ISG 永磁同步电机数字控制系统设计

查竞舟,全 力,尉军军,胡海斌,逄 栋
(江苏大学,江苏镇江 212013)

摘 要:首先简单介绍了 ISG 系统原理,然后介绍了以 TMS320F2812DSP 为核心控制器和智能功率模块的硬件系统,同时给出了主程序和相关子程序流程图。最后,在理论研究的基础上完成了车用永磁同步电机起动实验台的设计和调试,对样机做了起动实验并验证了实验结果与仿真结果的一致性。

关键词:ISG;TMS320F2812DSP;智能功率模块;永磁同步电机
中图分类号:TM341 **文献标识码**:A **文章编号**:1004-7018(2010)07-0054-03

Design of Digital Control System for ISG PMSMs Based on DSP

ZHA Jing-zhou, QUAN Li, WEI Jun-jun, HU Hai-bin, PANG Dong
(Jiangsu University, Zhenjiang 212013, China)

Abstract: The principle of the ISG system was briefly discussed in the first part, and then a TMS320F2812DSP as the core controller and intelligent power modules, hardware systems was described. A flow chart of main program and associated subroutines was given. Finally, on the theoretical basis the start permanent magnet synchronous motor vehicle test-bed was designed and debugged. Experiments on the prototype verifiy that the experimental results are consistent with the simulation results.

Key words: ISG; TMS320F2812DSP; IPM; PMSM

0 引 言

近年来,随着电力电子技术、微电子技术、新型电机控制理论和稀土永磁材料的快速发展,永磁同步电动机得到迅速的推广应用。目前已经广泛应用于航空和汽车上的起动/发电一体化 ISG(Integrated Started Generator)系统中。本文介绍了 ISG 系统的原理,然后采用 TMS320F2812DSP 作为核心处理器的控制器和智能功率模块[1]来设计永磁同步电机的数字控制系统。该系统硬件电路结构简单,易于实现,并且具有优良的运算控制性能。同时由于 DSP 高速运算功能,使得该系统更加趋于智能化和多功能化。

1 ISG 原理[2]

汽车上采用的起动机和发电机是两个重要的分离电器装置,它们在各自的位置上分别承担起动和发电的任务。而起动/发电一体化是一种将起动和发电功能基于一体的电机,起动/发电一体化系统主要由电机、控制器及其他电器组成。电机是系统的执行机构,起动和发电功能就是通过它来实现的。其原理就是让发电机兼作起动电机用,从能量的转换角度来看,电机将电能转化为机械能,就是电动机运行,在起动和低速运行时,发动机工作效率很低,此时需要借助电动机来辅助驱动,这样可以降低油耗,减少二氧化碳的排放量[3];当汽车达到某一速度后,电机将机械能转化为电能,就是发电机运行。发动机怠速或汽车刹车时回收制动机械能,电机作为发电状态向蓄电池充电;当汽车加速或过载时,电动机与发动机协调工作,补充发动机动力的不足。任何一台电机都可以在这两种状态之间转换,即电机的可逆性原理[4]。

本文给出了一种 ISG 永磁同步电机的数字控制系统。目前针对该系统可供选择的电机主要有永磁同步电机、开关磁阻电机、无刷直流电机等等。

2 数字控制系统的硬件结构

系统硬件平台的控制板是以 TMS320F2812 芯片为核心,实现永磁电机控制系统的开环、半闭环和全闭环的高精度控制。系统硬件主要包括永磁同步电机、主回路、系统控制回路[5]。如图 1 所示。

由图 1 可知,主回路部分主要包括整流环节、滤波环节、逆变器。系统控制回路包括 DSP、驱动电路、检测电路、保护电路等。

TMS320F2812 通过电流检测单元获得所需要的电流信号,从位置检测器获得所需要的转子位置信号,再通过与上位机通信获得给定的位置、转速和运行方式,经过一系列的变换比较和运算,获得所需

收稿日期:2009-09-08

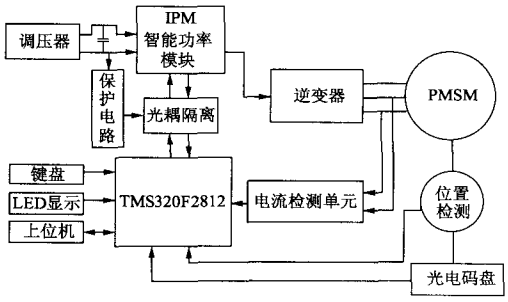

图1 永磁同步电机数字控制系统框图

的PWM信号,PWM信号经过光耦隔离后,由IPM模块控制PMSM。

2.1 电流检测单元[6]

