

文章编号:1671-251X(2011)08-0130-04

矿用直流不间断电源的设计

刘强¹, 杨昉昉²

(1. 中煤科工集团重庆研究院测控技术研究分院, 重庆 400039;

2. 中煤科工集团重庆研究院检测中心, 重庆 400039)

摘要:设计了一种煤矿井下交换机用直流不间断电源。该不间断电源采用 MAX713 电源管理芯片对镍镉电池进行智能充电;采用 MSP430F147 单片机作为微处理器,利用外部中断方式监测矿用交流电的工作状态,当发现矿用交流电不能正常供电时对电路进行切换,启动镍镉电池供电,从而保证交换机持续工作。测试结果表明,该不间断电源具有一定的实用性。

关键词:矿用交换机;直流不间断电源;镍镉电池;充电;MSP430F147;MAX713

中图分类号:TD611 文献标识码:B

Design of Mine-used DC UPS

LIU Qiang¹, YANG Fang-fang²

(1. Branch of Measurement and Control of Chongqing Research Institute of China Coal Technology and Engineering Group Corporation, Chongqing 400039, China.

2. Testing Center of Chongqing Research Institute of China Coal Technology and Engineering Group Corporation, Chongqing 400039, China)

Abstract: A DC UPS used in underground exchanger was designed. The UPS uses MAX713 to make intelligent charging for Ni-Cd battery; it takes MSP430F147 as microprocessor, uses external interruption mode to monitor working state of mine-used AC, and it can switchover to start Ni-Cd battery supply when mine-used AC has fault, so as to ensure continuous work of exchanger. The test result showed that the UPS has certain practicality.

Key words: mine-used exchanger, DC UPS, Ni-Cd battery, charging, MSP430F147, MAX713

0 引言

随着工业以太网在井下的迅速发展与应用,为保证交换机正常工作,对供电电源质量的要求越来越高,因此,煤矿井下交换机用不间断电源(UPS)的地位愈显突出。UPS按其输出形式可分为交流UPS和直流UPS,交流UPS需要逆变器将电池电压逆变为交流电输出,直流UPS则可直接供给负载,不需要再经过逆变。鉴此,笔者设计了一种煤矿井下交换机用直流UPS。该电源在现有直流UPS

的基础上增加了人机对话功能;通过液晶显示能准确、实时显示电池的供电状态、电池电压、充电电流、UPS输出电压、UPS输出电流的大小等。

1 直流UPS的硬件设计

1.1 基本设计思路

设计的煤矿井下交换机用直流UPS可在矿用交流电供电时使交换机正常工作,并通过以电源管理芯片 MAX731 为核心的充电电路给镍镉电池充电。当矿用交流电断电时,MSP430F147 单片机控制的切换开关自动切换,使后备电源利用镍镉电池给交换机供电。该UPS总体结构如图1所示^[1-2]。

正常工作情况下,AC/DC模块完成交流与直流的转换,输出24V直流电压,供交换机工作;同时127V交流输入通过桥式整流电路,经稳压后给镍

收稿日期:2011-04-07

作者简介:刘强(1982-),男,重庆人,助理工程师,现主要从事煤矿安全监控系统产品的研发工作。E-mail:liuqiang1188@163.com

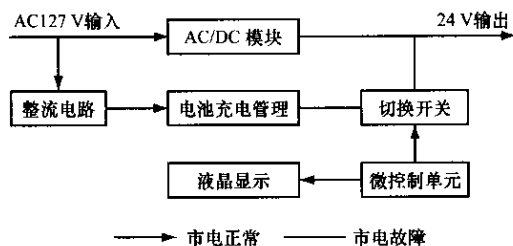


图1 煤矿井下交换机用直流UPS结构

镉电池组供电。MSP430F147通过内部集成的AD转换模块,实时采集整个工作过程,当监测到有127V交流输入时,MSP430F147控制切换开关关闭,24V电源由AC/DC模块供给;当监测到无127V交流输入时,MSP430F147控制切换开关导通,24V电源由镍镉电池供电。同时,MSP430F147将采集到的电池电压、充电电流、UPS输出电压、UPS输出电流,通过控制液晶显示模块OCMJ2×10C显示出来。

在设计时把整个UPS系统分为UPS模块和MSP430F147模块2个部分来进行单独设计,最后通过接口跳线完成系统的统一。这样不仅简化了设计难度,而且方便了调试。在UPS模块中主要完成电池的充放电管理、电源的切换及过放管理电路的设计,其中电源的切换、过放保护的控制在MSP430F147的输出端提供。MSP430F147模块的功能:实时监测127V交流电是通电状态还是断开状态;实时将采集到的24V电压信号通过液晶屏显示出来;通过控制图1所示的切换开关的闭合或断开,提供给负载不间断供电。

