

基于 AD2S1200 的旋变接口电路设计及信号处理

罗德荣, 周 成, 黄科元, 王耀南
(湖南大学, 湖南 长沙 410082)

摘要: 应用旋转变压器/数字转换器 AD2S1200, 将旋转变压器输出的模拟信号转化为数字信号, 以便于 DSP 进行处理。介绍了旋转变压器的基本原理, 设计了 AD2S1200 与旋转变压器及 TMS320F2808 型 DSP 的接口电路, 并提出了一种容错性较强的位置信号数字处理方法。实验证明, 该设计方法精度高, 可靠性好, 抗干扰能力强, 完全能够满足高速电机控制系统的要求。

关键词: 变压器; 接口; 位置传感器 / 旋转变压器; 位置信号

中图分类号: TM46; TP334.7

文献标识码: A

文章编号: 1000-100X(2008)08-0068-03

Interface Circuit Design of Resolver and Signal Processing based on AD2S1200

LUO De-rong, ZHOU Cheng, HUANG Ke-yuan, WANG Yao-nan

(Hunan University, Changsha 410082, China)

Abstract: The resolver digital converter AD2S1200 is used to transform analog signals of resolver to digital signals for the purpose of digital signal processing. The basic principle of the resolver is introduced. The interface circuit for resolver as well as the interface circuit between AD2S1200 and TMS320F2808 DSP controller are designed. A stronger error-tolerant processing method of the position signal is proposed. The experiment result shows that the design method is featured of high precision and reliability, good anti-jamming capabilities and can completely meet high-speed motor control system.

Keywords: transformer; interface; position sensor / resolver; position signal

Foundation Project: Supported by Hunan Province Key Project of Science and Technology (No.2006GK1002)

1 引 言

在常用的光栅编码器、霍尔传感器和旋转变压器(简称旋变)等转子位置传感器中,旋变抗冲击震动和温度湿度变化的能力很强,适用于工作环境恶劣的场合。但是,旋变输出的是模拟信号^[1],为了将模拟信号变换成表示角度的数字信号,以往往往采用模拟开关、采样/保持、A/D 转换器等组成转换电路。近年来,已研制出能将旋变输出的交流信号直接变换成数字信号的器件,即旋变/数字转换器件。通过旋变/数字转换器配合使用就能够产生转子的绝对位置信息。位置传感器检测技术的发展极大地提高了交流电机调速系统的动态响应性能和定位精度。AD2S1200 便是一款性价比较高的芯片。从应用者角度介绍了旋变和 AD2S1200 的基本原理和功能特性,并利用该芯片设计了用于旋变位置信号测量的外围接口电路,最后介绍了绝对位置信号在 DSP 中的检测和处理过程。

2 旋转变压器原理

旋变是一种输出电压随转子转角变化的信号元件。当励磁绕组以一定频率的交流电压励磁时,输出绕组的电压幅值与转子转角成正弦、余弦函数关系,

在一定转角范围内与转角成线性关系^[2]。旋变主要用于坐标变换、三角运算和角度数据传输,亦可作为两相移相器用在角度-数字转换装置中。

如图 1 所示,旋变的初级励磁绕组 N_{p1} 、 N_{p2} 和两相正交的次级感应绕组 N_{s1} 和 N_{s3} 、 N_{s2} 和 N_{s4} 同在定子侧,转子侧是与初级绕组和次级绕组磁通耦合的磁阻转子。

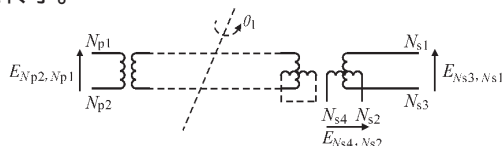


图 1 旋转变压器原理图

当旋变转子随电机同步旋转, N_{p1} 、 N_{p2} 外加交流励磁电压 $E_{Np2, Np1}$ 后,次级两输出绕组中便产生感应电势,其大小为励磁与转子旋转角度的正、余弦值的乘积,其输入输出关系为:

$$\begin{cases} E_{Np1, Np2} = E_0 \sin \omega_1 t \\ E_{Ns1, Ns3} = K E_{Np1, Np2} \sin \omega_1 t \\ E_{Ns2, Ns4} = K E_{Np1, Np2} \cos \omega_1 t \end{cases} \quad (1)$$

式中 E_0 为励磁最大幅值; ω_1 为励磁角频率; K 为旋变的变比; ω_1 为转子旋转角度。

3 AD2S1200 接口电路设计

3.1 AD2S1200 功能特性

AD2S1200 是一款旋变/数字转换芯片,其主要工作特性和参数为: $(5 \pm 5\%)V$ 单电源供电; 12 位分辨率的实时输出最高跟踪速率为 1 000 r/s, 输出 12 位绝对位置信息和带符号的 11 位速度信息, 精确

