

开关磁阻电动机牵引采煤机控制系统

宋宏志, 谭国俊, 李广超, 肖海勃

(中国矿业大学 信息电气工程学院, 江苏 徐州 221008)

摘要: 设计了开关磁阻电机(SRM)牵引采煤机控制系统,从煤矿井下采煤机的具体工况出发,设计了SRM控制系统硬件电路并完成了软件开发。实验表明本系统具有较好的静动态性能,完全满足煤矿井下电牵引采煤机运行,并已经投入煤矿生产中。

关键词: 开关磁阻电动机; 电牵引采煤机; DSP; TMS320F2812

中图分类号: TM352 **文献标志码:** A **文章编号:** 1003-0794(2009)10-0120-03

Study on Switched Reluctance Motor Tractiving Shearer Control System

SONG Hong - zhi, TAN Guo - jun, LI Guang - chao, XIAO Hai - bo

(Information and Electrical Engineering College, China Mining & Technology University, Xuzhou 221008, China)

Abstract: Switched Reluctance Motor (SRM) tractiving shearer control system was designed. Considering the coal mine actual situation, designs hardware circuit of SRM control system, and achieves software development. Experimental results show that the system has better static and dynamic performance, completely fits electrical tractiving shearer operation under coal mines, and has operated in the coal mines.

Key words: Switched Reluctance Motor; electrical tractiving shearer; DSP; TMS320F2812

0 前言

图1为开关磁阻电机牵引采煤机的控制框图,本系统直接输入三相380V交流电,通过功率变换器进行整流+逆变后给电机供电,控制部分由TI公司生产的高性能DSP芯片TMS320F2812实现,同时兼有通讯模块,可以实现多机同步驱动。现场使用中可控制SRM和采煤机传动装置在导轨上移动,便于跟随采煤进度调整设备的位置。

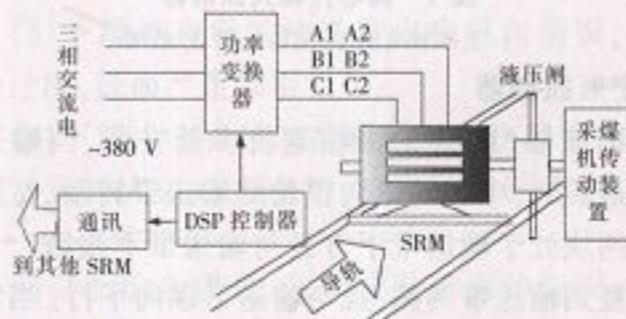


图1 开关磁阻电机牵引采煤机的控制框图

1 开关磁阻电机牵引采煤机工作原理

开关磁阻电动机调速系统是一种新型的机电一体化交流调速系统,其特点为融新型电机与控制技术、现代电力电子技术于一体,从功能上分,主要由4个部分组成:开关磁阻电机,位置检测器,功率变换器和控制部分,如图2所示。SRM主要特点是实现机电能量转换的部件,同时也是区别于其他电动机调速系统的标志。功率转换器负责提供能量,一般是由三相交流电经整流器后得到直流电源。控制器为此SRM调速系统的核心,处理反馈信号、计算转速、转子位置,从而输出相应控制信号来控制电机以实现需要的功能。检测系统一般包括电流检测和位置检测,为控制系统提供必需的信号。

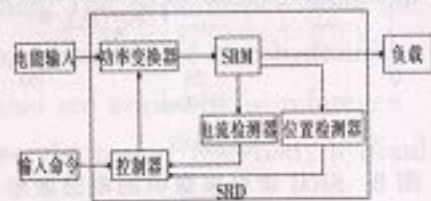


图2 开关磁阻调速系统组成

SRM的运行原理遵循“磁阻最小原理”,即磁通总要沿着磁阻最小的路径闭合。因此,只要依一定次序给定子的相绕组通电,电动机就会连续转动起来。若以图3中定、转子的相对位置为起始位置,并依次给B→C→A相绕组通电,转子即会逆着励磁顺序以逆时针方向连续旋转;反之,若依次给C→B→A相通电,则转子会沿顺时针方向连续旋转。

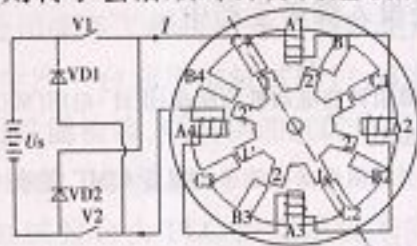


图3 三相12/8 SR电机结构示意图

2 开关磁阻电机牵引采煤机系统硬件及软件设计

(1) 硬件电路

基于以上的结论,针对功率为18 kW的SRM搭建了实验平台,通过主回路设计及算法的软件调试,实现了SRM牵引采煤机的可靠控制,图4为开关磁阻驱动系统的功率变换器,功率变换器为三相不对称半桥结构,由于此结构的特点为定子绕组直接串在桥臂中,不必考虑上下2个IGBT的直通问题,即不必设置IGBT开关死区。电阻R、开关器件V7和续流二极管VD7构成能耗制动支路,IGBT作为主开关器件。