1.2 硬件电路设计

煤矿井下交换机用直流UPS硬件电路包括整流稳压电路、充放电管理电路、切换电路、过放保护电路4个部分,主要满足当矿用交流电供电时,交流电一部分经整流稳压后在电池管理芯片的控制下对电池充电,另一部分通过AC/DC模块转换为24V直流电源给交换机及MSP430F147供电;当矿用交流电断电后,在200ms内经过MSP430F147检测并自动控制晶闸管控制位,使晶闸管导通完成切换,启动后备电源镍镉电池给交换机供电,从而完成UPS功能^[3]。

1.2.1 整流稳压电路

整流稳压电路如图2所示,经J1接入矿用交流电,从整流桥输出的脉动电压经过电解电容 C_1 滤除高次谐波分量后,接入三端可调稳压管LM317T,输

出电压为

$$U_o \approx 1.25(1 + R_7/R_6)$$

这样通过适当调节调整电阻 R_7 的值可以使输出电压达到24V左右。

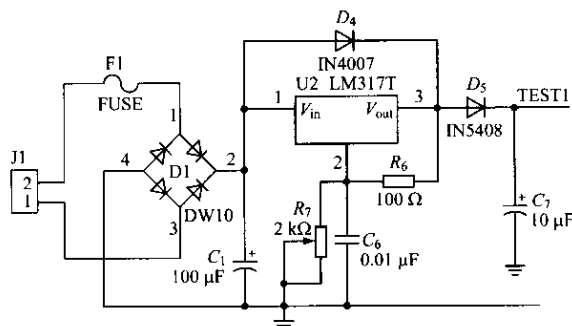


图2 整流稳压电路

图2中,在LM317T输入端接 C_1 可进一步滤除纹波,输出端接 C_7 能消除自激振荡,确保电路电压稳定; C_6 与 R_6 并联组成滤波电路,减小输出的纹波电压;二极管 D_5 的作用是防止输出端与地短路时, C_7 上的电压损坏稳压器。

另外,TSET1端与MSP430F147的P1.3、P1.4脚相连,用来监测供电状态。P1.3脚设置为中断模式(下降沿有效),用来判断矿用交流电是否掉电,如果掉电则立即启动电池供电系统;P1.4脚用来判断供电状态,如果是高电平则采用矿用交流电供电,如果是低电平则采用电池供电。

1.2.2 充放电管理电路

充放电管理电路如图3所示。

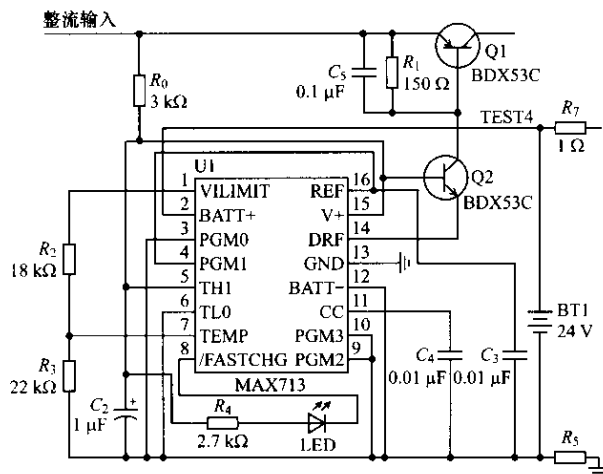


图3 充放电管理电路

(1) 电池数量的设定:MAX713提供可编程引脚PGM0和PGM1,通过对这2个引脚采取不同的电压连接方式即可设置充电电池数量(1~16节)。由于采用24V镍镉电池,按照每节2V计算,可知

所用电池数量为12节,因此,PGM0连接BATT-,PGM1连接REF。

(2) 充电速率及时间的设定:通过设置PGM2和PGM3引脚的编程电压可设定电池的充电速率和充电时间。MAX713最大允许快速充电时间为264 min,因此,其最小充电速率将不能低于充电电池容量的四分之一。快速充电电流可按以下公式计算:

$$I_{\text{FAST}} = \frac{\text{充电电池容量}}{\text{充电时间}}$$

由于本设计中采用最大充电时间为264 min,可以算出快速充电速率。设置PGM2、PGM3都与镍镉电池负极相连,可使最大充电时间为264 min。

为了更好地测量电池电压及充电电流,在电池的输出端串联了一个1 Ω电阻。图3中TEST4与MSP430F147的电压采集端P6.6相连。

1.2.3 切换电路

晶闸管在工作过程中,阳极A和阴极K分别与电源和负载连接,组成晶闸管主电路,晶闸管的门极G与MSP430F147的控制引脚相连,组成晶闸管控制电路。

如图4所示,P0与MSP430F147的P2.1引脚相连,在矿用交流电供电时,矿用交流电经AC/DC模块直接作为UPS输出(即为DC24 V),当检测到矿用交流电断电时,MSP430F147立即置P2.0、P2.1引脚为高电平,导通晶闸管,启动电池供电;当矿用交流电再次通电后,在交流电的作用下,AC/DC模块的24 V电压使晶闸管的阳、阴极压降接近于零,晶闸管关断,从而切断电池供电。

