各故障模式上的信度函数值, $m_2(u_0), m_2(u_1), \cdots, m_2(u_i)$ 是加速度传感器分配到各故障模式上的信度函数值, $m_3(u_0), m_3(u_1), \cdots, m_3(u_i)$ 是位移传感器分配到各故障模式上的信度函数值, $m(u_0), m(u_1), \cdots, m(u_i)$ 是传感器融合后分配到各故障模式上的信度函数值, 最后根据融合数据判断故障类别。此处各传感器分配到各故障模式上的信度函数值是由故障隶属函数值转化而来的,因为这两个量在物理意义上都表示根据某一传感器测得值来评估被测目标模式隶属于某一目标类型的程度即两者之间的相关性。其具体转换过程和 DS 融合算法见文献[12]。

3 结束语

基于 TMS320VC5402DSP 的便携式旋转风机故障诊断分析仪,利用 DSP 高速性、高精度和强大的信号处理能力,可对大型旋转风机进行振动测试,且能对测试的数据进行实时的分析处理和故障诊断,并将处理后的数据、波形及诊断结果及时在LCD上显示出来,以便工作人员进行合理的维修决策。该分析仪成功的将信息融合算法应用于故障诊断实践中,并实现了用TI公司 5000 系列 DSP 直接驱动液晶显示,在实验中取得了良好的效果。同时,该分析仪能将所测得的状态参数传输给计算

机,从而可以通过 Internet 实现旋转机械远程设备状态监测与故障诊断。

参考文献:

- [1] 曹映平.设备振动监测判据及应用.株冶科技,2003,31(3):40-43.
- [2] 晋风华,李录平.多传感器信息融合技术及其在旋转机械振动故障诊断中的应用.热力发电,2004,33(5):45-48.
- [3] 贾志成,李志军,王宝珠. DSP技术原理及应用教程.北京:北京航空航天大学出版社,2005;116-119.
- [4] 苏涛,蔡建隆,何学辉. DSP接口电路设计与编程.西安;西安电子 科技大学出版社,2003;133-134.
- [5] 尹志刚,李华伟,李晓维.一种遵循 IEEE 1149.1 标准的可测试性 设计结构.微电子学与计算机,2003,20(5):23-27.
- [6] 王念旭. DSP 基础与应用系统设计.北京:北京航空航天大学出版 社,2001:180-240.
- [7] 李利. DSP 原理及应用.北京:中国水利水电出版社,2004:200-210.
- [8] 赵明忠,顾斌,王钧铭,等. DSP应用技术.西安;西安电子科技大学出版社,2004;82-206.
- [9] 陈喆,张福洪.数字信号处理器引导装载方式研究.杭州电子工业学院学报,2002,22(6):65-68.
- [10] 朱大奇,电子设备故障诊断原理及应用.北京:电子工业出版社, 2004:25-30.
- [11] 罗志增,蒋静坪.基于 D-S 理论的多信息融合方法及应用.电子学报,1999,27(9):100-102.
- [12] 朱大奇,于盛林.故障诊断的 DS 信息融合算法比较分析.控制理论与应用,2004,21(4):559-663.

作者简介:李武朝,(1981 -),硕士研究生,主要研究方向为信号处理与 故障诊断。