在本系统IGBT的驱动电路设计中,选用了瑞士CONCEPT公司生产的SCALE 6SD106E驱动模块,它是一款高集成度IGBT专用驱动模块。SCALE

驱动板系列是瑞士CONCEPT公司生产的,采用ASIC设计,仅用15 V电源驱动,开关频率可大于100 kHz,且具有高可靠和长寿命特性,同时还具备IGBT过电流保护功能。

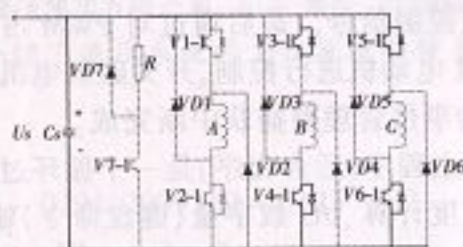


图4 功率变换器

驱动电路具体设计时,选用在直接模式下,各路IGBT将独立地工作。该模式可用于已产生死区时间的PWM信号的驱动,也可用于独立工作的各路IGBT。将模式选择MOD输入管脚与VCC相连,RC1和RC2接地,即为直接模式。在直接模式下,状态输出SO1和SO2分别返回,因此当出现故障时,可以方便地确定故障出现在哪一路。SCALE 6SD106E驱动板的直接模式结构及外围接线方式如图5所示,图中仅给出6SD106E驱动板驱动开关磁阻电机一相绕组的接线方式。

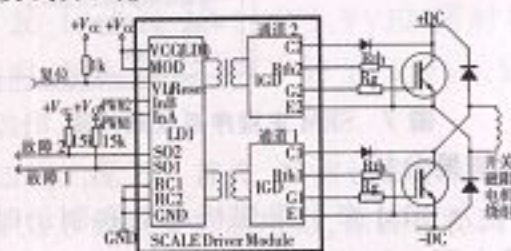


图5 SCALE 6SD106E驱动板直接模式

(2) 系统结构图及软件设计

控制器结构见图6。电机模型控制采用数字信号处理器(DSP)实现。电压、电流反馈信号通过LEM传感器获得。A/D采样用高速A/D转换芯片ADS7864,转换速度达500 kHz。位置信号通过电机转子侧的光敏式位置传感器读取,并进行译码,找出对应的角度,以确定转子位置,从而控制相应相。本系统控制器选用TI公司生产的高性能数字信号处理器TMS320F2812,主频达到150 MHz,时钟周期仅为6.67 ns,提高了运算精度(32位),并有2个事件管理器模块,为实现开关磁阻电机的信号处理、控制优化、故障处理及状态显示提供了良好的硬件支持。

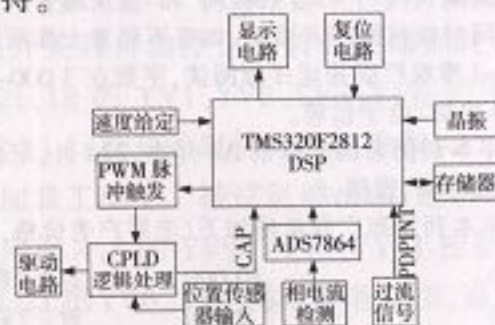


图6 控制器电路框图

图7为SRM主程序系统结构图,开关磁阻电机为双闭环(电流环和速度环)调速系统,软件主程序主要完成对输入指令、位置信号及当前运行状态的检测,进行判断和计算,输出相应的换相信号与合适的电流控制信号。最后通过对PWM占空比的调整对SRM电动机进行控制。开关磁阻电机的相切换由DSP的事件管理器捕获中断完成。

系统主程序(后台程序)是一个循环过程。其主要包括速度计算、I/O数字量(键盘命令)输入、速度计算、运行状态判别(电动运行或者制动运行)和速度及故障代码显示任务。中断程序(前台程序)主要包括:模拟量采集、电流环控制、速度控制环计算、位置计算、电机相位切换等。