基金项目: 湖南省科技计划重大项目(2006GK1002)

定稿日期: 2008-05-12

作者简介: 罗德荣(1968-), 男, 湖南望城人, 副教授。研究方向为电力电子与电力传动等。

度为 $\pm 1 \text{ r/min}$; 具有可编程正弦波晶振器 ; 同时具有串行通讯接口和并行输出接口 ; 励磁频率为 $10 \text{ kHz}, 12 \text{ kHz}, 15 \text{ kHz}, 20 \text{ kHz}$ 可编程。

该芯片所需外围电路简单, 适用于各种无刷旋变输出信号的数模转换, 抗干扰能力强, 而且功能丰富, 性价比较高。

3.2 模拟接口电路设计

系统采用 TS225N12E102 型旋变, 它所需的励磁电压范围为 $3 \sim 7 \text{ V}$, 初、次级电压比为 0.286 , 而 AD2S1200 输出的励磁信号峰-峰值为 8.2 V , 接收的正余弦信号峰-峰值为 $(3.6 \pm 10\%) \text{ V}$, 所以励磁电压信号从图 2 所示 AD2S1200 的 EXC+ 和 EXC- 输出, 经过差分放大器后电压峰-峰值变为 $8.2 \times 1.575 = 12.9 \text{ V}$, 该电压作为旋变的初级励磁电压, 而次级输出电压的峰-峰值为 :

$$U_{pp} = 12.9 \times 0.286 = 3.69 \text{ V} \quad (2)$$

旋变的次级输出信号 u_{Ns1} 和 u_{Ns3} , u_{Ns2} 和 u_{Ns4} 经滤波电路后直接进入 AD2S1200 的 SIN, SINLO, COS, COSLO 四个管脚。实现上述功能的电路见图 2。

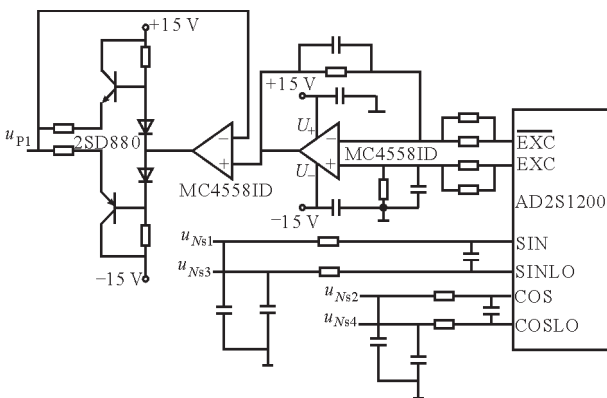


图 2 AD2S1200 外围接口电路

3.3 数字接口电路设计

系统采用 TMS320F2808 型 DSP 作为主控 CPU, 它是电机数字控制专用的高速 DSP, 能够提供电机数字控制单片解决方案所必需的外围设备^[3]。为简化外围接口电路, AD2S1200 与 TMS320F2808 以串行方式通信, 由电平转换芯片 SN74ALVC164245 完成 AD2S1200 输出 5 V 电平到 DSP 输入 3.3 V 电平的转换后, 直接与 DSP 的接口相连, 如图 3 所示。

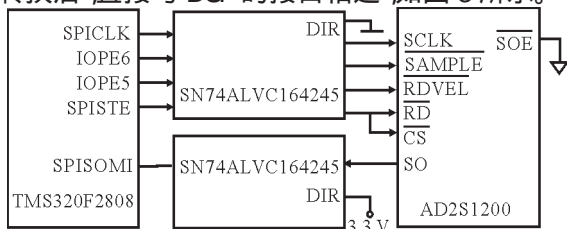


图 3 AD2S1200 与 DSP 接口框图

AD2S1200 的 3 线式串行总线引脚为 RD, SCLK 和 SO, SCLK 与 DB10, SO 与 DB11 引脚复用, 串行输出频率最高可达 25 MHz 。当 $\overline{\text{SOE}}$ 置低电平时,

AD2S1200 被设置为串行输出模式, 当 RD 置低电平时, 启动读输出寄存器, 数据将会随着时钟频率从输出寄存器串行输出至 SO 引脚。AD2S1200 的 CLKIN 外接频率为 8.192 MHz 的晶振。下述时钟周期即为该晶振的时钟周期, 串行通讯时序如图 4 所示。SAMPLE 必须保持至少 3 个时钟周期的低电平, 以保证位置和速度积分器数据正确锁存到对应的寄存器中, 并保证在 7 个时钟周期之后才开启串行通讯。在串行通讯之前, $\overline{\text{RDVEL}}$ 的高或低电平必须稳定, 至少保持半个时钟周期, 以便确定通讯时的传送位置或速度信息。 $\overline{\text{RD}}$ 由高电平置低电平开启串行通讯。在串行通讯模式下, $\overline{\text{CS}}$ 和 $\overline{\text{RD}}$ 的时序可视为相同。

