

文章编号:1671-251X(2010)02-0017-04

# 智能型正负脉冲式矿灯修复仪的研究\*

罗书克, 张元敏, 白政民

(许昌学院电信学院, 河南 许昌 461000)

**摘要:**针对煤矿矿灯因电池极板硫化而大量报废的现象, 提出了一种智能型正负脉冲式矿灯修复仪的设计方案, 介绍了修复仪的组成及工作原理, 给出了修复仪主电路和控制电路的实现方法。该正负脉冲式矿灯修复仪对电池因长时间充电及电池内部产生的析气不能排除而引起的硫化具有很好的修复效果, 其电路具有结构简单、成本低、工作可靠等特点。

**关键词:**矿灯; 修复仪; 脉冲式; 控制电路; 功率因数

**中图分类号:**TD621

**文献标识码:**B

## 0 引言

目前, 矿用电瓶灯主要以铅酸蓄电池和锂电池为主。矿灯在使用过程中, 电池容量会逐渐下降, 当其容量下降到一定程度时(充一次电不够一个工作班使用时), 该电瓶灯就会被报废。据不完全统计, 一个小型煤矿每年报废的矿灯数量就达数百盏, 按每盏灯200元计算, 一个小型煤矿每年就要为此支付数万元的费用。

笔者通过多年的研究发现, 矿灯在使用过程中, 电池极板上的硫化物会逐渐增加, 也就是容量会逐渐下降。如果将电池内部极板上的结晶硫化物去除, 容量就会大幅提升, 基本可以恢复原来的容量。但是, 矿灯在修复过程中, 当电流大于一定值时, 电池内部会有析气产生, 影响电池的充电容量和充电速度。针对这些问题, 笔者设计出了一种智能型正负脉冲式矿灯修复仪。该正负脉冲式矿灯修复仪对电池因长时间充电及电池内部产生的析气不能排除而引起的硫化(表现为容量降低)具有很好的修复效果。

## 1 修复仪的设计

### 1.1 修复仪组成

由于修复仪的主要作用是要去除电池内部极板

上的结晶硫化物, 而结晶硫化物的去除仅靠简单的充放电是没有效果的, 必须通过特殊的方法来解决。目前采用的方法有多种, 主要有谐振去硫法和脉冲去硫法。谐振去硫法因结构复杂、控制困难、成本高而很难推广应用。

常用的脉冲去硫法一般是采用大电流将结晶硫化物击落, 但大电流会在电池内部产生大量的析气, 使击落的硫化物重新附着在极板上, 修复效果不理想。本文设计出一种能将电池内部产生的析气排出的正负脉冲式修复装置, 其组成框图如图1所示。

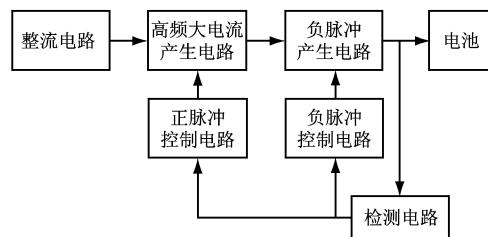


图1 正负脉冲式矿灯修复仪组成框图

高频大电流产生电路主要是产生充电电流, 击落极板硫化物; 负脉冲产生电路用于排除电池内部产生的析气, 使击落的硫化物不会重新附着于极板上, 同时可以提高充电速度, 增加实际充入容量; 检测电路主要用于检测电流大小、电压高低和析气量的大小; 控制电路分为正、负脉冲控制2个部分, 主要用于控制脉冲的宽度。

### 1.2 正负脉冲式充电原理

蓄电池在修复过程中, 由于电池自身的差异, 充放电电流会有不同的差异, 但都满足下边的三定律, 也就是1972年美国科学家马斯提出的著名的马斯三定律:

(1) 对于任何给定的放电电流, 蓄电池充电时

收稿日期: 2009-10-09

\*基金项目: 许昌学院科研项目基金(2009105)

作者简介: 罗书克(1976-), 男, 硕士, 讲师, 工程师, 2007年毕业于河南理工大学, 现主要从事电力电子与电气传动方面的研究工作。E-mail: :clsk01@163.com

