

锂电池组全电压检查方法研究

Research on Full Voltage Measuring Method of Li-ion Battery

梁奇, 王顺利, 屈维

西南科技大学信息工程学院 (四川, 绵阳, 621010)

Liang qi, Wangshunli, Qu wei

School of Information Engineering, Southwest University of Science and Technology, (Mianyang, 621010, Sichuan, China)

摘要: 针对锂电池组应用中的安全性问题, 探究锂电池组整体电压测量方法。该方法采用高共模电压差分放大器 INA117AM 与超低噪声精密仪器放大器 OPA27AJ 相结合, 对锂电池组的全电压进行实时检测保护。实验结果表明, 该方法能够精确测量微弱差分电压, 测量误差小, 精度高, 实现对锂电池组电压实时检测。该方法操作简单、直观, 使用方便, 具有结构简单, 测量精度高, 且能消除纹波、噪声和静电电流影响等优点, 能够有效保证锂电池组应用中的可靠性, 能够对锂电池组的安全使用提供技术和方法参考。

关键词: 锂电池组 电压检测 差分放大器

Abstract: Aiming at the security problems in application of lithium-ion battery pack, explore the full voltage measurement of lithium battery. The method using the combination of high common-mode voltage difference amplifier INA117AM and ultra low noise precision instrument amplifier OPA27AJ, implementation for real-time detection of lithium battery voltage. The experimental results show that this method can accurately measure the weak difference voltage, measurement error is small, high precision, realize real-time detection for lithium battery pack full voltage protection. The method is simple, intuitive and easy to use, it has a simple structure, high measurement precision and can eliminate the ripple, noise and static current influence etc., and can effectively guarantee the lithium-ion batteries used in reliability, can use the safety of the lithium battery provides technology and methods for reference.

Keywords: Lithium battery pack, Voltage detection, Difference amplifier

[中图分类号] TM912.9 [文献标识码] A 文章编号: 1561-0349 (2015) 05-0031-04

0 引言

随着社会的发展, 以及能源、环保等问题的日益突出, 对锂电池能源的需求日益提高。锂电池由于容量大且体积小, 具有能量密度高、性能较为稳定、循环寿命好、无毒无污染等优点, 具有广阔的应用前景。随着锂离子电池技术的发展, 锂离子电池越来越多地被用于动力、储能等众多新能源领域^[1]。而在这些应用中, 需要把大量的锂电池串联起来以达到所需的电压, 而电池本身存在的非一致性, 使每节锂电池电压、电流、电阻、容量等存在差异。为了保证电池组的正常工作, 需要对锂离子电池进行安全管理^[2]。锂电池组中电池全电压、单体电池电压、电池温度、总电流的实时监控, 是安全管理

的重要基础。然而, 锂电池大量生产时品质不易掌握, 电芯出厂时电量即存在些微差异, 且随着操作环境、老化等因素, 电池间非一致性将愈趋明显, 电池效率、寿命也都将变差, 再加上过充或过放等情况, 严重时可能导致起火燃烧等安全问题。锂电池只要一次过充电或一次过放电, 就可能会造成电池的永久性损坏。因此, 单体电压、总电压、充放电电流的实时检测^[3,4]与保护至关重要, 起到实时保护的重要作用。由于电池材料和生产工艺等各方面的原因, 锂电池安全问题仍频繁发生。2014年10月3日下午, 江苏省常州市锂霸电池有限公司突发火灾, 火灾面积在300m²左右。2014年8月23日, 深圳龙华颖博工业区内电池厂连烧4小时, 着火面积大约400

多 m²。2013 年 10 月 21 日惠州泰格威电池厂爆炸，损失 2000 万元。特斯拉 Model S 2013 年 10 月至今发生锂电池相关的 5 次起火等安全事故，锂电池的安全问题已经引起了广大研究人员的关注^[5-14]。

本文针对锂电池组的安全性问题，从锂电池全电压检测角度出发，采用高共模电压差分放大器 INA117AM 以及超低噪声精密仪器放大器 OPA27AJ 相结合，INA117AM 能有效抑制零漂，消除共模信号，结合 OPA27AJ 比例缩放，从而实现锂电池组的电压实时检测。

1 理论分析

1.1 硬件选择

在电池数量较多的电池组中，沿着电池串联方向将产生很高的共模电压。共模电压是作用在差分放大器两个输入端的相同信号电压，是无用信号。共模信号过大，会影响差模信号的测量，更可能使仪器仪表受到损害。共模电压的存在，使得电池全电压的检测面临巨大的挑战，必须从很大的共模电压中精确测量微弱差分电压。INA117 精密单位增益差分放大器，有很高的共模输入电压范围，是一个单一组成的单片集成电路精密运算放大器和集成薄膜电阻网络，它可以精确测量存在于共模信号中的微小差动电压，测量范围为 ± 200 V。在许多应用程序中，INA117 可以代替隔离放大器，可以消除孤立的输入侧电源及其相关脉动、噪音和静态电流。非线性 INA117 的 0.001% 和 200 kHz 带宽优于传统的隔离放大器。差分放大器电路图如图 1 所示。