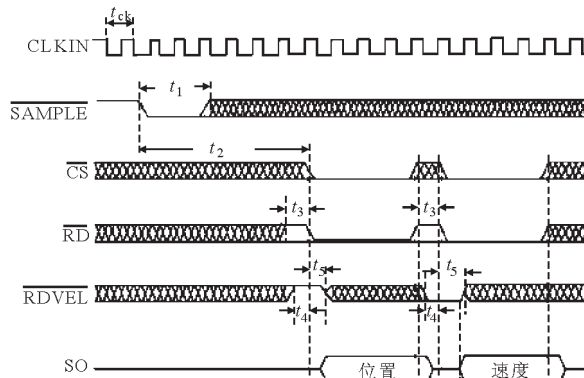


图 4 串行通讯时序图

4 信号处理及实验结果

实验电机参数: 额定转速 $n_e = 6000 \text{ r/min}$, 功率 $P = 42 \text{ kW}$, 极对数 $p = 2$, PWM 采样频率 $f_{\text{sam}} = 5 \text{ kHz}$; 旋变励磁信号频率 $f_m = 10 \text{ kHz}$, 有效值 4.6 V ; AD2S1200 和 DSP 的串口通讯波特率取为 4 M 。

由于存在干扰, 信号经过 AD2S1200 解码出来的数字角位置信号与实际电机轴角不一定吻合, 旋变解码芯片会有丢脉冲的现象, 进而影响到转子角度的精确测量。从 CCS2000 软件的观测窗口可以看到, 在角度测量斜坡线上会出现数值突变的情况, 如图 5a 所示。

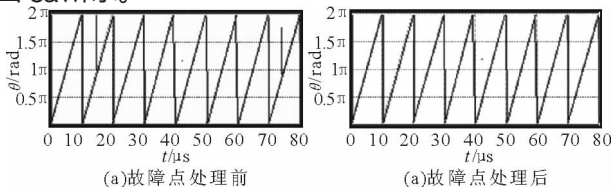


图 5 故障点处理前后的角度斜坡线

为克服角度测量误差^[4], 系统采用中位值滤波和微分限幅补值对位置信号进行处理。实现中位值滤波方法为 DSP 每隔 $5 \mu\text{s}$ 连续读取位置角 7 次, 7 次采样值按大小排列, 取中间第 4 次值作为本次的有效值。该方法能有效克服由偶然因素引起的波动干扰, 但不能完全消除干扰。因此, 对中位值滤波后, 再进一步作微分限幅补值处理, 处理算法如下:

(1) 步骤 1 根据实际测试和经验, 确定相邻两

次采样允许的最大偏差 ΔA_{MAX} 和最小偏差值 ΔA_{MIN} ;

② 步骤 2 读取本次采样值 $A(n)$ 和上次采样值 $A(n-1)$, 计算两次值的偏差绝对值 $\Delta A = |A(n) - A(n-1)|$;

③ 步骤 3 判断 $\Delta A \leq \Delta A_{MAX}$ 且 $\Delta A \geq \Delta A_{MIN}$, 则 $A(n)$ 有效; $\Delta A > \Delta A_{MAX}$ 或者 $\Delta A < \Delta A_{MIN}$, 则本次值无效, $A(n) = A(n-1) + \Delta A(n-1)$.

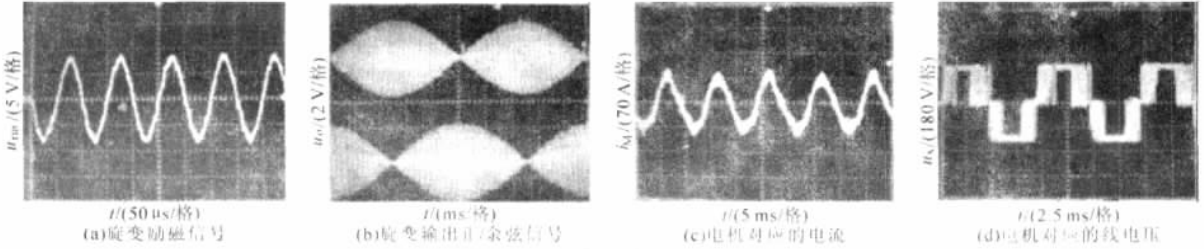


图 6 实验波形图

5 结论

旋变/数字转换芯片 AD2S1200 与 DSP 芯片 TMS320F2808 构成了高精度位置检测电路, 其外围接口电路简洁, 通过对转子位置进行合理的数字处理, 能够实现转子位置转速的精确测量。实验证明, 设计的接口电路和数字处理方法简单, 精度高, 可靠性好, 抗干扰能力强, 完全能够满足高速电机控制系统的要求。

