

文章编号: 1671-251X(2010)02-0028-04

# 基于C8051F020的矿井127V综合保护系统的设计\*

刘杰, 郑丽君, 高云广, 宋建成

(太原理工大学电气与动力工程学院, 山西 太原 030024)

**摘要:**针对传统的矿井127V综合保护系统保护距离短、稳定性差和显示不精确的问题,在分析系统应具备的保护功能和自检功能的基础上,设计了以C8051F020为核心的数字化矿井127V综合保护系统,详细介绍了系统硬件电路设计和软件设计。该系统可对3个回路执行综合保护和控制功能,能满足长距离保护的要求,系统自检功能的设计减小了系统故障引发安全事故的几率。调试结果表明,该系统功能全、成本低,能够满足现代煤矿井下的需求。

**关键词:**矿井; 127V照明系统; 综合保护; 信号采样; 自检; C8051F020

**中图分类号:**TD611      **文献标识码:**B

Design of Mine used 127 V Integrated Protection System Based on C8051F020

LIU Jie, ZHENG Lijun, GAO Yun Guang, SONG Jiancheng

(College of Electric and Power Engineering of Taiyuan University of Technology,  
Taiyuan 030024, China)

**Abstract:** In view of the problem that traditional mine used 127 V integrated protection systems have shortcomings of short protection distance, poor stability and inaccurate display, a digital mine used 127 V integrated protection system based on C8051F020 was designed on the basis of analyzing protection and self-checking functions which the system should have. The system's design of hardware circuit and software were introduced in details. The system can realize integrated protection and control functions for three circuits, meet demand of long distance protection, and reduce probability of safety accidents caused by system fault because of self-checking function. The experiment result showed that the system has full functions and low cost, and can meet needs of a modern coal mine.

**Key words:** coal mine, 127 V lighting system, integrated protection, signal sampling, self-checking, C8051F020

## 0 引言

矿井127V综合保护系统是一种用于煤矿井下照明及信号负载的供电电源,具有短路、漏电保护等功能。传统的设计思路大都采用模拟电路的方式,电路稳定性差、灵敏度低、检测误差大,系统运行的状态采用发光二极管显示,指示不精确,而且随着巷道长度的不断增加,供电距离也相应加长,造成无法识别末端短路故障,保护不能动作的现象时有发生。

收稿日期: 2009-10-23

\* 基金项目: 国家科技支撑计划项目(2007BAB13B01)

作者简介: 刘杰(1983-),男,太原理工大学在读硕士研究生,

研究方向为高电压与绝缘技术。E-mail:tyutliujie@163.com

传统的处理方法是采用增加综合保护装置的数量来增加保护距离,造成很大的浪费。

鉴于传统方法的缺点,笔者设计了一种以C8051F020为核心的数字化矿井127V综合保护系统,该系统可满足长距离保护的要求;可对3个回路短路、断相、过载、过压、欠压、漏电等故障或非正常状态进行处理、报警和显示;可以对电压检测电路、电流检测电路和漏电检测电路进行自检;采用分辨率为 $320 \times 240$ 的液晶屏显示系统的运行状态、相关参数、分合闸情况以及3个回路的正常与故障状况。该系统性能指标明显优于传统的模拟式保护装置,由于采用了微机控制技术,还能够识别末端短路故障。

## 1 系统总体设计思路

### 1.1 系统结构

矿井127 V综合保护系统采用C8051F020单片机对3个回路执行综合保护和控制功能,硬件电路主要由信号采样电路、数字信号输入电路、数据处理电路、执行电路、显示电路等组成。系统总体结构如图1所示。

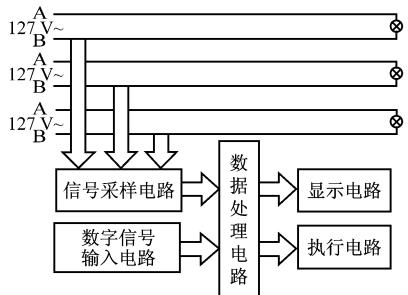


图1 矿井127 V综合保护系统总体结构图

系统采用C8051F020单片机作为中央控制单元。C8051F020单片机是完全集成的混合信号系统级MCU芯片,有64 KB FLASH存储器,4352(4 096+256)B RAM,片内有5个通用16位定时器、64个数字I/O引脚、2组8通道ADC(一组为12位100 kbit/s的ADC,另一组为8位500 kbit/s的ADC),硬件实现的SPI、SM Bus/I<sup>2</sup>C和2个UART串行接口。C8051F020与传统的8051单片机软硬件完全兼容,而且片内有全速、非侵入式的系统调试接口,使用十分方便。

