

# 基于 TMS320F28335 的 PMSM 伺服系统的设计

刘 果, 欧阳红林, 曲全磊, 梁 波  
(湖南大学, 湖南 长沙 410082)

**摘要:**交流永磁同步电机(PMSM)伺服系统已广泛应用于在工业领域。为了提高系统的控制性能,设计了以数字信号控制器 TMS320F28335 为控制核心,主电路为 AC/DC/AC 拓扑结构,采用  $i_d^*=0$  矢量控制策略的高性能 PMSM 伺服系统,并将所构成的系统与基于 TMS320F2812 的系统进行了比较。相关实验证明,该系统具有更好的响应速度和控制精度。

**关键词:**电动机; 永磁同步电动机; 伺服系统 / 数字信号控制器

中图分类号:TM351

文献标识码:A

文章编号:1000-100X(2008)10-0016-02

## Design of Permanent Magnet Synchronous Motor Servo System based on TMS320F28335

LIU Guo, OUYANG Hong-lin, QU Quan-lei, LIANG Bo  
(Hunan University, Changsha 410082, China)

**Abstract:**The permanent magnet synchronous motor (PMSM) servo system is widely applied in the industry field. In order to improve the performance of system, this paper presents a high performance PMSM system based on digital signal controller TMS320F28335, in which the main power part uses the AC-DC-AC topology structure and the vector control  $i_d^*=0$  adopted as control strategy. And also this system is compared with the system based on TMS320F2812. The experimental results indicate this drive system has nice response and control precision.

**Keywords:**motor; permanent magnet synchronous motor; servo system / digital signal controller

### 1 引言

交流永磁同步电机(PMSM)伺服系统在数控机床、机器人、火炮等领域已得到广泛应用,尤其对于高精度、高响应的应用场合,其优势非常明显。上世纪 70 年代提出并逐步得到完善的交流电机矢量控制理论与当今先进的电机控制芯片 DSP 相结合是高性能交流伺服系统的标志。目前大部分伺服系统的控制芯片均为定点型 DSP,如 TMS320F2407, TMS320F2812 等,但这些控制芯片存在一些不足。为此,设计了一种基于 TMS320F28335 型 DSC 的大功率 PMSM 伺服系统<sup>[2-3]</sup>,并将它与基于 TMS320F2812 的系统在性能上进行了比较。实验证明,该伺服系统具有更好的动态特性和控制精度。

### 2 系统设计及其性能比较

图 1 示出整个伺服系统硬件框架,它主要由控制芯片、功率模块、IGBT 驱动电路、采样检测电路和通信显示接口等组成。

采用 AC/DC/AC 电压型变频器主电路、IRK250 型二极管、IFF600R17KE3 型 IGBT 和 2SD106AI-17 型驱动芯片。采样电流通过霍尔电流传感器和信号调理电路变成 0~3 V 的电压信号,接到 DSC 的 A/D 转换接口。位置速度检测通过光电编码盘 TRD-2T2048BF 与 DSC 的 EQEP 模块实现。控制算法采用  $i_d^*=0$  的矢量控制方法,算法框图如图 2 所示。

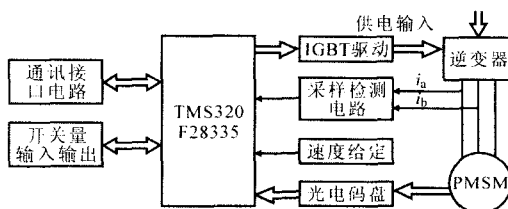


图 1 系统组成框图

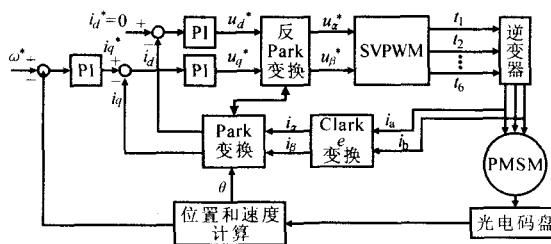
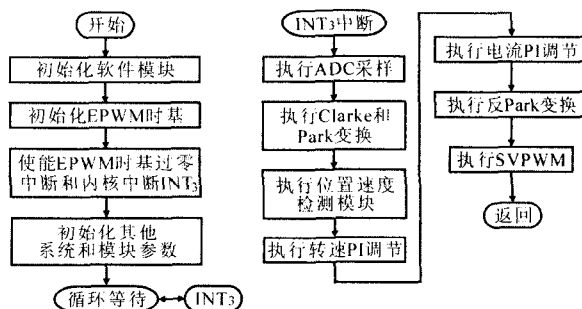


图 2 软件流程图

$i_d^*, i_q^*$  经 PI 调节得到电压  $u_d^*, u_q^*$ , 再经反 Park 变换得  $u_\alpha^*, u_\beta^*$ , 最后由 SVPWM 获得 PWM 输出逻辑, DSC 的 PWM 输出口与 IGBT 驱动器之间加以隔离, 以减少干扰。软件设计如图 3 所示。



(a) 主程序流程图

(b) 中断服务子程序

图 3 软件流程图

定稿日期:2008-06-03

作者简介:刘 果(1983-),男,湖南娄底人,硕士研究生,研究方向为电力电子与电气传动。

中断服务子程序完成电流采样、坐标变换、位置转速检测、PI 调节和 SVPWM 模块控制。所设计系统的运算性能优势归因于 TMS320F28335 的浮点构架,它大大简化了编程,缩短了代码执行时间和代码长度。其他一些 DSC 和 DSP 芯片普遍采用定点格式只能够表示整数,涉及小数计算时必须采用其他表示方法。而浮点格式能够表示更大范围内的实数。

