

# 大功率智能充电器的研究与设计

傅胤荣, 胡义华, 潘永雄

(广东工业大学物理与光电工程学院, 广东 广州 521900)

摘要: 研制了一款基于 LPC933 单片机的 4 段式(涓流短时充电、恒流充电、恒压充电、浮充电) 12 V 铅酸蓄电池充电器, 该产品充电电流可在 0~50 A 范围内任意设定, 具有完善的声光保护装置, 既能快速充电又能对蓄电池进行有效地保护。

关键词: 充电器; 蓄电池; 单片机

中图分类号: TM910.6

文献标识码: A

## The Research and Design for Intelligent High Power Charger

FU Yinrong, HU Yihua, PAN Yongxiong

(Guangdong University of Technology 521900, China)

Abstract: An innovative four-step intelligent charger based on LPC933 MCU is developed, and its charging electric current can be set up from 0 to 50 A. The intelligent charger can charge the battery rapidly and protect the battery efficiently.

Key words: charger; battery; single-chip microcomputer

### 0 引言

由于铅酸蓄电池维护简单、价格低廉、供电可靠, 广泛用作汽车、轮船等机动车辆或发电机组的启动电源。随着经济的发展, 大容量蓄电池的应用迅速增加, 人们希望能快捷、安全地对蓄电池进行充电, 而现有市场销售的充电器充电电流多为 20 A。为了满足人们对大功率充电器的需求, 笔者设计了一款基于 LPC933 单片机的充电电流 50 A、充电功率 740 W、功能完善、可扩充的智能充电器。

### 1 充电器原理与设计

#### 1.1 总体硬件设计

充电对象是铅酸蓄电池, 设计中采用电流、电压负反馈的方法来达到恒流、恒压充电的目的, 应用了 LPC933 单片机及相应的控制电路。充电器硬件原理如图 1 所示。

充电器电路主要包括主电源回路、信号控制两部分。主回路部分由桥式整流、PWM 波形产生和直流滤波等组成。交流电输入后, 经全桥整流为 300 V 左右的直流电, 由大电容进行低频滤波稳压, MOS 器件 Q<sub>1</sub>、Q<sub>2</sub> 组成半桥逆变器。通过给 MOS 管 Q<sub>1</sub>、Q<sub>2</sub> 加高频方波控制信号, 使 Q<sub>1</sub>~Q<sub>2</sub> 周期性地导通, 得到脉宽可调的高频交流电, 经高频变压器耦合到副边, 再经

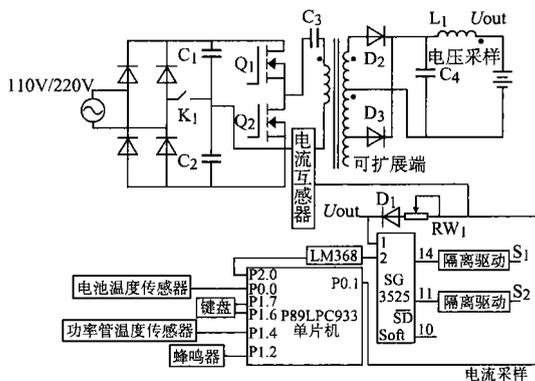


图 1 充电器原理图

整流管 D<sub>2</sub> 和 D<sub>3</sub> 整流, L<sub>1</sub> 和 C<sub>4</sub> 滤波, 在输出侧得到低纹波直流电压。显示模块是用来显示电池的当前电压与充电电流, 显示状态由面板上实现按钮启动。

#### 1.2 电路功能设计与分析

##### 1.2.1 脉宽调制器 PWM

脉宽调制控制电路采用开关电源专用集成芯片 SG3525, 有 OUT2A 与 OUT2B 反向输出。移相 PWM 的相移控制是通过误差放大器来实现, 误差放大器同相端 E/A+ (2 脚) 接单片机的控制输出的电压信号。反相端 E/A2 (1 脚) 接主电路输出电流或电压的反馈信号, 电流和电压负反馈信号之间的切换由肖特基二极管 D<sub>1</sub> 的导通截止实现。反馈信号和标准电位比较, 差值经放大输出, 送至移相脉宽控制器, 控制 OUT2A 与 OUT2B 之间的相位, 最终调整波形占空比, 使电压和充电电流稳定在预定值上。

##### 1.2.2 电流采样

电流采样是大电流充电器的关键技术之一。设计了在高频变压器的初级线圈处增加环形电流互感器,

收稿日期: 2006208207

作者简介: 傅胤荣(1979), 男, 广东工业大学物理与光电工程学院 04 级硕士研究生, 现为广东工业大学首批中韩国际联合培养交换生, 就读于韩国檀国大学研究生院电气工学部, 主要研究方向: 集成电路的研究与运用。

匝数比为1B50,不但达到精确电流采样的作用,还使采样功耗控制在0.5W以内。

### 1.2.3 限流保护措施

将高频变压器输出的电流经电流互感器耦合输出,再经倍压整流,电容滤波及电阻分压后,送至SG3525的软启动功能脚(10脚),与比较器的同相端电压进行比较,当输入电压过高时SG3525停止输出驱动信号,从而保护电路。