### 1.2 系统功能

系统保护功能包括电压(过压、欠压、失压)保护、电流(过载、短路、断相)保护、漏电保护。其中电压保护功能通过设定工作电压的上下限实现,系统工作电压允许波动范围为(75%~110%)Ue;电流保护按回路电流额定值(13 A)计算,过载倍数取1.1、1.2、1.5、2.0、4.0(本文取1.2),短路倍数设计为7;漏电保护采用附加直流电源检测原理,根据计算出的绝缘电阻值判断漏电是否发生。假设127 V两支路绝缘电阻(R)是对称的,当人身触及B支路时,电流经A支路对地电阻、B支路对地电阻并联人身电阻流回。设人身电阻为1 kΩ,则有

$$\frac{127}{R + \frac{R}{1 + R}} = 30$$

$\times \frac{R}{1 + R} = 30$ ,解得R=2.23 kΩ,所以漏电保护动作值为2.3 kΩ,漏电闭锁动作值为4.6 kΩ。相关参数整定值如表1所示。

表1 矿井127 V综合保护系统参数整定值表

故障类型	整定值	动作延时
电压故障	过压 139 V	2 min
	欠压 95 V	2 min
	失压 5 V	3 s
电流故障	过载 15 A	2 min
	短路 91 A	无
	断相 0 A	3 s
漏电故障	漏电闭锁 4.6 kΩ	实时
	漏电 2.3 kΩ	无

系统的自检功能包括电压检测电路自检、电流检测电路自检、漏电检测电路自检。电压检测电路自检根据电压检测电路输出信号的有无实现,当其为0时,就认为检测电路坏;电流检测电路自检类似于电压检测电路自检,通过判断电流变送器工作与否来辨别检测电路的正常和故障,该功能主要通过软件实现;漏电自检功能的实现有别于前两种,当按下系统自检按钮后,吸合漏电试验继电器,使系统通过1 kΩ电阻接地,然后根据信号判断电路是否正常。

## 2 系统硬件电路设计

### 2.1 信号采样电路

信号采样电路针对3个回路的电压值、电流值和绝缘电阻值进行采样和信号调理,将3种信号调节为2.43 V以下的电压信号。电压信号采样电路和电流信号采样电路所采用的传感器型号分别为兵字TV1013(2 mA/2 mA)、兵字TA1015(5 A/2.5 mA)。根据传感器输入额定值,在电压传感器的输入侧添加了限流电阻。2种信号经相应传感器后,经过I/V变换、整流滤波和比例调整后进入A/D转换环节。信号采样电路如图2所示。

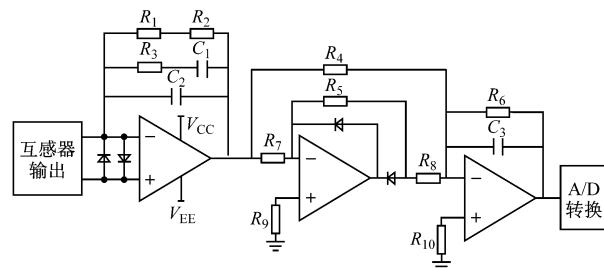


图2 信号采样电路图

漏电信号的采样采用附加直流电源检测原理,具体电路如图3所示。42 V的交流电经整流滤波和相应调整后变换为40 V的直流电压,将该直流电压通过电阻R<sub>1</sub>施加在线路绝缘上,最终形成直流

电压、 $R_4$ 、线路绝缘电阻和大地构成的回路, 将该回路的电流信号转换成电压信号即为所需的漏电信号。

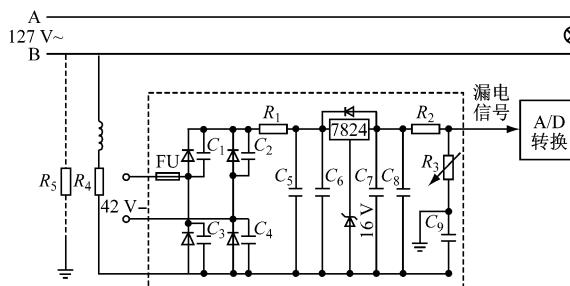


图 3 漏电信号采样电路图

A/D 转换使用 C8051F020 中自带的两组 8 通道 ADC。3 个回路的电压、电流和漏电信号共有 9 个模拟信号输入, 在分配 CPU 引脚时, 利用 C8051F020 特有的交叉开关将 P1.0 引脚定义为 8 位 500 kbit/s 的 ADC 输入口(即 AIN0.0), 并分配该引脚为第三回路漏电信号的输入口。其余 8 路信号依次分配给 C8051F020 的 AIN1.0~AIN1.7 引脚, 这些模拟信号的转换使用 12 位 100 kS/s(每秒采样 100 k 个点)的 ADC。