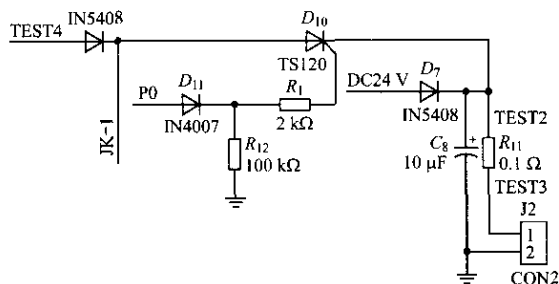


图4 切换电路

1.2.4 过放保护电路

矿用交流电故障时,晶闸管导通,由电池对外供电。为保证电池的正常使用,放电时必须保证电池电压高于放电终止电压。放电终止电压是指蓄电池放电时允许的最低电压。如果电压低于放电终止电压,则蓄电池继续放电,电池两端电压会迅速下降,形成深度放电,这样,极板上形成的生成物在正常充

电时就不易再恢复,从而影响电池的寿命^[4]。本设计采用的镍镉电池的放电终止电压一般规定为1 V。因此,为保护电池,避免形成深度放电,设计了过放保护电路,如图5所示。其中P1端与MSP430F147的P2.0引脚相连,MSP430F147实时检测电池电压,当电池电压高于放电终止电压时,P1端置高电平,三极管Q3导通,继电器J2的1、2脚闭合,电池处于充电状态;当电池电压低于放电终止电压时,P2.0引脚置低电平,三极管Q3截止,继电器J2的1、2脚断开,从而使电池断开,避免深度放电。

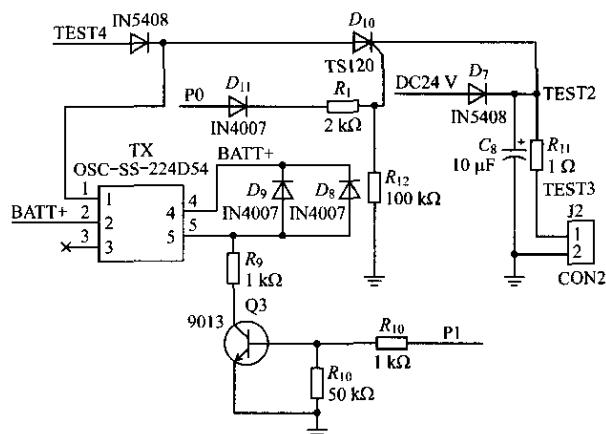


图5 过放保护电路

为了测量UPS输出电压及输出电流,在输出端串联了一个0.1 Ω的电阻,TEST2、TEST3端分别与MSP430F147的电压采集端P6.3、P6.4相连。

1.3 微控制单元设计

微控制单元采用MSP430F147单片机,它是一款16位单片机,具有集成度高、外围设备丰富、功耗低等优点,非常适合在手持设备、由电池供电的设备中使用。MSP430F147在休眠条件下的工作电流只有0.8 μA,就是在2.2 V、1 MHz条件下工作电流也只有280 μA。

图6为MSP430F147控制框图。

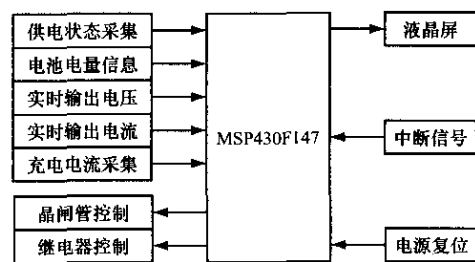


图6 MSP430F147控制框图

微控制单元的主要功能:

(1) 通过外部中断来检测供电状态,当矿用交

流电断开时控制切换电路使电池供电。

(2) 完成对电压电流的采集,当矿用交流电正常时,采集电池电量和输出电流;当交流电断开时,采集电池电量、充电电流。

(3) 控制液晶显示芯片,输出采集数据。

(4) 通过对电池电量的采集,判断电池电量,当电池电量低于 1 V 时控制过放保护电路,切断电池供电,运行结束。

2 直流 UPS 的软件设计

煤矿井下交换机用直流 UPS 利用 MSP430F147 的 P1.3 引脚作为中断口来监测矿用交流电是否掉电。如果掉电,则启动中断子程序来处理。该 UPS 软件包括中断模块(电源切换模块)、过放保护模块、电压采集模块、液晶显示模块 4 个模块。其中,主程序流程、中断程序流程、过放保护程序流程分别如图 7、图 8、图 9 所示^[5]。

