

DOI: 10.3969/j.issn.1001-4551.2017.10.023

无人机锂电池组平衡充电技术的研究*

兰 祥, 王正仕*

(浙江大学 电气工程学院, 浙江 杭州 310027)

摘要: 针对无人机用锂离子串联电池组充电结束时各单元电池电压的一致性问题的研究, 对传统锂离子串联电池组充电均衡方法进行了研究, 对有损均衡充电方案和无损均衡充电方案进行了归纳, 分析了传统有损均衡充电方案和无损均衡充电方案的利弊, 提出了一种基于 DSP TMS320F28035 以及光继电器开关实时选通浮地采样方案的均衡充电方法, 利用实验样机对锂离子串联电池组进行了充电测试。研究表明: 该均衡充电方案能实时监测充电电流和各单元电池电压, 能够实现过压保护、过流保护、充电电流预置、放电存储模式、充电曲线预置等多项功能, 充电均衡效果较好, 充电结束时各单元电池间电压差不超过 10 mV。

关键词: 均衡充电; 锂电池; 电流分流

中图分类号: TM911; TN7

文献标志码: A

文章编号: 1001-4551(2017)10-1205-04

Research of balancing charging of lithium-ion battery

LAN Xiang, WANG Zheng-shi

(School of Electrical Engineering, Zhejiang University, Hangzhou 310027, China)

Abstract: Aiming at battery equalization problem in the UAV(unmanned aerial vehicle), the traditional charging technique was researched, the loss balance charging technique and the lossless balance charging technique was analyzed, a balance charging technique based on TMS320F28035 and floating ground sampling technique was proposed, the charging test of Lithium-ion Batteries was carried on. The results indicate that the proposed charging technique can monitor the charging current and voltage, implement OVP, OCP, charging current preset, discharging storage mode and charging curve preset function, and attain better balance effect at the end of charging, the voltage difference between two batteries is lower than 10 mV.

Key words: balance charge; lithium-ion battery; current bypass technique

0 引 言

不论是比较成熟的光伏发电技术, 还是正在研究的新能源电动车技术, 或者是无人机领域, 其中锂离子电池都承担着十分重要的位置。自 1991 年 SONY 公司发布首个商用锂离子电池后, 锂电池迅速在人们的实际生活中得到了广泛的使用。至今为止, 各种新材料电池技术正广泛地被研究^[1-5]。尽管如此, 电池技术的瓶颈依然存在, 能量密度低、续航短、循环次数少、寿命短依然是新能源技术发展的主要限制因素^[6]。

锂离子串联电池组充电时, 如果不加以均衡措施, 所有单元电池都采用同样电流充电时, 电池组中容量最小的单元电池会首先充电到截止电压, 容量最大的单元电池会最后充电到截止电压。因此充电结束时往往会出现容量小的电池过充电, 容量大的电池充不满的状况, 其最终结果就是会减少电池组的循环使用次数和寿命。

目前国内外的均衡充电方法主要包括有能耗的均衡方法和无能耗的均衡方法。其中能耗的均衡方法通过对每节电池都并联一个旁路电阻^[7], 在浮充阶段即充电末期将已经充满的电池单体通过电阻旁路进行分流来

收稿日期: 2016-12-17

基金项目: 浙江省公益技术工业研究项目 (2015C31121)

作者简介: 兰 祥 (1990-), 男, 湖北孝感人, 硕士研究生, 主要从事开关电源方面的研究。E-mail: lanquan587421@sina.com

通信联系人: 王正仕, 男, 副教授, 硕士生导师。E-mail: wzs@zju.edu.cn

实现均衡目的,该方法因其简单可靠易实现,成为现如今最为广泛使用的均衡方法,但是该方法的缺点是能量损耗过大,影响整机系统效率的提升,充电后期的能量被电阻浪费,同时该方法所使用的旁路电阻一般旁路电流均为毫安级,对电池特性相差很大的电池组而言,均衡效果不佳。

无能耗的均衡方法利用一个活动的分流元件将能量从一节电池单元转移到另一节电池单元^[8],包括穿梭充电和能量转换两种方法,穿梭充电在每节电池单元上通过开关连接到电容,均衡时将高电压电池单元的电量送往对应电容,然后将电容能量回馈到低电压电池单元,能量转换是将高电压电池单元的电量通过变压器反馈回串联电池组的两端,实现均衡目的。无损耗均衡方法目前尚处于理论研究阶段,其实现过程并不简单,该方法能够实现的均衡效果理论上比有能耗的均衡方法要好得多,而且无能耗元件,对效率无影响,是一项很有前景的技术。

