

文章编号:1671-251X(2013)05-0009-04

DOI:10.7526/j.issn.1671-251X.2013.05.003

游青山. 基于镍氢电池的隔爆型电气设备备用电源系统设计[J]. 工矿自动化, 2013, 39(5): 9-12.

基于镍氢电池的隔爆型电气设备 备用电源系统设计

游青山^{1,2}

(1. 瓦斯灾害监控与应急技术国家重点实验室, 重庆 400037;

2. 中煤科工集团重庆研究院, 重庆 400039)

摘要:针对 GB 3836.2—2010 中规定矿井隔爆型电气设备备用电源系统中的备用电池必须采用镍镉电池、锂电池、镍氢电池的要求,设计了一种基于镍氢电池的隔爆型电气设备备用电源系统;分析了镍氢电池的工作原理及系统的设计要求,详细介绍了系统中充电管理单元、保护单元的设计,并给出了系统测试结果。实际应用表明,该系统运行可靠,保护措施安全有效,完全满足 GB 3836.2—2010 的要求。

关键词:隔爆型电气设备;备用电源;镍氢电池;充电管理

中图分类号:TD684

文献标志码:A

网络出版时间:

网络出版地址:

Design of standby power supply system of flameproof electrical equipments
based on Ni-MH battery

YOU Qing-shan^{1,2}

(1. State Key Laboratory of Gas Disaster Detecting, Preventing and Emergency Controlling,
Chongqing 400037, China; 2. Chongqing Research Institute of CCTEG, Chongqing 400039, China)

Abstract: In view of requirement in GB 3836.2—2010 standard that it must use Ni-Cd battery, lithium battery and Ni-MH battery as standby battery in standby power supply system of mine flameproof electrical equipments, a standby power supply system of flameproof electrical equipments based on Ni-MH battery was designed. Working principle of Ni-MH battery and design requirements of the system were analyzed, design of charging management unit and protection unit of the system were introduced in details, and test result of the system was given. The actual application shows that the system can meet requirement of GB 3836.2—2010 standard with stable running, safe and effective protecting measures.

Key words: flameproof electrical equipment; standby power supply; Ni-MH battery; charging management

0 引言

目前,矿井隔爆型电气设备备用电源系统中的备用电池主要采用阀控式铅酸蓄电池。但 GB 3836.2—2010《爆炸性环境 第 2 部分:由隔爆外壳“d”保护的設備》的附录 E 明确规定:在正常使

用时可能释放电解气体(通过自然排气孔或通过压力释放阀)的电池不能在隔爆外壳内使用,表 E. 2 中规定允许的蓄电池包括镍镉电池、锂电池、镍氢电池 3 种电池。锂电池中的锂离子活性大,在过充电情况下,电池内部膨胀并产生大量氢气,遇明火易燃甚至发生爆炸,并且难以承受挤压、穿刺、高温,当发

收稿日期:2013-02-06。

基金项目:国家科技重大专项(2011ZX05041-004)。

作者简介:游青山(1981—),男,重庆人,工程师,硕士,主要从事煤矿安全监控及感知矿山方面的研究工作,E-mail:youqingshan@163.com。

生碰撞时有发生爆炸的风险,安全性能有待提升;镍镉电池有明显的记忆效应,但镉有毒,建议不使用;镍氢电池能量较高,性能稳定,安全环保,无记忆效应,因而在煤矿井下恶劣环境下,可优先选用镍氢电池作为隔爆产品备用电池。鉴此,本文介绍一种采用阀控式镍氢电池作为备用电池的隔爆型电气设备备用电源系统的设计。

1 镍氢电池工作原理

镍氢电池在充电时将电能转化为化学能在电池内储存起来,放电时将化学能转化为电能供给外系统,因整个化学反应都是在密闭的情况下进行的,化学成分并没有发生变化,达到了密封免维护的目的。过充电时,正极上析出的氧在贮氢合金负极上被还原成水(消氧反应);过放电时,正极上析出的氢被贮氢合金负极吸收(消氢反应)。但过充电时,电池端电压会下降,出现 $-\Delta U$,放出大量热量,电池温度迅速升高,充电效率下降,隔膜也因温度升高而收缩,可能造成电池短路。同时,贮氢合金负极也极易氧化,使充电接受率下降,降低电池寿命^[1]。可见,阀控式镍氢电池在极端条件下使用时,同样存在不利于安全的因素。因此,在隔爆型电气设备备用电源中使用镍氢电池需要保证其性能安全、可靠。