## 2.2 外部时钟电路

系统晶振频率选为 22.1184 MHz, C8051F020 单片机时钟周期等于机器周期, 如果使用系统时钟并设定定时器工作为方式 1, 则机器周期  $MC =$  时钟周期  $= 1/22.1184 \text{ MHz} = 0.045211226 \times 10^{-6} \text{ s}$ , 最大计数值  $N = 2^{16} = 65536$  次, 定时器从计时开始到申请中断所用时间最大值  $t_0 = N \times MC = 0.003 \text{ s}$ , 而照明综合保护系统运行时对过载、失压和过压的判断要延时 2 min, 对断相、失压的判断延时 3 s, 若依上述时间间隔  $t_0$ , 实现 3 s 的延时需循环执行定时器中断服务程序 1 000 次, 实现 2 min 的延时需循环执行 40 000 次, 这样严重影响了主程序的执行效率。

为提高主程序的执行效率, 使用 HCF4060 时钟芯片设计了外部时钟电路, 外部晶振频率为 32.768 kHz, 按照图 4 所示的电路得到的外部时钟的频率为 2 Hz。

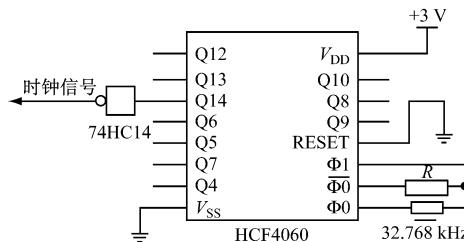


图 4 外部时钟电路图

## 2.3 数字信号输入电路

为便于运行人员操作, 根据现场需要, 专门设计了 8 路数字信号输入通道, 包括 3 个回路的分合闸按钮信号、系统开始运行按钮信号、系统复位按钮信号(软件复位)、系统短路试验按钮信号、系统漏电试验按钮信号和 CPU 复位信号(硬件复位)等。这 8 路信号依次分配给 C8051F020 的 P3.0~P3.6 引脚和 RESET 引脚。数字信号输入电路如图 5 所示。

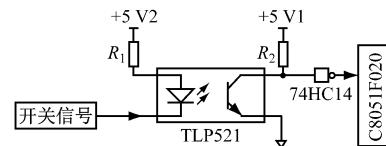


图 5 数字信号输入电路图

## 2.4 执行电路

执行电路如图 6 所示, 其功能是在 C8051F020 将输入的信号处理完成后, 根据一定的阈值控制相应继电器或开关的闭合或关断。C8051F020 的输出信号包括 3 个回路的合闸信号、漏电试验继电器合闸信号、短路试验继电器合闸信号和故障报警继电器合闸信号等。为防止电磁扰动影响而误动作, 3 个回路的合闸信号均采用 2 路信号控制, 只有当一路为高电平、另一路为低电平时才进行合闸操作, 其余情况下都跳闸。控制信号使用了 C8051F020 的 P0.7、P1.1~P1.7 和 P2.5 引脚, 另外考虑到 C8051F020 输出的高电平为 3.3 V 左右, 所以其 C8051F020 输出信号添加了上拉电阻。

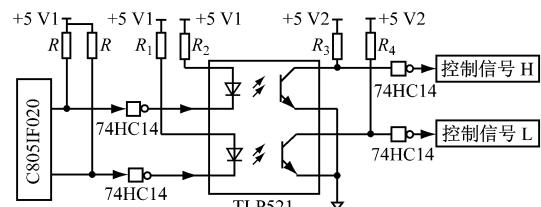


图 6 执行电路图

## 2.5 显示电路

系统的运行状态、相关参数、分合闸情况以及 3 个回路正常与故障等的显示使用由台湾南亚公司生产的 LMA32-72A-0 型液晶显示器, 该款液晶显示器内置液晶控制器 RA8835A, 采用 LED 背光, 分辨率为 320~240, 对比度可调, 外部有 18 个引脚可供用户使用, 使用较方便。

液晶显示器与 C8051F020 的连接采用间接接法, 并添加上拉电阻, 连接电路如图 7 所示。在图形方式下利用 RA8835A 可三重重叠的特性实现了各种显示功能。

