

# 基于 MODBUS 协议的矿用高压组合开关综合控制器的研制

郇存根, 蒋卫良, 王大华

(煤炭科学研究总院 上海分院, 上海 200030)

**摘要:** 设计并实现了一种基于 MODBUS 协议的矿用高压组合开关综合控制器, 介绍了该综合控制器的硬件和软件设计。该控制器通过 DSP 进行数据信号采集、处理并输出相应的控制信号, 采用 MODBUS 现场总线与 PLC 进行通信, 处理速度快、互换性好。实验运行结果表明该综合控制器具有控制和保护功能完善、运行可靠和操作方便等优点。

**关键词:** 数字信号处理器; MODBUS 协议; 控制器; 高压组合开关

**中图分类号:** TM56; TP31 **文献标志码:** A **文章编号:** 1003 - 0794(2009)10 - 0192 - 03

## Development of Integrated Controller of Mine Use High Voltage Switchgear Based on MODBUS Protocol

XI Cun - gen, JIANG Wei - liang, WANG Da - hua

(Shanghai Branch of China Coal Research Institute, Shanghai 200030, China)

**Abstract:** Design and try out a kind of integrated controller of mine use high-voltage switchgear based on MODBUS communication protocol, the hardware design and software design are introduced. The controller gets input signal, processes and then outputs control signal while it can communicate with PLC based on MODBUS protocol with processing rapidity and exchangeability. The experiment shows the controller has the advantage of abundant control and protect function, reliable running and operate easy.

**Key words:** DSP; MODBUS protocol; controller; high voltage switchgear

### 0 引言

矿用高压组合开关在带式输送机, 转载机, 采煤机等重型设备中应用十分广泛, 是煤矿井下供配电的主要设备。综合控制器对组合开关控制的目的是当系统中有控制操作或故障发生时, 控制器控制组合开关动作实现切断或闭合组合开关, 以实现对该设备的控制和保护功能。现在煤矿生产中使用的矿用高压组合开关, 控制器核心芯片一般采用单片机, 存在信号处理速度慢, 硬件设计复杂等缺点。近年来数字信号处理器在功能、处理速度和处理能力方面都取得了突破, 并广泛应用在数据通信、自动控制等领域, 广受设计者青睐。MODBUS 是 MODICON 公司于 1979 年提出的一种通信协议, 经过多年的实际应用, 已经成为一种应用于工业控制器上的标准通信协议, 并且广泛应用在煤矿生产的现场总线控制系统中。本文针对煤矿生产现场的实际情况, 设计并实现一种基于 DSP 和 MODBUS 协议的综合控制器, 其基本任务是通过采集供电线路参数及电机温度的采集和处理, 得出相应的控制和保护信息, 以实现组合开关的动作。而且, 综合控制器有 MODBUS 总线接口, 可以和 PLC 以及监控计算机通信进行远程监控。

### 1 硬件总体结构及工作原理

综合控制器硬件主要由 DSP 及其外围电路所

构成的最小系统、开关量输入电路、A/D 信号采集和调理电路、开关量输出电路、液晶显示电路、键盘电路, 片外扩展 RAM, JTAG 仿真口电路, MODBUS 总线接口电路等部分组成, 综合控制器总体结构如图 1 所示。

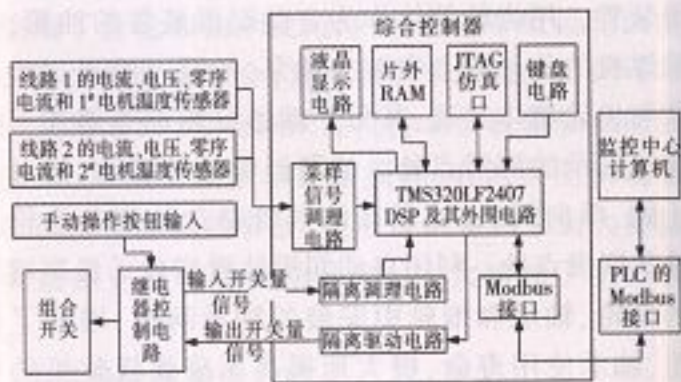


图 1 综合控制器硬件总体结构

该控制器有 3 种工作方式: 闭锁、手动和集控方式。其中集控有 2 种工作模式: 模式 1 是线路 1 和 2 分别控制 1# 电机和 2# 电机, 这时双速切换开关不起作用, 可实现 1# 电机和 2# 电机主从控制; 模式 2 是线路 1 和 2 控制同一台电机, 该电机必须是双速电机, 这时通过切换双速开关 3KM 可实现调速。手动操作按钮可实现 3 种工作方式的切换, 键盘可实现集控工作方式下 2 种模式的选择。输入开关量信号有闭锁、手动、集控方式选择信号、1KM(控制线路 1 的接触器)、2KM(控制线路 2 的接触器)和