的电流接受比  $a$  与电池放出的容量的平方根成反比, 即

$$a = K_1 / \sqrt{C} \quad (1)$$

式中:  $K_1$  为放电电流常数, 视放电电流的大小而定;  $C$  为蓄电池放出的容量。

由于蓄电池的初始接受电流  $I_0 = aC$ , 所以

$$I_0 = aC = K_1 \sqrt{C} \quad (2)$$

(2) 对于任何给定的放电量, 蓄电池充电电流接受比  $a$  与放电电流  $I_d$  的对数成正比, 即

$$a = K_2 \log (k I_d) \quad (3)$$

式中:  $K_2$  为放电量常数, 视放电量的多少而定;  $k$  为计算常数。

(3) 蓄电池在以不同的放电率放电后, 其最终的允许充电电流  $I_t$  (接受能力) 是各个放电率下的允许充电电流的总和, 即:

$$I_t = I_1 + I_2 + I_3 + I_4 + \dots \quad (4)$$

式中:  $I_1, I_2, I_3, I_4, \dots$  为各个放电率下的允许充电电流。

综合上述三定律, 可以推出, 蓄电池的总电流接受比可表示为

$$= I_t / C \quad (5)$$

式中:  $C = C_1 + C_2 + C_3 + C_4 + \dots$  为各次放电量的总和, 即蓄电池放出的全部电量。

综上可知, 电池在修复过程中, 当充电电流接近蓄电池固有的微量析气充电曲线时, 适时地对电池进行反向大电流瞬间放电(如图 2 所示), 能够除去正极板上的气体, 并使氧气在负极板上被吸收, 可以提高蓄电池的充电接受能力。也就是说, 通过反向大电流放电, 可以使蓄电池的可接受电流曲线不断右移, 同时其陡度不断增大, 即  $a$  值增大, 从而大大提高充电速度, 缩短充电时间, 这个过程还可以降低电池内部压力、温度、阻抗, 减少能量的损耗, 使电能更有效地转化为化学能并存储起来, 提高了充电效率和蓄电池的充电接受能力。

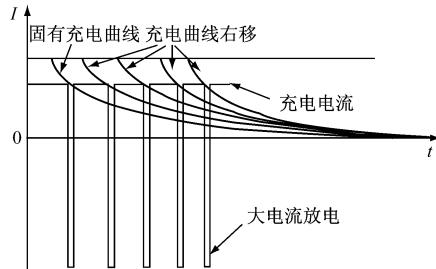


图 2 正负脉冲式充电曲线

### 1.3 最大充电电流的确定

给蓄电池充电时, 并非在任何条件下任何充

电流都能接受。研究表明, 如果在充电过程中保持等量、微量的气体析出和稳定的温升, 则充电曲线是一条指数曲线, 即:

$$I = I_0 e^{-at} \quad (6)$$

$$I_0 = aC \quad (7)$$

式中:  $I_0$  为最大初始电流;  $a$  为充电接受率;  $C$  为蓄电池额定容量。

根据式(6)、式(7)可得, 充电接受曲线如图 3 所示, 这是一条自然接受曲线, 如果充电电流大于该条曲线的充电电流, 则会导致充电电流电解水; 小于该条曲线的充电电流, 均为充电接受电流。

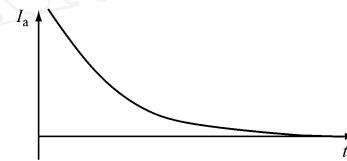


图 3 蓄电池充电接受曲线

## 2 主电路设计

根据上述理论基础和电池的内部特性, 为了实现充电过程中的正负脉冲, 设计的主电路拓扑结构如图 4 所示。可分为 4 个部分: 电磁滤波(EMI)、功率因数校正(PFC)、BUCK 变换电路充电和放电单元。

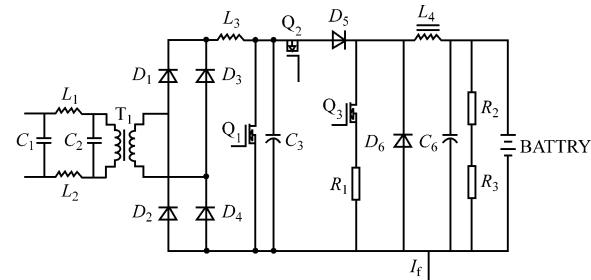


图 4 主电路拓扑结构图

电磁滤波部分由  $L_1, L_2, C_1, C_2$  组成, 功率因数校正部分由  $L_3, Q_1, C_3, D_5$  组成; BUCK 变换电路充电部分由  $C_3, Q_2, D_5, D_6, L_4$  组成, 放电部分则由  $Q_3, L_4, R_3$  组成。