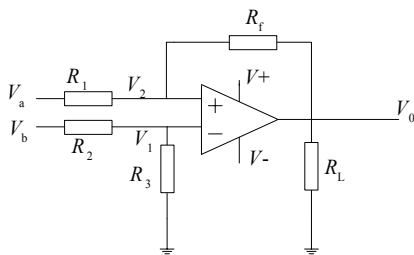


图 1 差分放大器电路图

由图可知，根据虚短虚断的概念，有

$$\begin{cases} V_1 = V_2 = \frac{R_3}{R_2 + R_3} V_b \\ \frac{V_a - V_2}{R_1} = \frac{V_2 - V_o}{R_f} \end{cases} \quad (1)$$

计算化简可得：

$$\begin{aligned} V_o &= \frac{R_3}{R_2 + R_3} V_b - \frac{\left(V_a - \frac{R_3}{R_2 + R_3} V_b \right) R_f}{R_1} \\ &= \frac{V_b R_1 R_3 - \left[(R_2 + R_3) V_a - R_3 V_b \right] R_f}{(R_2 + R_3) R_1} \end{aligned} \quad (2)$$

锂电池组充放电过程中，对电压、电流以及温度相当敏感，各单体电池存在不一致性对充放电要求很高，一旦出现过充电、过放电、放电电流过大或电路短路，就会使锂电池温度升高，严重破坏电池性能，导致电池寿命大大缩短。因此，监视电池的电压，以及电流和温度的精确性，显得尤为重要。本文针对锂电池组全电压的实时检测保护，采用超低声精密运算放大器 OPA27AJ 作补偿作用，用来内部补偿电压的单位增益。OPA27AJ 内部补偿单位增益稳定，OPA27AJ 偏移电压是雷射微调的，对于大多数应用程序来说并不需要进一步削减。输入偏移无效时，补偿电压漂移不会退化，其他电位计值从 1mΩ 到 1 kΩ 均可以被使用。但是，VOS 漂移将额外退化 0.1μV/°C 到 0.2μV/°C。调零使用大型系统补偿的抵消削减调整，将降低漂移性能大约 3.3μV/°C/mV 的偏移量。对于削减非常小的偏移量，可以采用高分辨率电路。OPA27AJ 使差分放大器能够更好地测量出微弱的差分电压，提高测量精度，减小测量误差。

1.2 全电压检测系统设计

通过建立含有电压源、电阻和电容的电路来模拟电池的工作状态，便于简单直观地对锂电池组的应用过程进行研究。在本文中，以 5 个电池单体串联为例，全电压检测的整体结构框图如图 2 所示，差分放大电路抑制共模信号，消除纹波、噪声和静电电流的影响，同时增加电压放大增益，有效放大差模信号，提高测量精确度。

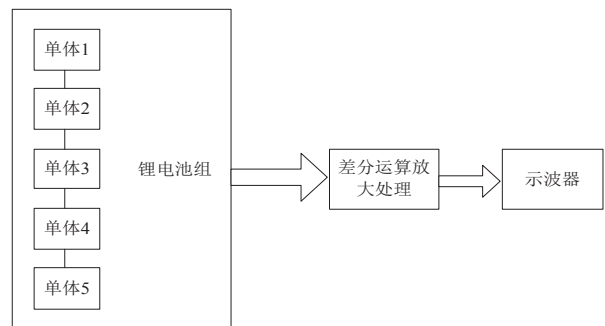


图 2 锂电池组全电压检测整体结构框图

2 实验与分析

2.1 锂电池组全电压检测仿真实验

检测电路经过差分放大电路的仿真模型如图 3 所示，电路中电容起到稳压和消除噪声的作用，为运放提供稳定的直流工作电压。

示波器 A 通道检测显示未经处理的电压信号，B 通道检测显示经过差分放大过后的电压信号，示波器波形如图 4 所示。变换不同的电压源，得到不同的输出波形，图 4(a)、图 4(b)、图 4(c) 分别表示电压源为三角波、正弦交流波和半三角波的波形图。