3KM (控制双速切换的接触器) 接触器合闸确认信号。输出开关量信号实现控制 1KM、2KM、3KM 接触器和手动故障继电器开/合闸功能。控制器工作原理是首先根据手动操作按钮选择该控制器的工作方式。然后进行 1KM、2KM 和 3KM 接触器合闸确认判断,若出现故障,进入故障处理。接着通过电压传感器和电流传感器采集供电线路的电压和电流信号,通过零序电流传感器采集供电线路的漏电电流,通过温度传感器采集供电线路所载电机的温度信号,将这些信号经过信号调理电路处理后,使信号变换到 DSP 的正常工作电压 0~3.3 V; DSP 处理器通过对采集来的信号进行计算和处理,得到供电线路的电压、电流、漏电的电流值、有功功率、功率因数和电机的温度值等参数并送显示;将这些参数与设定值比较,得出供电线路和电机工作状态,然后做出相应的控制和保护动作。另外,可以通过 MODBUS 总线与 PLC 以及监控中心计算机通信,实现远程监控。

该综合控制器控制功能主要实现对组合开关的接通和断开,从而实现对电机的启动、停止和双速切换。保护功能主要有:漏电闭锁、先导闭锁、过欠压保护、过电流保护、电机过热保护、启动时间过长保护、短路保护、漏电保护和断相保护等功能。一旦发生故障,综合控制器进行相应的保护,并且故障情况会传给上层监控中心。其中,漏电闭锁功能是在供电线路发生漏电时,闭锁线路开关,直到漏电状态消除。先导闭锁是用于 2 次电动机启动间隔时间内闭锁先导回路,防止电动机频繁地连续启动,而降低使用寿命。过压保护、欠压保护、过电流保护、电机过热保护、启动时间过长保护是延时保护,延时保护时间和相关参数可进行设置。短路、断相和漏电为重大故障,当发生这些故障时,立即切断电路,需要人工手动复位,才能重新启动。

## 2 综合控制器的软件设计

系统软件在 CCS 开发环境中由 C 语言和汇编语言编写完成,一般程序采用 C 语言编写,对实时性要求高的,采用汇编语言编写,这样能充分利用 DSP 专为信号处理的哈佛结构,提高代码的运行效率。在程序编写过程中,采用模块化设计,对实现各个功能的程序模块分别进行设计、编程和调试,最后把各个调试好的程序模块联成一个完整的程序,具有设计目标明确、调试方便和容易完成等优点。

系统程序主要由 3 部分组成:主循环程序、A/D 采样转换和瞬时保护中断程序、MODBUS 通信中断程序。主循环程序由输入开关量处理、控制和保护算法、滤波算法、有效值计算、LCD 显示、键盘处理、输出开关量处理等功能模块组成。这些功能模块对

实时性要求不高,在主程序中以循环扫描方式实现。主程序如图 2 所示,系统初始化后进入主循环,先进行输入开关量处理,然后进行按键操作判断,再执行其他功能模块程序。

由于对实时性要求比较高,A/D 采样转换和瞬时保护程序采用定时器中断的方法实现。程序用事件管理器 A 的定时器 2,定时器 2 定时时间到来触发 A/D 采样的启动,采样时采用级连模式,一次做 12 个转换,转换通道分别是 0~5 和 8~13,然后将转换结果存入 DSP 的内部存储单元,A/D 采样间隔 3.222 ms。A/D 采样转换和瞬时保护定时器中断程序如图 3 所示。