2 系统设计要求分析

隔爆型电气设备备用电源系统需要满足以下要求^[2]:① 采用在隔爆外壳内能对镍氢电池组进行充电的设计理念,并能防止产生和释放电解气体;② 镍氢电池组本身必须装有过热安全装置;③ 充电时,电池组内任何单体电池的电压超过最高电压时能自动切断充电电路;放电时,电池组内任何单体电池的电压低于最低电压时能自动切断放电电路;④ 必须防止电池极性接反;⑤ 必须防止在同一电池组内其他电池反向充电;⑥ 必须防止电池短路产生的电流及热量超过制造商规定的值。

除了以上几点要求,备用电源系统应对环境温度、湿度、充电电流、放电电流、电池电压、电池容量等多种参数进行监测,对电源设备本身的状态进行智能监控,并能上传至服务器;在系统主机中能实时监控电源的运行参数和状态,对后备电源进行手动或自动充放电维护,对电源设备故障事件实现快速、准确响应,对电源设备本身能实现预警和故障诊断,从而提高系统的可靠性和适用性^[3]。

3 系统设计

3.1 设计方案

隔爆型电气设备备用电源系统一般作为隔爆型电气设备电源系统的子系统而存在,如图 1 所示。矿井电源输入预处理电路能自动适应煤矿井下的电压等级,将输入电压转换到开关稳压电源的输入电压范围;开关稳压电源的输出分为 2 路:一路直接经安全栅处理模块输出本质安全型电源;另一路给备用电源系统供电^[3-4]。

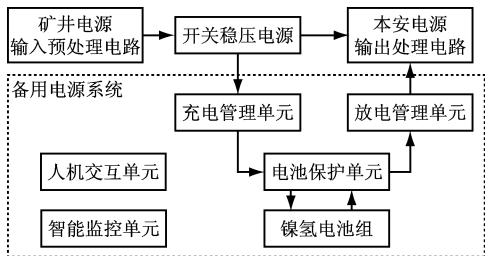


图 1 隔爆型电气设备电源系统结构

3.2 充电管理单元硬件设计

充电管理单元的主要功能是控制主电路经过保护板对镍氢电池进行充电,包括充电控制主电路、参数采样及环路控制电路、驱动电路、硬件保护电路、逻辑及故障判断电路、通信电路等,如图 2 所示。

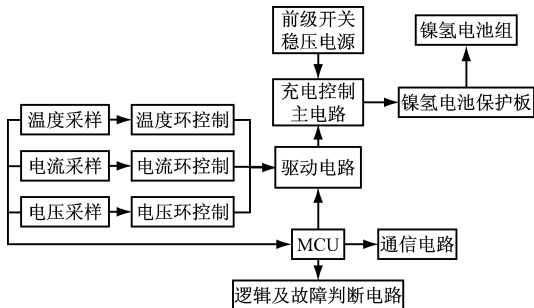


图 2 充电管理单元组成

充电控制主电路采用 BUCK 电路,微处理器 MCU 通过驱动电路控制充电控制主电路产生不同的充电电流;MCU 是充电管理单元的核心,用于产生占空比可调的 PWM 方波;驱动电路控制充电控制主电路对电池进行充电;电池电压、充电电流、电池温度等相关参数通过参数采样及环路控制电路输入至 MCU,使 MCU 能实时监控充电的整个过程。硬件保护电路将采样及处理所得的参数通过电流取样放大器(CS)、电流误差放大器(CEA)、电压误差放大器(VEA)、温度误差放大器(TEA)进行处理,构成电压、电流、温度多闭环控制。在正常情况下,CEA 闭环起主导作用,实现限流控制功能;在电压

或温度不正常的情况下,相应的闭环分别起主导作用,关闭充电控制主电路,从而实现充电管理单元的硬件保护功能。

3.3 充电管理单元软件设计

备用电源系统充电时,MCU 软件根据实时电压值 U 、电压增量值 ΔU 、电压变化率 $\Delta U/\Delta t$ 、温度变化率 $\Delta T/\Delta t$ 、实时温度值 T 、充电时间 t 等多个参数条件联合进行充电控制,当某一个参数值达到要求,随即进入相应状态,从而实现镍氢电池的涓充、恒充、浮充三阶段式充电。充电管理程序设计的关键为充电条件的判定:首先判断 $\Delta T/\Delta t$,其优先级最高;其次是 $\Delta U/\Delta t$;然后是 U 与 T ,此二者为并行判断条件,先达到条件者为优先;最后是 t 。

(1) 涓充状态。当镍氢电池的电压低于所设定的充电使能电压 U_i 时,充电管理单元将提供一个很小的涓流 I_i 进行充电,目的是避免大电流充电而损坏蓄电池。涓充时采用某一恒定的小电流进行充电,电池电压会逐渐上升,当充电至 U_i 时,充电管理单元进入恒充状态。