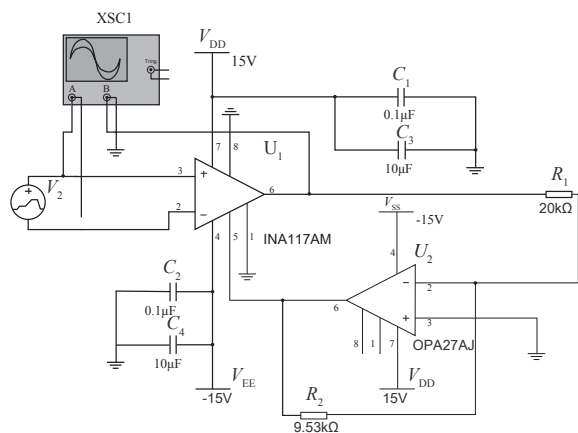
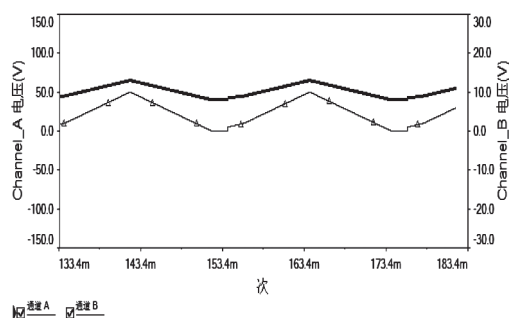
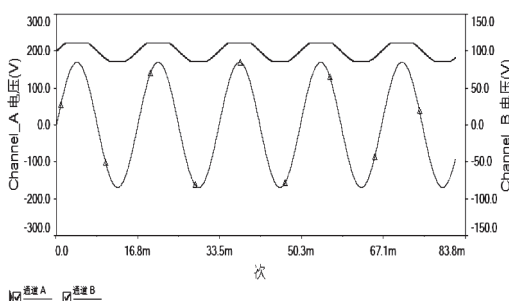


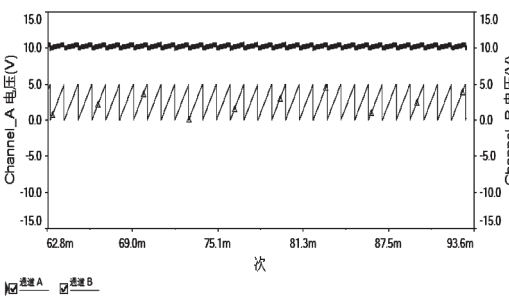
图3 锂电池组全电压检测原理图



(a)



(b)



(c)

图4 示波器波形图：(a) 电压源为三角波；

(b) 电压源为正弦交流波；(c) 电压源为半三角波

针对锂电池组全电压检测，综合对比各种采样方法效果，

最终使用 INA117 低功耗零漂移仪表放大器，结合 OPA27 实时比例缩放，实现全电压实时检测。由于受充放电过程影响较大，直接采样具有 0.4V 的随机误差，因此，信号采样后的滤波显得尤为必要。根据王顺利等人研究的滑动平均方法^[15]，经过滑动平均处理后的随机误差降为 0.03V，具有十分明显的滤波处理效果。经过滑动平均方法进行有效低通滤波处理，实现全电压信号实时检测，检测结果如图 5 所示。

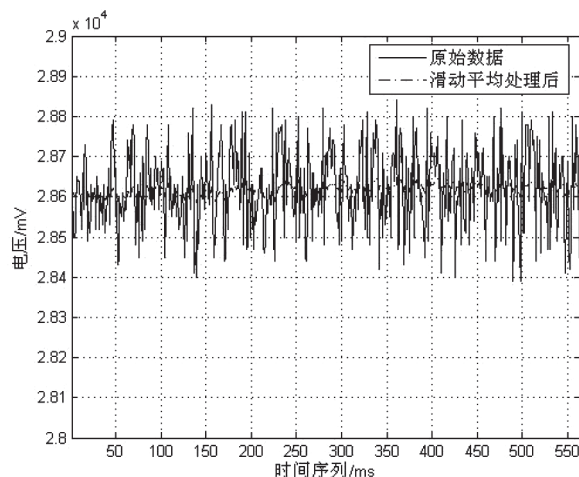


图5 全电压实验检测结果

2.2 结果分析

由图 5 分析可知，经过高共模差分放大器 INA117AM 和精密运算放大器 OPA27AJ 后，全电压无用信号得到抑制，有用信号得到有效放大，示波器显示更加精确，对锂电池组实时检测保护提供实时依据，避免电池组因电压过高或过低影响电池组使用寿命，预防安全事故发生。

全电压采样平滑处理前后数据对比，优化效果明显，相对误差明显减小，该处理过程能够起到较好的滤波效果。

实验结果表明，利用高共模差分放大器 INA117AM 和精密运算放大器 OPA27AJ 构建仿真电路，能够有效抑制共模信号，精确测量微弱差分电压，达到对锂电池组全电压实时检测保护的目的。该方法与直接采样数据相比，提高了实时检测精确度，避免了实验仪器的不必要损害，同时保障了实验安全，对锂电池组全电压实时检测保护具有重大意义。