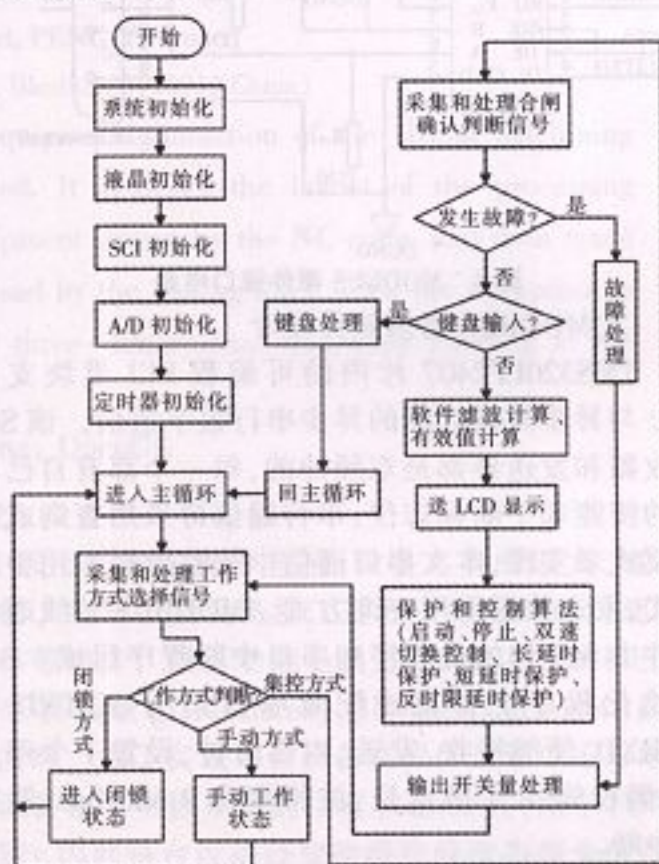


图2 主程序流程图

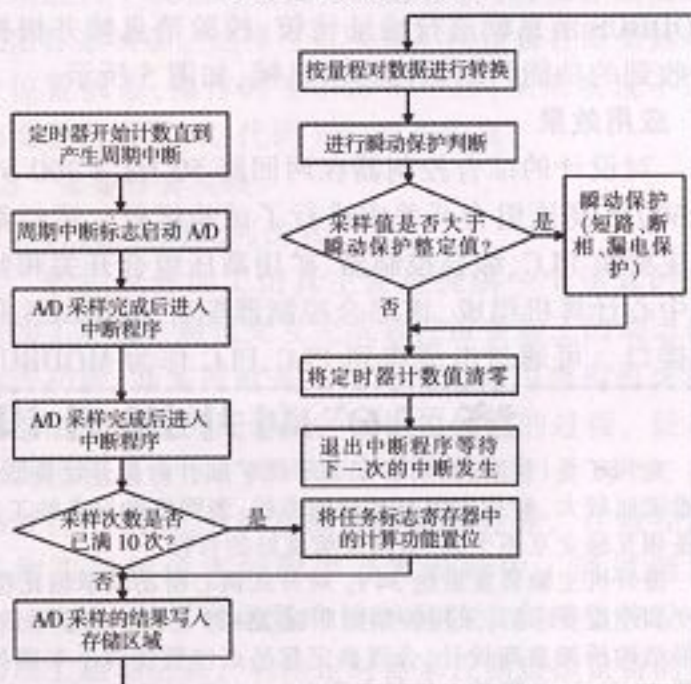


图3 A/D 采样转换和瞬时保护定时器中断程序

## 3 MODBUS 总线通信的硬软件设计



### (1) MODBUS 通信接口电路设计

MODBUS 通信接口模块如图 4 所示,采用 3.3 V 供电的 MAX3485 芯片实现 RS-485 接口,RS-485 接口在煤矿生产现场应用十分广泛,是平衡驱动器和差分接收器的组合接口,抗干扰能力强,传输速率高,传送距离长。通信模块采用 DSP 的 SCI 口,实现 MODBUS RTU 协议联网,可以方便、快捷地实现与 PLC、监控系统通信。