系统的角度采样在每个 PWM 周期都进行, 每 $200 \mu s$ 采样一次, 设定 ΔA_{MAX} 为当前电机给定速度 ω_{ref} 在一个采样周期内角度变化值的两倍, 即 $\Delta A_{MAX} = 2 \omega_{ref} T_s$; 设定 ΔA_{MIN} 为当前电机给定速度 ω_{ref} 在一个采样周期内角度的变化值的 $1/4$, 即 $\Delta A_{MIN} = 0.25 \omega_{ref} T_s$ 。转子数字角度经中位值滤波和微分限幅补值处理后, 消除了由于干扰引起的角度数值突变, 如图 5b 所示。图 6 示出实验波形, 实验给定转速为 6000 r/min , 经检测电动机的转速波动 $\Delta n = 0.05\%$ 。

参考文献

- [1] 陈慧, 马跃强, 王磊. 旋转变压器位置检测在 EPS 中的应用[J]. 传感器与微系统, 2006, 25(4): 70-71.
- [2] 姜燕平. 旋转变压器原理及其应用[J]. 电气时代, 2005, (10): 98-99.
- [3] 崔军, 温旭辉, 张立伟. 新型永磁同步电机控制用旋转变压器/数字转换器及其应用[J]. 中小型电机, 2005, 32(8): 51-54.
- [4] 杨波, 刘春. 高精度旋转变压器转角测量数字转换电路[J]. 电测与仪表, 2004, 41(3): 17-18.

(上接第 36 页)

4 试验及结论

以 DSP 为核心控制器, 配合现场可编程门阵列 (FPGA) 实现 4 组 500 kW 整流器的并联相移 SVM 控制。主电路参数: $U_{dc} = 1150 \text{ V}$, 单组开关频率 $f_s = 2 \text{ kHz}$, 均流电抗器 $L_x = 0.3 \text{ mH}$, 系统总并网电抗器 $L_s = 0.05 \text{ mH}$, 电网电压 $u_s = 690 \text{ V}$ 。系统运行与额定功率为 2 MW , 试验波形如图 3 所示。

提高等效开关频率的作用。

对大功率并网整流器, 尤其对可再生新能源并网整流器而言, 相移 SVM 技术的确是一种简便而有效的控制技术, 能够在实现并网扩容的同时, 改善并网电流波形, 实现真正的绿色能源转换。

参考文献

- [1] Boom R W, Peterson H A. Superconductive Storage for Power System [J]. IEEE Trans. on Magn, 1972, (8): 701-703.
- [2] 余勇, 刘正之. 基于相移多重化的大功率电流型并联逆变电源[J]. 电力电子技术, 2005, 39(2): 10-14.
- [3] 吴勇, 郭京蕾. 基于 CAN 现场总线的逆变电源并联控制技术[J]. 电力电子技术, 2005, 39(3): 61-63.
- [4] 王长永, 刘雷, 张仲超. 电流型组合变流器组合相移 SPWM 技术的研究[J]. 电力电子技术, 1999, 33(4): 43-45.
- [5] 余勇, 张兴, 季建强, 等. 大功率电流型多重化变频电源系统控制与分析[J]. 中国电机工程学报, 2004, 24(12): 24-28.
- [6] 王立乔, 王长永, 张仲超. 组合整流器相移 SVM 技术的研究[J]. 电力系统自动化, 2002, (9): 36-40.

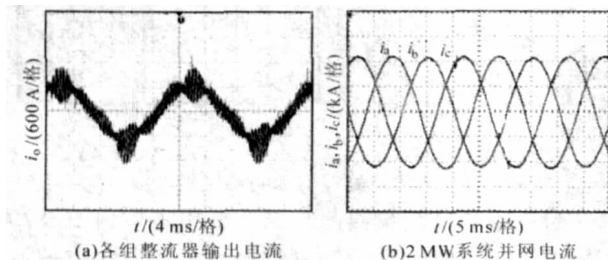


图 3 试验波形

由图 3a 可见, 各单元整流器电流中的纹波含量较大且频率较低, 包含了大量的开关频率及其倍频次谐波。并联后的总输出电流如图 3b 所示, 纹波含量很小。由于相移 SVM 的作用, 4 组整流器有明显的开关时刻依次错位, 充分体现了相移 SVM 确实有