3 结语

本文提出了一种高共模差分放大器 INA117AM 和精密运算放大器 OPA27AJ 的锂电池组全电压的实时检测方法。该方法利用差分放大器抑制共模信号，放大差模信号的特点，兼顾消除纹波、噪声以及静电电流的影响，与 OPA27AJ 协同作用，实时精确测量锂电池组全电压，并且电压采样之后采用滑动平均方法，滤除高频噪声影响，通过噪声信号抑制和有用信号累积，对电压采样起到较好滤波平滑效果。由于锂电池具

有质量轻、体积小、工作电压高、质量比能量高、体积比能量高、自放电率低、应用温度范围宽、循环寿命长、无记忆效应、绿色环保等优点，锂离子电池的应用领域将越来越广泛。该方法的提出对锂电池组的安全应用提供了保障，有效保证了其在应用中的可靠性，消除安全隐患，推动锂电池技术不断发展，促进能源有效利用。实验表明，该方法能够精确测量微弱差分电压，误差小，精度高，操作简单，使用方便，能够有效保证锂电池组应用中的可靠性，对锂电池组的安全使用具有一定参考价值。

参考文献

- [1] 李凯, 张斌. 一种新型智能动力锂电池组能源管理模块 [J]. 微计算机信息, 2006, 22 (9): 150-151.
Li Kai, Zhang Bin. A new type of intelligent power lithium battery energy management module [J]. Microcomputer Information, 2006, 22 (9): 150-151. (in Chinese).
- [2] 龙丽妮, 潘盈. 手持产品中的锂电池智能管理电路设计 [J]. 中国水运, 2008, 8 (9): 126 - 128
- [3] 肖昕. 锂离子动力电池检测系统研究 [J]. 计算机技术与发展, 2008, 18 (8): 174 - 178.
- [4] 蒋新华, 雷娟. 串联电池组电压测量的新方法 [J]. 仪器仪表学报, 2007, 28 (4): 734-737.
- [5] 钟静宏, 张承宁, 张玉璞. 电动汽车电池组管理系统研究及实现 [J]. 电源技术, 2006 (11): 925-928.
- [6] 邱斌斌, 刘和平, 杨金林. 一种磷酸铁锂动力电池组主动均衡充电系统 [J]. 电工电能新技术, 2014, 33 (1): 71-75.
- [7] 尚丽平, 王顺利, 李占锋. 基于 SOC 的 AGV 车载蓄电池组主动均衡方法研究 [J]. 电子技术应用, 2014, 40 (6): 67-69, 73.
- [8] 缪传杰, 高琛, 陈建清, 陈文芄. 串联动力电池组单体电池电压检测新方法 [J]. 传感器世界, 2010, 16 (4): 29-

31

- [9] 杜祺漳, 梁柱扬. 基于飞电容技术的动力锂离子电池组保护系统 [J]. 电子工程师, 2007, 33 (8): 54-56.
- [10] 王天福, 刘强, 李志强. 动力锂电池组充放电智能管理系统设计与实现 [J]. 电源技术, 2011, 35 (9): 1069-1071
Wang Tianfu, Liu Qiang, Li Zhiqiang. Power lithium battery charge and discharge intelligent management system design and implementation of [J]. Power Source Technology, [11] 2011, 35 (9): 1069-1071 (in Chinese).
- [11] 胡银全, 刘和平, 刘平. 磷酸铁锂电池组电压检测及误差分析 [J]. 电源技术, 2011 (8) 35 (8): 906-908
Hu Yinquan Liu Heping, Liu Ping. Lithium iron phosphate battery voltage detection and error analysis [J]. Power Source Technology, [12] 2011 (8) 35 (8): 906-908 (in Chinese).
- [12] Jung Seunghun, Kang Dalmo. Multi-dimensional modeling of large-scale lithium-ion batteries [J]. Journal of Power Sources. 2014, 1 (248): 498-509.
- [13] D. Linden, Linden's Handbook of Batteries, T. B. Reddy, Ed., 4th ed. New York, NY, USA: McGraw-Hill, 2011.
- [14] 王顺利, 尚丽平, 李占锋, 邓琥, 胡晓敏. 基于滑动平均的锂电池组关键参量检测方法研究 [J]. 电子技术应用, 2015, 41 (3): 67-70.

附注

四川省科技支撑计划 (2014GZ0078), 实验室开放基金 (14xnf09), 实验技术研究项目 (14syjs-78)。

作者简介

梁奇 (1991-), 女, 四川省绵阳市, 西南科技大学信息工程学院。

(上接第 22 页)

6 结论

LM5032 功能强大, 外围电路简单, 基于该芯片设计单端反激式 DC/DC 变换器模块, 通过产品调试与测试, 最终产品的技术满足设计指标要求。产品经用户使用, 满足系统使用

要求。证明了该产品的设计方法是有效的, 对多路输出 (3 路以上), 宽范围输入范围 (9V ~ 36V) DC/DC 变换器有一定的参考价值。