(2) 恒充状态。充电管理单元提供一个恒定的充电电流,该阶段电池的容量快速增加,电流太大影响安全性能,太小则充电速度慢,因此,必须严格控制充电电流,可选用 $0.5C$ 以下的充电电流。对多个参数条件进行联合控制,当某一个参数值达到要求时,充电管理单元随即进入浮充状态。

(3) 浮充状态。充电管理单元一直提供很小的浮充电流,以弥补电池自身放电造成的容量损失。

充电管理程序流程如图 3 所示。

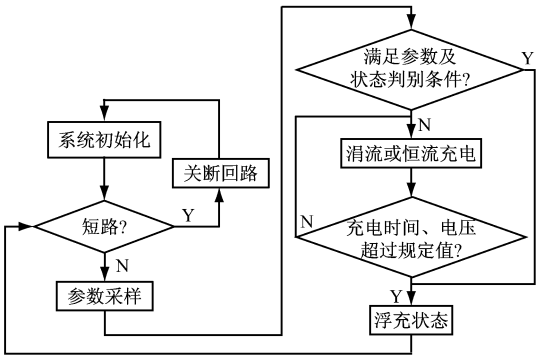


图 3 充电管理程序流程

3.4 放电管理单元设计

放电管理单元的主要功能是控制镍氢电池经过保护板给安全栅电路负载供电,包括放电控制主电路、电池参数采样电路、驱动电路、硬件保护电路、逻辑及故障判断电路等。当矿井交流电源停止供电时,放电管理单元控制电池组放电。由公式 $P=UI$

可知,当系统负载恒定时,电池组的电压缓慢降低,电路中流过的电流逐渐增大。放电管理单元控制电池组输出电压降低至关断截止电压时自动关断,控制原理较为简单,不予详述。

3.5 电池保护单元设计

电池保护单元能确保在充电及放电管理单元失效的情况下,不会出现电池单体或电池组的过压、欠压、过热、过流等安全问题。单体电池保护网络结构如图 4 所示,该保护单元设置了每节电池的单体保护网络,使用旁路二极管限制每节单体电池极性接反时的电压;通过电阻分压采样每节电池的单体电压,送入 MCU 处理,可以精准地监测单体电池电压及电池组总电压。

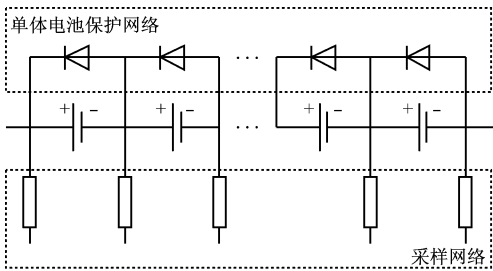


图 4 单体电池保护网络结构

该备用电源系统充电管理单元、放电管理单元、电池保护单元均设计了硬件及软件双重化保护。对每个充电及放电状态首先进行软件判断及保护控制,当发生软件控制失效或者备用电源系统严重故障时,硬件保护会先于软件保护而工作,从而确保备用电源安全可靠运行。

4 系统测试

为验证设计的隔爆型电气设备备用电源系统的有效性,对其性能进行了测试,并将其与某备用电源系统的性能指标进行了对比,结果见表 1。

表 1 测试结果

测试项目(负载相同时)	本备用电源系统	某备用电源系统
是否满足 GB 3836.2—2010 的使用要求	完全满足	不满足
各单元软硬件双重化保护	有	无
智能监控	有	无
人机界面	友好	不友好
充电方式	涓充+恒充+浮充 三阶段式充电	恒压限流+浮充 二阶段式充电
充电 电池温升/℃	≤20	≤40
完全放电后的 充满时间/h	10	20

由表 1 可知,与某备用电源系统相比,本备用电源系统安全性能更好,智能程度更高,人机交互界面更友好;采用涓充、恒充及浮充三阶段式及多个参数条件联合控制的充电策略,使镍氢电池的充电速率更快,温升更低,满足设计要求。

5 结语

介绍了基于阀控式镍氢电池的隔爆型电气设备备用电源系统的软硬件设计及性能测试。目前,该备用电源系统已在现场使用,结果表明,该系统运行可靠,保护措施安全有效,完全能满足 GB 3836.2—2010 的要求。该系统设计也为设计类似矿用隔爆

型电气设备备用电源提供了一套实用的技术方案。

参考文献:

[1] 陈军,陶占良. 镍氢蓄电池[M]. 北京:化学工业出版社,2006.

[2] GB 3836.2—2010 爆炸性环境 第 2 部分:由隔爆外壳“d”保护的设 备[S].

[3] 谢俊生,王森,游青山. 矿井安全监控电源系统的研究[J]. 工矿自动化,2010,36(7):71-74.

[4] 游青山. 一种宽输入自适应电源[J]. 通信电源技术, 2008,25(5):22-24.