电流采样时采用莱姆公司的LTS6-NP电流传感器。信号处理电路由信号的放大和电压偏置电路组成。因为该系统DSP中A/D模块的参考电压设定为0~3.3 V,而采样信号为近似正弦的交流信号,故需把采样信号变换到-1.6 V~+1.6 V之间,然后再偏置到0~3.3 V之间。TMS320F2812的12位模数转换带内置的采样保持器,2个8通道的输入多路转换器。由于采样系统的输出的范围是0~3.3 V,ADC模拟输入参考电压的低电压输入端接地,高电压输入端接3.3 V,转换分辨率为3.3/1 024 V。

2.2 位置与速度检测电路

该系统电动机转子速度的检测电路采用增量式光电码盘检测器[7],其输出可以用来检测转子的速度。光电码盘检测器精度高,输出信号比较平滑,不需滤波,幅值也不受电动机转速的影响。当电动机运转时,光电码盘随之同轴旋转,并发出A、B两组脉冲和一组同步脉冲C信号。A、B两组脉冲信号的频率相同,频率的快慢和电动机转速成正比。可以根据两脉冲的前沿到达时刻不同,用来判断电动机的正反转方向。若电动机正转,在脉冲信号A出现时,脉冲信号B为低电平;若电动机反转,当脉冲信号A出现时,脉冲信号B为高电平,据此可判断电动机的旋转方向。把脉冲信号A微分取其前沿脉冲信号与脉冲信号B做与非逻辑运算。如两信号均为高电平,逻辑输出V/R信号为低电平,表示电动机反转,控制计数器做减法运算。反之,V/R信号为高电平,表示电动机正转,计数器做加法运算。

2.3 功率驱动电路

功率驱动电路可以采用第三代电力电子器件IPM作为该系统的功率开关器件。IPM将功率开关器件及其驱动电路、保护电路、测控电路、甚至与微机的接口电路集成在同一封装内的集成模块内部。大大减少了系统的元器件数,使得设计电路更加简单,并且使得系统体积尽可能地减小,同时提高系统的可靠性。该系统采用的IPM为三菱公司的PS21265AP[8]。额定电压为513 V,额定电流为20 A。

为了防止IPM模块电路工作状态的变化对DSP核心电路带来干扰,IPM控制端与DSP信号控制端之间可以用高速光耦进行隔离,并且可以用电容对信号进行去耦和滤波。

2.4 通信接口

为了实现DSP和上位机的通信和控制,利用串行通信专用芯片MAX232C1和集成于DSP内部的SCI控制器,实现基于RS232串行接口与上位机的数据通信和整个控制系统的监控。由于RS232最大的特点是采用了负逻辑,逻辑1的电平是-3 V~-15 V,逻辑0的电平是3 V~15 V,因此在使用时就有一个电平转换接口问题。在这里采用自升压的集成芯片MAX232Cl来构成,只由5 V电源来供电,电平转换所需的±10 V电源由片内电荷泵产生。

3 系统软件设计

3.1 主程序

主程序主要包括初始化、读取油门刹车信号、工况判断和状态位、起动子程序和发电子程序等。初始化主要包括DSP内核、I/O口的配置、中段配置等等。系统在完成初始化之后,进行油门刹车信号读取,通过工况判断,决定永磁同步电机何时作为起动机用,何时作为发电机用。主程序控制流程图如图2所示。

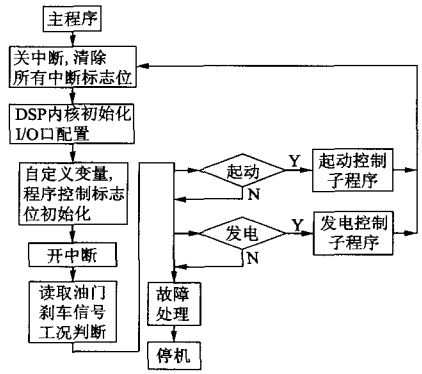

图2 主程序控制流程图

3.2 采样流程图

采样中段程序主要完成电路中的电流、电压采样,其流程图如图3所示。

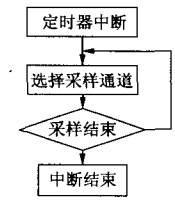

图3 采样流程图

3.3 起动和发电控制子程序流程图

起动控制子程序主要采用最大转矩/电流控制。最大转矩/电流控制是指在转矩给定的情况下,最优配置横轴和纵轴电流分量,使

定子电流最小,即单位体积电流下电机输出转矩最大的矢量控制方法。发电控制包括电流闭环控制和电压闭环控制,两种模式的控制算法一样,仅区别于受控量。其流程图分别如图4和图5所示。