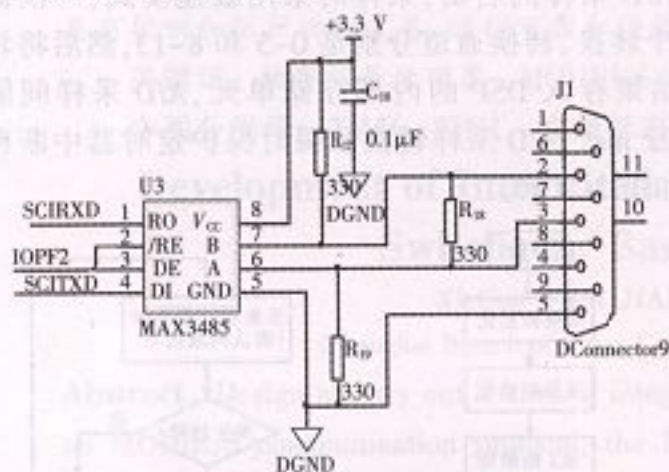


图 4 MODBUS 硬件接口电路

### (2) MODBUS 通信软件设计

TMS320LF2407 片内的可编程 SCI 模块支持 CPU 与异步外设之间的异步串行数字通信。该 SCI 接收器和发送器都是双缓冲的,每一个都有自己单独的使能和中断标志位,串行通信可采用查询或中断模式来实现,本文串口通信中接收数据采用中断模式,发送数据采用查询方式。MODBUS 总线通信软件由 SCI 初始化程序和串口中断程序组成。SCI 初始化程序主要完成配置串行口为 SCITXD 和 SCIRXD,使能接收、发送、内部时钟,设置 1 个停止位、偶校验、8 个数据位、波特率为 9 600 bps,能接收中断。

串口中断程序主要实现将接收缓冲区内的 MODBUS 消息帧进行地址比较、校验消息帧并根据接收到的功能码组织回送消息帧,如图 5 所示。

### 4 应用效果

对设计的综合控制器在两回路 50 Hz, 3 300 V, 2×600 A 高压组合开关中进行了试验运行。运行系统主要由 PLC、综合控制器、矿用高压组合开关和监控中心计算机组成。该综合控制器配有 MODBUS 总线接口,可通过电缆接到 PLC,PLC 作为 MODBUS

RTU 通信的主站,该综合控制器作为从站。在 PLC 与计算机之间采用以太网通信。在现场对组合开关进行开/合闸操作,并且进行了断相、短路、漏电故障试验。试验表明:控制和保护功能准确、稳定。在监控中心计算机上通过组态王对该综合控制器进行参数设置,上传供电线路的电流、电压等参数,没有出现通信中断和数据传输延迟问题。



图 5 MODBUS 通信中断服务程序流程图

### 5 结语

该综合控制器不仅实现了一般控制器基本的控制和保护功能,而且提高了数据处理速度并实现了 MODBUS 总线通信。由于应用于井下煤矿中,系统采用了多种软硬件抗干扰技术。实验运行结果表明,该装置具有使用方便、性能可靠以及控制和保护功能完善等特点,有很好的应用前景。

#### 参考文献:

- [1] 刘和平, 邓力, 江渝, 等. DSP 原理及电机控制应用—基于 TMS320LF240X 系列[M]. 北京:北京航空航天大学出版社, 2006.
- [2] 黄静波, 牟龙华. 矿用组合开关主控单元的设计[J]. 工矿自动化, 2007(1): 74-77.
- [3] 祁建安, 吕震中. 基于 MODBUS 协议的 DSP 从站串口通讯模块设计[J]. 测控技术, 2004, 23(9): 38-40.
- [4] 陈国军, 曾庆军, 黄巧亮. 基于 CAN 总线通信的新型智能控制器的研制[J]. 工矿自动化, 2007(1): 15-18.

作者简介: 都存根(1983-), 山东菏泽人, 本科毕业于山东理工大学, 现为煤炭科学研究总院上海分院硕士研究生, 专业: 机械设计及其理论, 电子信箱: xicungen@126.com.

收稿日期: 2009-05-01

## 济二矿副井提升设备工艺布布置有特点

兖州矿业(集团)公司济宁二号煤矿副井的提升设备既有国产又有引进,机械与电控的接口配合复杂,而且工期很紧,设计的难度比较大。经过安装与运行的考核,表明机电设备的工艺布置达到了功能分区清晰、缆线及管路交叉最少和路径最短、两台设备相互独立互不干扰、室内环境良好的目标。

提升机主轴装置重达 34 t。对开式调心滑动轴承轴瓦检查、更换的几率比滚动轴承高。在分析起重机工作级别、载荷组成、强度和刚度要求后,采用特制的非标 25+25 t、16.5 m 手动双梁双小车桥式起重机,通过对 SSQ-3 型起重机 20 t 小车局部改进,箱形结构桥架重新设计,合理确定起吊点位置使两小车载荷基本平衡,起重机自重仅 17.9 t、净高 1.9 m,较电动起重机节省设备费 28 万元,并降低主机间高度 2.3 m。经过计算,主电机与变频器共用一套通风冷却系统,省去两套变频器闭式热交换冷却设备。利用主电机在环境温度较低时有较好自冷的特点,采用双速电机驱动通风机,夏季高速运转、冬季低速运转,节省运行电费。

(李剑峰)