### 2.1 采样系统的比较<sup>[4]</sup>

TMS320F28335 与 TMS320F2812 都具有 16 路 ADC 转换通道,其采样精度为 12 位。但在实际使用中,TMS320F2812 的片内 A/D 转换结果误差较大,如果直接将该转换结果用于控制回路,必然会降低控制精度。这主要是因为 TMS320F2812 片内 A/D 内部基准有较大的误差,存在着增益误差和偏置误差。对于采样精度要求较高且工作环境比较恶劣的情况,其片内 A/D 往往不能达到要求,因此需要外扩 A/D。而 TMS320F28335 在这方面进行了改进,可靠性大大提高。图 4 为对于相同输入源 TMS320F2812 和 TMS320F28335 片内 A/D 采样结果的对比如。

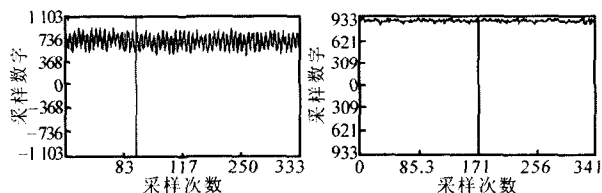


图 4 采样结果对比图

### 2.2 速度检测性能比较

使用光电码盘两路正交编码脉冲计算转速的方法有 M 法、T 法和 M/T 法 3 种。M 法测速是在规定时间间隔  $T$  内,利用产生的脉冲数  $m_1$  来计算速度,计算每分钟转速  $n=60m_1/(PT)$ , $P$  为码盘一圈所产生的脉冲数。该方法仅在被测转速较高时有较高的测量精度。T 法测速通过测量相邻两个输入脉冲之间的时间来确定被测速度。用已知频率  $f$  的时钟脉冲向计数器发送脉冲,由该脉冲的两个相邻脉冲控制计数器起始和终止,若该计数器读数为  $m_2$ ,则  $n=60f/(Pm_2)$ 。该方法只有在被测转速较低时才有较高的测量精度。M/T 法则兼具两者之长,可同时测量检测时间和该时间内产生的脉冲数来确定转速。用  $T$  之后的第一个测速脉冲去终止计数器,由计数  $m_2$  确定检测时间,即  $n=60fm_1/(Pm_2)$ 。利用 TMS320F28335 的 EQEP 模块中的位置计数单元与捕捉单元可方便地实现上述 3 种测速法,根据不同的转速选择不同的测速法,可大大提高控制精度。而 TMS320F2812 采用的是事件管理器中的 QEP 单元,只有单一的解码单元,当使能 QEP 功能时捕捉功能被禁止。

### 2.3 PWM 输出比较

通过 TMS320F28335 的 EPWM 模块产生 PWM,除了传统的 PWM 输出外还有 6 路 HRPWM 输出。HRPWM 基于微观边缘位置定位技术(MEP),MEP 逻辑将传统 PWM 产生单元的粗糙系统时钟配置为更细微的单元。传统 PWM 采用的是粗糙步长,而 HRPWM 采用的是 MEP 步长,能通过设置比例因素选择函数来改变一个粗糙步长内 MEP 的个数。因此,HRPWM 的分辨率高于传统的 PWM,尤其在高频情况下,采用 HRPWM 输出能获得更高的控制精度。

### 3 实验结果

在一台 PMSM 上进行实验。实验参数:极对数  $p=2$ ,定子电阻为  $0.061 \Omega$ ,永磁体磁链为  $0.2646 \text{ Wb}$ ,交/直流电感为  $0.684 \text{ mH}$ ,相电流为  $62 \text{ A}$ ,额定转速为  $6000 \text{ r/min}$ ,转动惯量为  $0.042 \text{ kg/m}^2$ ,摩擦因数为  $3.04 \times 10^{-4} \text{ N} \cdot \text{m/s}$ ,光电码盘分辨率为  $1024 \text{ p/r}$ ,电流环采样周期为  $200 \mu\text{s}$ ,速度环周期为  $2 \text{ ms}$ ,给定转速为  $6000 \text{ r/min}$ ,上下桥臂死区时间设置为  $5 \mu\text{s}$ 。图 5a 示出 TMS320F28335 系统空载启动时系统电流和转速的动态波形,图 5b 示出稳态满载时的电流和转速波形,可见系统的波形较为平滑。

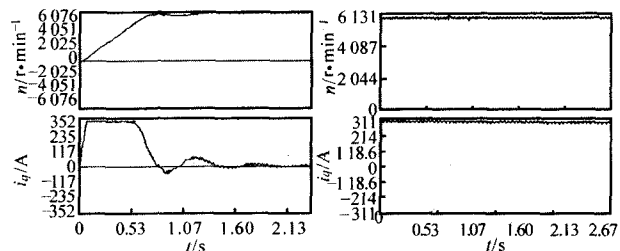


图 5 实验波形

### 4 结束语

介绍了一种基于 TMS320F28335 的永磁电机伺服系统。系统电路结构简单,实验证明该系统具有高精度、高灵敏度和良好的控制性能,能充分满足性能要求。同时,系统可以很方便地通过 SCI 接口的扩展能力与上位机进行通讯,组成多机系统结构。

### 参考文献

- [1] 李军浩,黄守道,董恒,等.大功率 PMSM 伺服系统的研究与设计[J].电力电子技术,2008,42(3):54-56.
- [2] TexasInstruments.Literature Number:SPRS439A[Z].2007
- [3] 尹永雷,李永刚,付超,等.永磁同步电机数字化实现研究[J].电力电子技术,2006,40(2):63-65.
- [4] 王晓明.电动机的 DSP 控制-TI 公司 DSP 应用[M].北京:航空航天大学出版社,2005.
- [5] 马小亮.大功率交-交变频调速及矢量控制技术[M].北京:机械工业出版社,2004.