传统 DC - DC 充电电路一般由交流市电经整流和大电容滤波后得到较为平滑的直流电压, 由于滤波电容的储能作用, 使得输入电流为一个时间很短、峰值很高的周期性尖峰电流, 含有丰富的高次谐波分量, 严重污染了电网。修复仪主电路引入 Boost 型功率因数有源校正电路, 使得输入电流和输入电压为同频同相正弦波, 大大提高了功率因数。Boost 有源功率因数校正电路输入电流连续, EMI

小,RFI低,输入电感可以减小对输入滤波器的要求,并可防止电网对主电路的高频瞬态冲击。

充放电波形如图5所示,脉冲充电时工作状态分析如下:

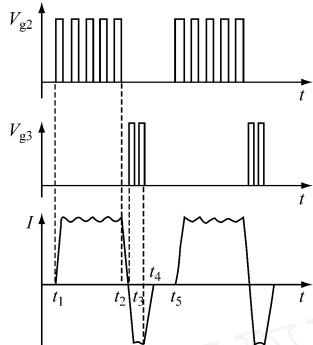


图5 充放电波形

(1)  $t_1 \sim t_2$  时刻处于充电状态下, $Q_2$  导通,电容电压加到变压器 T 两端,变压器 T 产生电流并储存能量,由于变压器 T 初次级同相,所以变压器 T 次级感应的电压通过正偏的  $D_8$  给电池充电,此时充电电流逐渐上升。当  $Q_2$  截止时变压器的储能由复位绕组通过  $D_6$  释放出来,充电电流下降。

(2)  $t_2 \sim t_3$  时刻, $Q_2$  保持截止, $L_4$  中储存的能量通过续流回路  $D_7$  向蓄电池放电,直到充电电流下降为零。

(3)  $t_3 \sim t_4$  时刻,在  $t_3$  时刻  $Q_3$  导通,电池通过放电回路开始向  $R_3$  放电,并在  $L_4$  中储存能量,放电电流快速上升。

(4)  $t_4 \sim t_5$  时刻, $Q_3$  保持关断,放电电流下降至零,在这个阶段电池既不充电也不放电,直到  $t_5$  时间开始下一个充放电周期。

### 3 控制电路设计

控制电路分为功率因数校正控制电路和充放电控制电路2个部分。

#### 3.1 功率因数校正控制电路

功率因数校正控制芯片采用 UC3854A/B。UC3854A/B 是一种新的高功率因数校正集成控制电路芯片,是在 UC3854 芯片基础上的一种改进设计。它采用平均电流控制方法,恒频控制,电流放大器的频带较宽,可以完成升压变换器校正功率因数所需的全部控制功能,使功率因数接近于 1,输入电流波形失真小于 3%;控制精度较高,开关噪声较低,芯片内部包括了软启动、输入电压前馈、输入电压钳位、过流保护的比较器等,当输入电压在 85~260 V 之间变化时,输出电压还可保持稳定;采用推

拉输出级,具有很强的驱动能力。

#### 3.2 正负脉冲控制电路

正负脉冲控制采用的是数字 PWM 控制器 IXDP610 芯片,该控制器的占空比、死区时间、工作频率等可由微处理器送来的数据控制,实现了全数字控制,开关频率可达 300 kHz,占空比可在 0~100% 之间变化,输出电流可达 20 mA,能直接驱动光耦和小功率器件。

微处理器采用华邦公司生产的 W78E516B,该处理器内部有 64 KB 的程序存储器和 512 B 的数据存储器,晶振可达 40 MHz,处理速度可达纳秒级;软件部分的功能是通过对蓄电池状态的检测,使充电转入不同的充电阶段并控制占空比的大小;实现各个不同阶段的充电或暂停充电和终止充电的控制,显示充电器当前状态。

### 4 实验结果

用该修复仪对刚报废的矿灯电池进行修复,得到的实验数据如表 1 所示。

表 1 矿灯电池修复前后数据比较表

名称	修复前	修复后
充电初始电压	5.3 V	5.5 V
充电时间	15 h	15 h
放电结束电压	5.3 V	5.5 V
放电时间	8 h 21 min	19 h 32 min