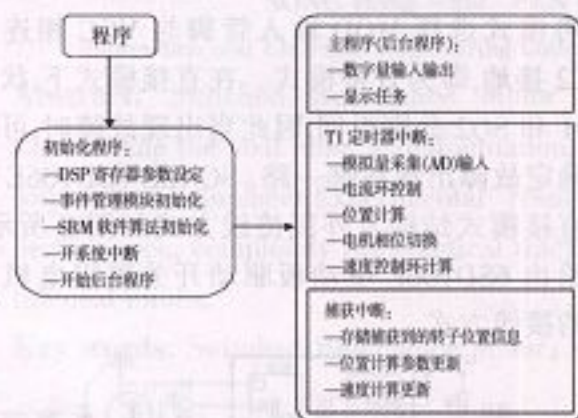


图7 SRM主程序系统结构图

3 测试结果分析

图8为SRM牵引采煤机电动和制动时的电流波形,其中图8(a)为电动模式下的A相电流、A相上管IGBT门极开关信号及A相下管IGBT门极开关信号,为减少功率器件的开关次数,此时由控制器对上管发送的控制信号为PWM信号,而下管的控制信号为一宽脉冲;图8(b)为制动模式下的A相电流、A相上管IGBT门极开关信号及A相下管IGBT门极开关信号,此时由控制器对上管发送的控制信号为一宽脉冲,而下管的控制信号为PWM信号。由图中可知,相电流在电动和制动模式下均呈现出较理想的方波,实现了可靠准确控制。系统开

关频率10 kHz,理想方波电流给定下最大误差小于5%。

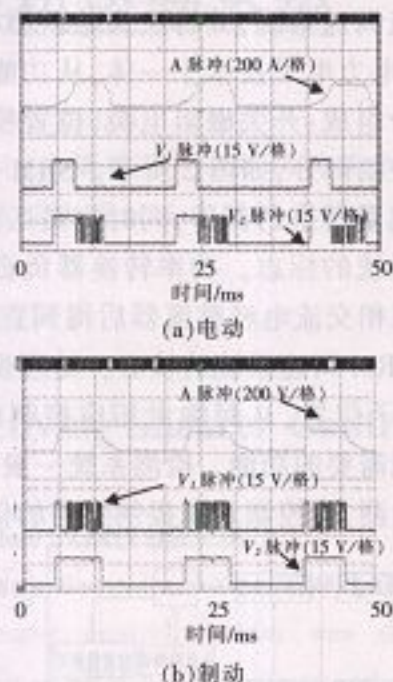


图8 SRM牵引采煤机的电流波形

4 结语

(1)研制的18 kW开关磁阻电机可逆调速系统,具有能耗制动环节,能实现四象限运行,系统结构合理,内容完善,给出的所有实验数据均在研制成的系统中试验获得,可靠性高。

(2)本文从电牵引采煤机系统实际运行出发,进行了各项性能测试,系统具有较好的静动态性能,满足了煤矿井下复杂恶劣条件。基于以上的实验研究,本系统已经投入煤矿生产中。

参考文献:

- [1]陈昊. 开关磁阻调速电动机的原理·设计·应用[M]. 徐州:中国矿业出版社,2000.
- [2]王宏华. 开关磁阻电动机调速控制技术[M]. 北京:机械工业出版社,1995.
- [3]Husain,I.; Minimization of torque ripple in SRM drives. Industrial Electronics, IEEE Transactions on Volume 49, Issue 1, Feb. 2002 Page(s):28-39.

作者简介:宋宏志(1967-),山西阳城人,博士研究生,主要从事大功率开关磁阻电机新控制方法应用方面的研究。

收稿日期:2009-06-22

本刊声明

《煤矿机械》杂志连续5次被认定为中文核心期刊,黑龙江省优秀期刊,列入《剑桥科学文摘》、《文摘杂志》来源期刊。本刊已加入“中国期刊网”、“万方数据网”和“重庆维普网”,作者稿酬由杂志社一次付清。本杂志社属自负盈亏单位,在本刊发表文章收发表费,同时也付给作者稿酬,如有不同意上面所述者,请来函说明,本杂志社将适当处理。投稿必须通过电子信箱发来,投稿只能用Word排双栏版并请仔细阅读,字数在3 000-5 000字为宜。投稿之前,请查看mkjx.cn网址投稿须知,在第一作者简介文末留下联系电话、电子信箱。

2009年本刊仍为国家标准A4开本,224页,定价每册15元,全年12册180元,订阅者可到当地邮局订阅,也可来函索取征订单,欢迎订阅、投稿。

2009年本刊发布广告价格如下(老客户老价格,新客户执行新价格,多登优惠)(元/版):

封面(彩色)	10 000	封二(彩色)	8 000	插页(彩页)	7 000
封底(彩色)	9 000	封三(彩色)	7 500	插页(黑白)	4 000
插页(彩色半版)	3 500	内页(黑白)	2 400	内页(半版)	1 200