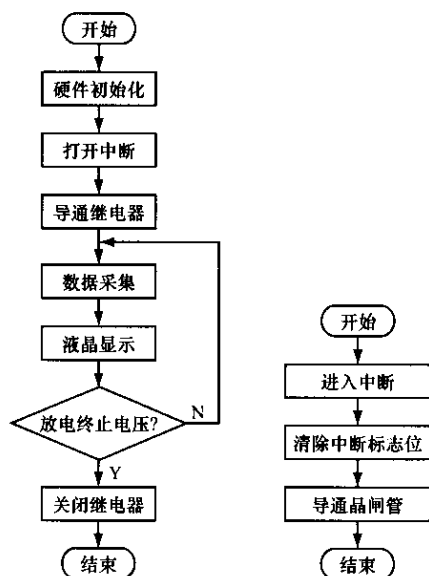


图7 UPS主程序流程

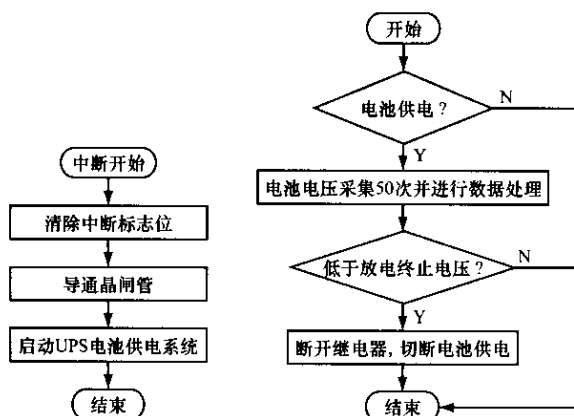


图8 中断程序流程

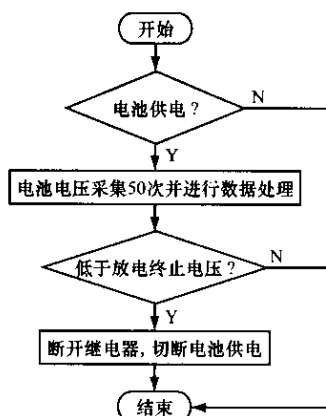


图9 过放保护程序流程

3 测试结果分析

为验证该 UPS 的可行性,笔者对其进行了测试。测试结果表明,该 UPS 电源功能基本上能实现,但是在稳定性和精确性上还存在着一定问题。存在的问题及解决方法如下:(1) 在最初的程序设计中采用的是循环检测 P1.3 端口的电平,这样就造成了当矿用交流电掉电后,不能迅速检测到 P1.3 端口电压的变化,导致启动电池供电不是太及时。把 P1.3 端口改为中断模式,这样就可以做到 P1.3 端口电压的实时监测;(2) 在 UPS 模块硬件电路设计中,晶闸管的控制端没有加电阻 R_{12} ,使晶闸管的控制端存在着静电,导致矿用交流电重新供电时,不能很好地切断电池供电,在晶闸管的控制端接一个下拉电阻可解决该问题^[6-7]。

4 结语

煤矿井下交换机用直流 UPS 采用 MAX713 电源管理芯片对电池进行智能充电;采用 MSP430F147 单片机作为微处理器,利用外部中断方式监测矿用交流电掉电或出现故障状态,当发现矿用交流电不能正常供电时对电路进行切换,启动电池供电,从而确保交换机可持续工作。

参考文献:

- [1] 张广明,沈卫东,曲颖,等. UPS 供电系统设计与应用[M]. 北京:人民邮电出版社,2004.
- [2] 王其英,刘秀荣. 新型不停电电源(UPS)的管理使用和维护[M]. 北京:人民邮电出版社,2005.
- [3] 李成章. 现代 UPS 电源及电路图集[M]. 北京:电子工业出版社,2001.
- [4] 欧阳森. 基于 MSP430 单片机的过电流继电器保护单元设计[J]. 低压电器,2005(1):30-33.
- [5] 李增科. 基于软开关技术的 PWM 开关电源的研究[J]. 自动化博览,2006(增刊1):87-88.
- [6] MOLT P V, ANDERSON H. Uninterruptible Power Supplies Today Installation Engineering Designing and Maintaining Successful Systems [C]//Third International Conference,1988,London.
- [7] GALT D. Control and Monitoring of Uninterruptible Power Systems[C]//International Telecommunications Energy Conference,1989,Washington.