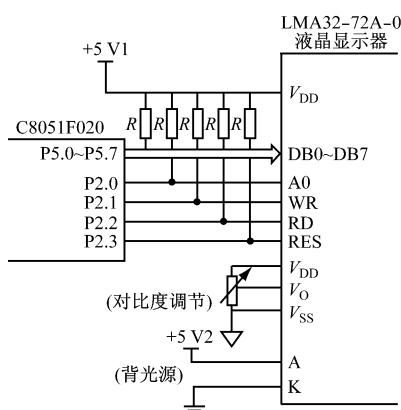


图7 液晶显示器与C8051F020的连接电路图

### 3 系统软件设计

系统的软件包括初始化子程序、试验子程序、复位子程序、各回路子程序、电流保护子程序、电压保护子程序、漏电子程序、电流中断子程序、电压中断子程序、漏电闭锁子程序和显示子程序等。主程序流程如图8所示。

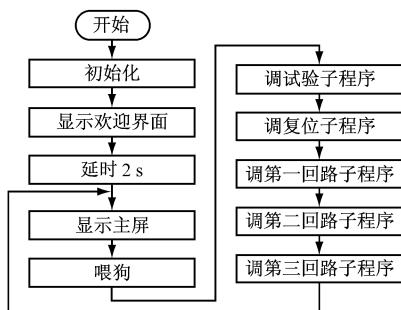


图8 主程序流程图

初始化子程序设置C8051F020的晶振、初始化看门狗、设置IO口工作方式、设置交叉开关以便为相关数字外设分配引脚、定义程序中使用的变量和常量、初始化液晶显示器、使能相应中断等。

程序采用主循环程序和中断程序结构。系统程序的大致工作过程: 初始化结束后运行短路试验和漏电试验子程序, 主程序中循环检测3个回路的电流、电压和漏电情况, 并及时处理短路、漏电等严重故障, 各中断服务子程序主要完成过载、过压、欠压和断相等非正常状态的处理, 在各程序运行过程中穿插调用相应的显示程序, 及时反映系统的运行状态、各相关参数、分合闸情况以及故障类型。

### 4 系统调试

#### 4.1 系统正常运行调试

在3个回路均正常工作的前提下, 综合保护系

统上电后, 系统运行稳定, 显示准确。

#### 4.2 系统故障调试

根据综合保护系统相关参数的整定值, 人为使3个回路工作在故障状态下, 调试结果表明, 系统运行稳定, 显示准确。

#### 4.3 系统自检功能调试

系统的自检功能包括电压检测电路自检、电流检测电路自检、漏电检测电路自检。图9为系统进行短路保护自检试验的显示界面。

系统正在进行短路保护试验		
第一回路	绝缘电阻	kΩ
短路保护好	工作电流	A
	工作电压	V
第二回路	绝缘电阻	kΩ
短路保护坏	工作电流	A
	工作电压	V
第三回路	绝缘电阻	kΩ
短路保护好	工作电流	A
	工作电压	V

图9 系统进行短路保护自检试验的显示界面

### 5 结语

基于C8051F020的数字化矿井127 V综合保护系统, 实现了对3个回路的电压故障、电流故障和漏电故障的准确辨别和故障情况下及时的分合闸动作, 能满足长距离保护的要求。系统中自检功能的设计减小了系统故障引发安全事故的几率, 而且系统的运行状态、各相关参数、分合闸情况以及故障类型的显示准确明了, 为运行人员提供了很大的便利。调试结果表明, 该系统功能齐全、成本低廉, 能够满足现代煤矿井下的需求。

#### 参考文献:

- [1] 何立民. 单片机应用系统设计[M]. 北京: 北京航空航天大学出版社, 2002.
- [2] 张传书, 武浩. 远距离照明信号综合保护装置的研制[J]. 工矿自动化, 2005(4): 61~62.
- [3] 梁培清, 孟庆坤. BBM-2.5/660A型煤矿照明信号综合保护装置[J]. 煤炭科学技术, 1992(6): 50~52.
- [4] 郭永东, 马享邑. BZX-2Y远距离照明综合保护装置的分析[J]. 中州煤炭, 2001(6): 3~4.
- [5] 凌六一, 黄友锐, 曲立国. 煤矿井下照明信号综合保护装置控制原理缺陷分析及改进方法[J]. 煤炭工程, 2007(12): 51~52.
- [6] 周水生, 王作利, 张秀清. 照明信号综保在使用中存在的问题及改进方法[J]. 煤炭科技, 2003(1): 31~32.