本文设计的无人机均衡充电机,它的最终目标是基于传统 Flyback 拓扑,依靠多路光继电器实时选通方式,利用 DSP28035 实现电流电压采样,最后进行 PI 运算,达到实时控制电池充电电压和电流的目的。通过集中式数字化控制策略,实现充电过程实时电压电流监测。主要包括:浮地电压电流采样、充电曲线、SOC 电量计算^[9-10]、准谐振工作模式^[11-14]。其中浮地电压电流采样、充电曲线是主要内容,本文主要对充电均衡效果进行研究,再通过实验进行验证。

1 新型锂电池组均衡方案

1.1 主功率电路结构

主电路结构框图如图 1 所示。

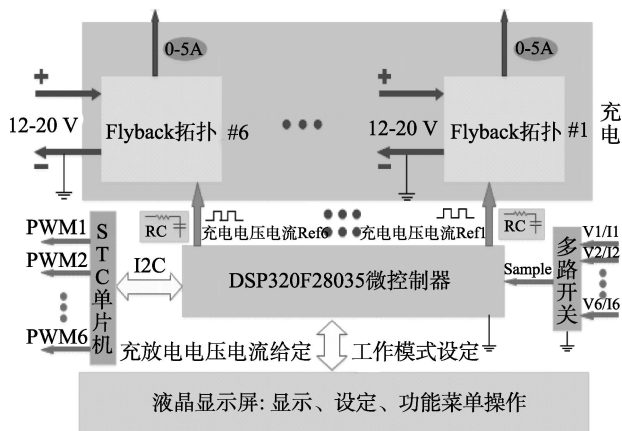


图 1 主电路方案结构框图

该电路方案以 TI 公司的高效能 32 位微控制器 DSP320F28035 为中央控制器,以安森美公司的准谐振

式模式控制芯片 NCP1207B 为主功率回路控制芯片,结合其它的外围电路,构成最终电路方案。

主功率回路为 6 路 Flyback 拓扑结构,最大输出功率为 4.20 V/5 A,输入电压为 DC 20 V~26 V。

每路反激拓扑都使用相同的磁芯、控制芯片,但共用一条采样信号处理回路,通过继电器实时选通来选定需要采样的电池电压电流数据。

6 路电池电压电流数据通过扫描的方式将采样数据送入 DSP 后, DSP 对采样到的电压电流数据做相应的 PI 运算,将控制量送给反激控制芯片 NCP1207B,最后由反激控制芯片送出 MOS 管的驱动信号 $vgs(i)$ ($i=1,2,3,4,5,6$)。

液晶显示屏提供人机交互界面,并设定充电器工作模式(充电模式 OR 储存模式)。

充电过程中实时检测充电器内部温度,并控制风扇启停和转速变化。

充电算法的实现采用传统 CC-CV 两段式充电曲线。

充放电过程中各节电池的电压、电流、温度、输入电压、充电时间、充电模式等都会通过显示屏实时显示。

1.2 浮地电压电流采样

多路电池组单节电池电压电流采样原理框图如图 2 所示^[15-17]。

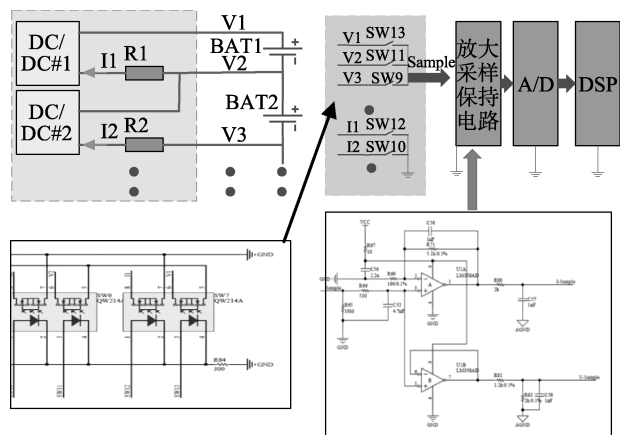


图 2 电压电流浮地采样

充电器原副边完全隔离,副边处于浮地状态, R_1 - R_6 为 $10\text{ m}\Omega$ 电流采样电阻,输出各节点通过光继电器开关连接至放大采样保持电路。具体原理如下:测量 BAT1 电池的电压电流时,将 I_1 处节点通过 SW12 接至原边地,依次将 V_1 、 V_2 节点通过 SW12、SW11 接至放大采样保持电路, V_1 - V_2 即为 BAT1 端电压, V_2 处电压值除以 R_1 即为 BAT1 充电电流 I_1 数值,其他支路以此类推。采样电路使用高精度运算放大器和精密电阻(精度 1%)配合实现电压电流的高精度采样。

图 2 左下角中, SW0-SW13 (图中只截取到部分) 为 DSP 控制信号, V_1 、 V_2 为第 1 节电池单元两端, I_1 为第 1 节电池单元电流采样端, Sample 为送入采样调理电路信号, GND 为反激功率回路原边地, 电流电压采样信号调理原理图如图 2 右下角所示。