通过实验结果可知,经过修复后的电池在放电时间方面得到了大大改善,达到了修复的效果。

### 5 结语

采用智能正负脉冲式矿灯修复仪对矿用电池进行修复实验,达到了理想的修复效果。该修复仪的电路采用了功率因数校正技术,大大改善了开关电源的功率因数;主电路采用 BUCK 电路的形式,驱动电路简单,控制电路具有良好的响应速度和控制精度。该修复仪还具有成本低的优势,可以进行推广使用。

### 参考文献:

- [1] 朱松然.铅蓄电池技术 [M].2 版.北京:机械工业出版社,2002.
- [2] 张占松,蔡宣三.开关电源的原理与设计 [M].北京:电子工业出版社,1998:207~215.
- [3] 刘胜利.现代高频开关电源实用技术 [M].北京:电子工业出版社,2001.

文章编号:1671-251X(2010)02-0020-04

# 车载无线甲烷断电控制装置的研制\*

王 羽，卓敬黎，李 涛，孙世岭，张远征

(煤炭科学研究院重庆研究院,重庆 400037)

**摘要:**介绍了一种基于红外甲烷检测技术和无线通信技术的车载甲烷断电控制装置的系统组成、硬件电路设计及软件设计。该装置能实现刨煤机附近瓦斯浓度的在线监控,将瓦斯浓度和断电信号通过无线通信的方式发送到分站,最终将数据传输到煤矿现有监控系统,解决了煤矿工作面刨煤机附近瓦斯在线监控和数据传输的问题。

**关键词:**甲烷检测；红外技术；断电控制装置；无线通信；车载

**中图分类号:**TD712      **文献标识码:**B

Development of On-vehicle Wireless Power-off Control Device for Methane

WANG Yu, ZHUO Jing-li, LI Tao, SUN Shi-ling, ZHANG Yuan-zheng

(Chongqing Institute of China Coal Research Institute, Chongqing 400037, China)

**Abstract:** The paper introduced system composition and design of hardware circuit and software of an on-vehicle power-off control device for methane based on technologies of infrared detection and wireless communication. The device can realize on-line monitoring and control of gas concentration nearby coal plough, send gas concentration signals and power-off signals to substation by wireless communication and eventually transfer the data to existing monitoring and control system of coal mine, which solves problems of on-line monitoring and control and data transmission of gas nearby coal plough in working face of coal mine.

**Key words:** methane detection, infrared technology, power-off control device, wireless communication, on-vehicle

收稿日期:2009-10-13

\*科研项目:煤炭科学研究院2008年科研项目(车载无线甲烷断电控制装置)

作者简介:王 羽(1981-),男,重庆人,助理工程师,2003年毕业于重庆大学自动化学院,现主要从事矿用传感器及便携仪的研发工作。E-mail:kingr1204@163.com

## 0 引言

瓦斯监控是煤矿安全监控系统重要的组成部分,现在国内煤矿的瓦斯监控系统几乎覆盖了整个矿井,但刨煤机附近瓦斯在线监控和数据传输一直

- [4] AGUILAR C, CANALES F, ARAU J, et al. An Improved Battery Charger/Discharger Topology with Power Factor Correction[J]. IEEE IECON, 1995(1): 590-595.
- [5] 冯仁斌,魏晓斌,胡恒生,等.铅酸蓄电池的快速充电[J].电源技术,2003,27(1):72-74.
- [6] 吴寿松.谈铅酸蓄电池的充电接受率[J].电池,2005,35(5):388-389.
- [7] 陈静瑾,余宁梅.阀控铅酸蓄电池分段恒流充电特性的研究[J].电源技术,2004,28(1):32-33.
- [8] 徐伟东,宣伟民,姚列英,等.基于PSM技术高压脉冲

- 电源的模拟实验[J].电工技术学报,2008,23(1):110-113.
- [9] ITER Joint Central Team and Home Teams. The ITER Pulsed Power Supply System[C]// 17th IEEE/NPSS Symposium Fusion Engineering, 1997, San Diego:491-496.
- [10] 王久和,黄丽培.一种新的电压型PWM整流器无源控制器设计[J].电力自动化设备,2008,28(10):38-41.
- [11] 何莉萍.基于马斯理论的蓄电池充电电流衰减指数研究[J].湖南大学学报:自然科学版,2008,35(10):26-30.