### 1.2.4 散热问题

研发初期发现,逆变器主要部件大功率开关管 $Q_1$ 和 $Q_2$ 及直流输出部分的全波整流管 $D_2$ 和 $D_3$ ,在充电电流大于30A时出现过热问题,无法满足老化要求。经过硬件反复调试,从以下几个方面可以有效地解决过热的的问题:(1)增加交流共模滤波电感,调试发现电网的高频干扰信号是造成逆变器开关管温升异常的重要原因。(2)在直流输出端,增加滤波电感后,发现有效地减轻了开关管和全波整流管的负荷。(3)增加散热面积,使开关管金属面通过导热胶片压在金属外壳上。(4)风冷。

## 2 充电控制技术

### 2.1 充电算法

充电控制技术是智能充电器系统中软件设计的核心部分。根据充电电池的原理,蓄电池采用图2所示的充电方式,充电过程可以分成四个阶段:

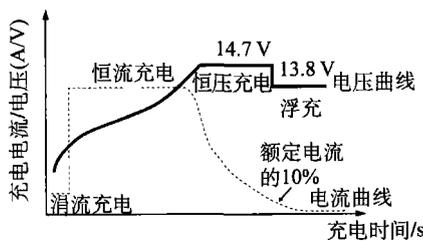


图2 充电曲线原理图

#### 2.1.1 涓流短时充电

充电器工作后,检测电池电压,若电池电压低于9.5V,充电器不工作。若电池电压大于9.5V而小于10.5V,说明蓄电池曾过度放电。为避免对蓄电池充电电流过大,造成热失控,微处理器通过监测蓄电池的电压,对蓄电池实行稳定小电流涓流充电,激活蓄电池,当电池电压上升到能接受大电流充电的阈值时,则转入恒流充电阶段。

#### 2.1.2 恒流充电

该阶段为大电流恒流充电,电流值 $I_2$ 因蓄电池容量而异,一般为 $I_2=0.1C$ ( $C$ 为蓄电池组的容量)。在恒流充电状态下,不断检测电池端电压,当电池电压达到饱和电压时,恒流充电状态终止。

#### 2.1.3 恒压充电

恒压充电时,保持充电电压14.7V不变。充电电流不断下降,当充电电流下降到恒流充电状态下充电

电流的1/10时,终止恒压充电。

### 2.1.4 浮充电

该阶段主要用来补充蓄电池自放电所消耗的能量,电池电压达到13.8V时,此时标志着充电过程结束。

### 2.2 充电终止控制

电池在充满电后,如果不及时停止充电,电池的温度将迅速上升。温度的升高将加速蓄电池板栅腐蚀速度及电解液的分解,从而缩短电池寿命、容量下降。为了保证电池充足电又不过充电,采用具有定时控制、温度控制和电池电压、电流控制功能的综合控制法。

## 3 软件设计

充电主程序流程图如图3所示。程序实现过程为:单片机初始化,然后对蓄电池的电压进行测量,产生电压偏差和变化率信号,偏差及变化率信号进入模糊控制器后,经过模糊处理,输出电流信息,从而适时和正确地控制充电方式和过程。参照充电曲线图,在充电过程中不断检测电池是否充满,当检测已经充满时,提示用户电池已充足,充电器自动进入浮充维护状态。若在充/供电过程时出现故障,LPC933微控制器会及时停止输出并报故障。

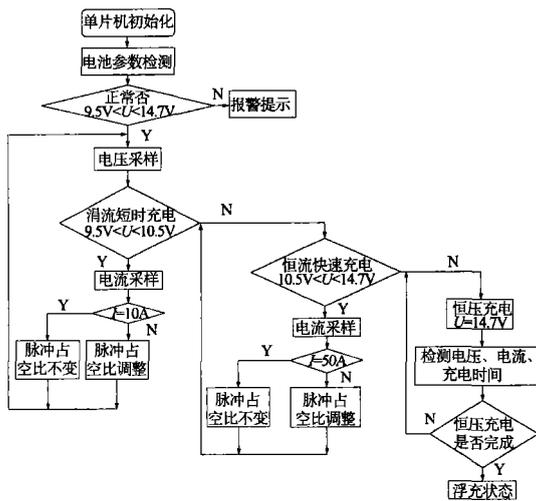


图3 充电主程序流程图

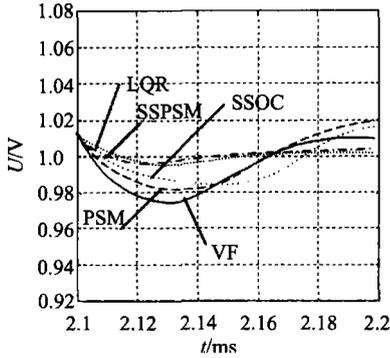
## 4 充电器的硬件设计特点

该充电器的硬件设计具有如下特点:

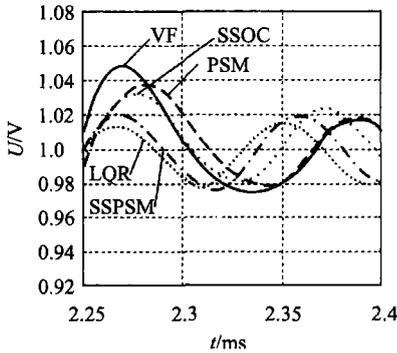
- (1)电路中的交换开关 $K_1$ ,可以实现110V的倍压整流和220V的全波整流的切换,使产品可以适应110~220V的电源。
- (2)直流输出电路有可扩展端口,可以通过串、并联的方式,生产出不同规格的充电器。
- (3)通过调节可调电阻 $R_{W1}$ ,调高或降低负反馈的电压值,可以实现充电电流在0~50A范围内的任意设定。

(下转第51页)

关系曲线。由图可见, 由于 PSM 是采用恒频控制的, 因此其频率不随 Q 值改变。由于 LQR 只注重其暂态性能, 因此 Q 值的改变引起的频率变化最大。其后依次为 VF, SSOC, SSPSM 控制方式。



(a)施加 20% 的上升阶跃



(b)施加 20% 的下跳阶跃

图 5 各种控制方式对负载扰动的响应曲线

### 2.3 实现软开关的能力

由于谐振变换器是一种基于软开关技术的电力电子装置。因此对于谐振变换器, 其实现软开关的能力也是考察其性能的指标之一。在本文所提及的五种控制方式中, 由于 LQR, VF, SSOC, SSPSM 四种控制方式均为变频控制, 且开关频率高于谐振频率, 因此能在全负载范围内实现 ZVS。而对于 PSM 控制方式, 由于采用恒频控制, 超前臂与滞后臂上流过的电流不平衡, 因此在轻载时难以实现 ZVS。

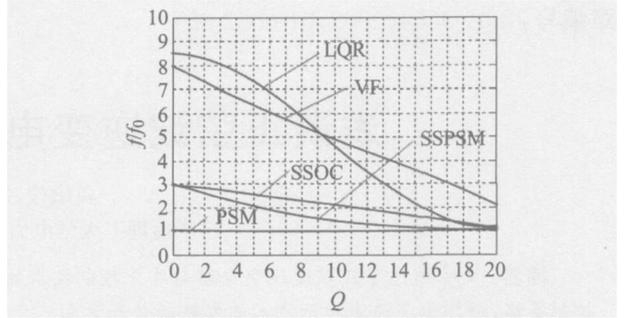


图 6 各种控制方式 Q 值与频率之间的关系曲线

### 3 结论

本文阐述了五种谐振变换器的控制方式的原理, 并对这五种控制方式进行了对比研究。变频控制和移相控制是目前谐振变换器的两种主要的控制方式, 采用混合控制的自持振荡移相控制方式, 其性能要优于两者, 是目前提出的一种新的谐振变换器控制方式, 线性平方调节控制方式是一种非线性控制方式, 其暂态性能优越, 可用于对暂态性能要求较高的场合。

### 参考文献:

- [1] Tsai M C. Analysis and implementation of a full-bridge constant-frequency LLC-type parallel resonant converter [J]. IEE Proc. Electr. Power Appl., 1994, 141(3): 1212-1218.
- [2] 王 聪. 软开关功率变换器及其应用[M]. 北京: 科学出版社, 2000.
- [3] Humberto Pinheiro, Praveen K Jain, Geza Joos. Self-sustained oscillating resonant converters operating above the resonant frequency[J]. IEEE Trans. on Power Electronics., 1999, 14(5): 802-815.
- [4] Oruganti R, Yang J J, Lee F C. Implementation of Optimal Trajectory Control of Series Resonant Converter[J]. IEEE Trans. on Power Electronics, 1988, 3: 312-327.
- [5] Ojo O. Robust Control of Series-parallel Resonant Converters[J]. IEEE Proceedings on Control Theory and Applications, 1995, 142: 402-410.

(上接第 48 页)

### 5 结束语

随着社会经济的发展, 越来越多的蓄电池产品需要充电的同时, 也要求尽可能的延长电池的寿命。Power Smart 公司根据多次试验结果得出结论: 若采用合适的充电方式, 电池的使用寿命大约可提高 30%。大量的实验表明: 采用以 LPC933 和 SG3525 为核心的控制电路设计的大功率智能充电器, 能够实现铅酸蓄电池进行安全、高效充电的功能。

### 参考文献:

- [1] 王鸿麟, 景占荣. 通信基础电源(第二版)[M]. 西安: 西安电子科技大学出版社, 2001.
- [2] 张文修. 模糊数学基础[M]. 西安: 西安交通大学出版社, 1984.
- [3] 刘增良. 模糊技术与应用选编(3)[M]. 北京: 北京航空航天大学出版社, 1998.
- [4] 余永权. 模糊控制技术与模糊家用电器[M]. 北京: 北京航空航天大学出版社, 2000.