1.3 DSP 设置充电曲线

DSP 设置的充电曲线充电过程为 3 个阶段: CC5.0A-CV4.20V, 如图 3 所示。

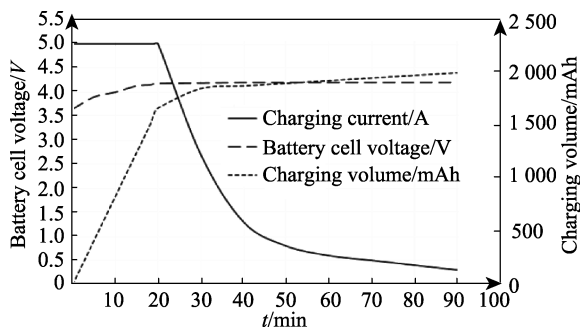


图 3 DSP 设置充电曲线

2 实验结果及分析

为了验证理论方案的均衡效果, 笔者使用实验样机给 6 节串联 2 000 mAh (单节电池容量) 锂离子串联电池组充电, 充电过程中各电池电压数据如图 4 所示。

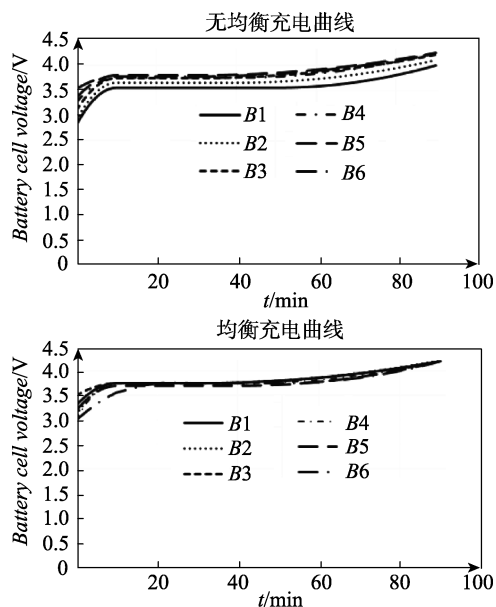


图 4 均衡效果对比

实验结果表明: 采用 6 路隔离电源分别对各节电池单独充电时, 尽管各节电池初始电压不同, 但充电过程中各节电池电压逐渐趋于一致, 充电结束时各单元电池电压差不超过 10 mV, 一致性较好。而无均衡充电时, 充电过程中各节电池的初始电压差一直存在, 某些电池间电压差会越来越大, 因此充电结束时电压差很大, 不能满足一致性要求。

充电结束时各单元电池电压值如表 1 所示。

表 1 充电结束时各单元电池电压值

单元电池电压	B1/V	B2/V	B3/V	B4/V	B5/V	B6/V
有均衡	4.200	4.206	4.207	4.200	4.200	4.195
无均衡	4.130	4.197	4.220	4.203	4.250	4.240

3 结束语

本文提出的锂电池组单节独立充电均衡效果通过了实验验证, 实验结果表明: 此充电方法可以实现更好的充电均衡效果, 并为以后的研究提供了重要参考依据。但如果单节电池单元容量很大, 采用各路同时充电方案, 由于功率限制则会导致充电时间长到无法接受的地步, 可以使用大功率电源和均衡电源相结合的方法, 充电初期由大功率电源提供大电流给串联电池组充电, 缩短充电时间, 充电后期由均衡电源充电来实现电池组均衡, 在保证均衡效果的同时缩短充电时间。

参考文献(References):

- [1] 赵淑红, 吴 锋, 王子冬. 磷酸铁锂动力电池工况循环性能研究[J]. 电子元件与材料, 2009, 28(11): 43-47.
- [2] 王治华, 殷承良. 电动汽车用 LiFePO₄ 锂离子电池安全性分析[J]. 电池工业, 2008, 13(3): 169-172.
- [3] 华 宁. 锂离子蓄电池正极材料 LiFePO₄ 研究进展[J]. 电子元件与材料, 2007, 26(12): 1-4.
- [4] 赵新兵, 谢 健. 新型锂离子电池正极材料 LiFePO₄ 的研究进展[J]. 机械工程学报, 2007, 43(1): 69-76.
- [5] 张 宾, 林成涛, 陈全世. 电动汽车用 LiFePO₄ 锂离子蓄电池性能[J]. 电源技术, 2008, 32(2): 95-98.
- [6] 王秉刚. 2010 高技术发展报告[R]. 北京: 中国科学院, 2010.

(下转第 1213 页)

本文引用格式:

兰 祥, 王正仕. 无人机锂电池组平衡充电技术的研究[J]. 机电工程, 2017, 34(10): 1205-1207, 1213.

LAN Xiang, WANG Zheng-shi. Research of balancing charging of lithium-ion battery [J]. Journal of Mechanical & Electrical Engineering, 2017, 34(10): 1205-1207, 1213.

《机电工程》杂志: <http://www.meem.com.cn>