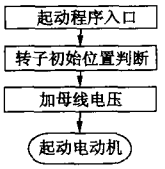

图4 起动控制子程序流程图

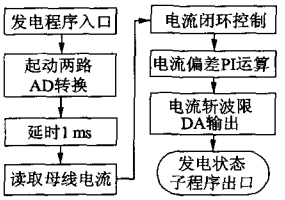

图5 发电控制子程序流程图

4 实验结果及分析

ISG实验系统由电动实验平台和发电实验平台构成,分别用于测试表面凸装式永磁同步电机在电动和发电状态下运行时的物理量,实验系统包括1.5 kW四极表面凸装式永磁同步电机调速系统、交流调速电动机、涡流测功机、转矩转速传感器等。为了测得实验所需要的波形,必须安装CCS2000 2.2以上版本的CCS环境,通过TMS320F2812开发板软件调试,得到SVPWM脉冲信号波形如图6所示。

图7为SVPWM脉冲经IPM后输出的线电压V_{AB}和V_{BC}的波形,电压频率为50 Hz,和理论以及仿真结果一致。

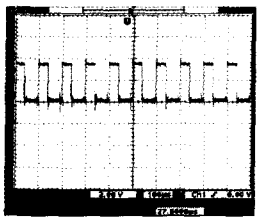

图6 SVPWM脉冲信号波形

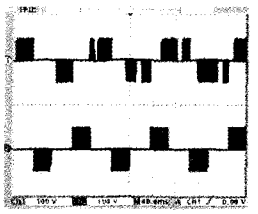

图7 线电压波形

实验中对i_a相电流进行了检测,在电流频率为50 Hz时的波形如图8所示。所采集的电流为霍尔传感器输出经100 Ω采样电阻转变为电压后的波形对应的相电流,幅值很小。在空载情况下,和理论上以及仿真中电机相电流的大小和相位基本相符。

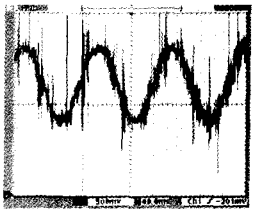

图8 相电流波形

5 结 语

从实际运行结果可以看出,实际系统的运行性能基本上符合了预期达到的目标。试验结果与仿真基本相符,从而验证了数字控制系统实现的可行性,也为实际制造ISG系统的永磁同步电机打下了坚实的基础。

参考文献

[1] 王兆安,黄俊. 电力电子技术[M]. 北京:机械工业出版社,2001.
[2] 吴治国,龚依民,赵子亮. 混合动力客车永磁无刷直流电动机驱动系统研制[J]. 微电机,2009(1):18-19.
[3] Douba M, Ng H, Larson R. Characterization and Comparison of Two Hybrid Electric Vehicles(HEV) - Honda Insight and Toyota Prius [M]. SAE World Congr. Exh., Detroit, MI, Mar. 2001.
[4] 彭鸿才. 电机原理及拖动[M]. 北京:机械工业出版社,2000.
[5] 王晓明,王玲. 电动机的DSP控制[M]. 北京:北京航空航天大学出版社,2004.
[6] 林健,左健民. 基于DSP的全数字直线伺服系统设计[J]. 微电机,2008(6):85-85.
[7] 李志民,张遇杰. 同步电动机调速系统[M]. 北京:机械工业出版社,1995.
[8] 孙建忠,白凤仙. 特种电机及其控制[M]. 中国水利水电出版社,2005.

作者简介:查竞舟(1985-),男,硕士研究生,研究方向为特种电机及其控制。

(上接第53页)

图中可见,I_d总是在零点附近不断调整,而I_q为一恒定值;相电流波形则呈现出很好的正弦性。

参考文献

[1] 李铁才,杜坤梅. 电机控制技术[M]. 哈尔滨:哈尔滨工业大学出版社,2000:102-105.
[2] Frech C. Control of permanent magnet motor drives using a new position estimation technique[J]. IEEE Trans. on Indus. Appli., 1996,32(5):1089-1097.
[3] Kim J S. New approach for high-performance PMSM drives without rotational position sensors[J]. IEEE Trans. on Power Electronics, 1997,12(5):904-911.
[4] Hu J. Position control of a brushless DC motor without velocity measurement[J]. IEEE Proc-Electr. Power Appli., 1995,42(2):113-122.
[5] 林伟杰,林瑞光. 永磁同步电机伺服系统控制策略研究[D]. 杭州:浙江大学,2005.
[6] 邱建琪,林瑞光. 永磁无刷直流电动机转矩脉动抑制的控制策略研究[D]. 杭州:浙江大学,2002.
[7] 王成元,夏加宽,杨俊友,等. 电机现代控制技术[M]. 北京:机械工业出版社,2006.

作者简介:房森林(1981-),男,硕士研究生,研究方向为特种电机的驱动系统。