

蓄电池均衡模块的设计

Design of Battery Balance Module

柳成, 李磊, 赵卫, 潘敏

南京理工大学 自动化学院 (南京, 210094)

Liu Cheng, Li Lei, Zhao Wei, Pan Min

Department of Automation, NUST (Nanjing, 210094)

摘要: 针对蓄电池组充放电过程中各单体间存在的电压差问题, 设计了一种蓄电池均衡管理模块。均衡管理模块采用 BQ76PL536 芯片进行蓄电池电压采样, 同时, 采用开关矩阵形式进行单节电池充放电电路的切换。本文对均衡模块的拓扑结构、工作原理以及功率、控制电路进行了分析和设计, 采用 STM8S208RBT6 单片机为控制核心, 实现蓄电池单节电池电压均衡功能; 模块还具备与上位机通讯的功能, 可以根据上位机的命令执行操作, 更加灵活方便。实验结果表明, 该模块可以有效降低单体电池间的不一致性, 具有良好的均衡精度, 提高了蓄电池组工作的效率, 并延长了其使用寿命。

关键词: 蓄电池 电压均衡 开关矩阵 BQ76PL536 芯片

Abstract: For the problem of storage battery voltage difference during charge and discharge between the single-cell battery, designed a management module for balance of battery. Sampling battery voltage by BQ76PL536 chip, and using switch matrix form for switching charge or discharge of single-cell battery. This paper analysis and design the balance circuit topology, working principle and power, control circuit, using STM8S208RBT6 as microcontroller core, to achieve single-cell battery voltage balancing. The module also has the function of communication with the host computer, can perform actions based on the host computer commands, more flexible and convenient. The experimental results show that this module can effectively reduce the inconsistencies between the single-cell and has a good balance accuracy, improve the work efficiency of the battery pack, and extend its service life.

Keywords: Storage battery, Voltage balance, Switch matrix, BQ76PL536 chip

[中图分类号] TN86 [文献标识码] A 文章编号: 1561-0349 (2015) 07-0037-04

1 引言

蓄电池已广泛应用于社会生产和人们生活中, 特别是作为储能和后备电源。由于蓄电池的不一致性、充放电制度、工作环境等影响, 使得蓄电池在实际使用中的寿命达不到设计的要求, 而使用寿命是专业人员及使用人员普遍关注的问题。该问题由多方面因素决定, 其中最重要的是蓄电池本身的物理性能。除此之外, 电池的管理技术、不合理的充放电模式是造成电池寿命缩短的主要原因。在充放电过程中, 蓄电池组单体间电压的不一致性, 会使电池组中的某些电池提前损坏, 寿命大大缩短。这些问题都增加了仪器设备的使用成本, 而对蓄电池进行均衡充电管理能够解决上述问题。蓄电池均衡管理系统, 是用来对蓄电池组进行安全监控及有效管理、提高蓄电池的使用效率、延长其使用寿命、降低运行成本,

进一步提高电池组的可靠性。

本文设计了一种基于 Buck/Boost 的均衡电路, 对单体电池进行充放电。由于单体电池节数过多, 通过外加一个开关矩阵对过压或欠压的单体电池进行均衡调整, 这样只需要一个均衡电路即可满足要求, 避免了复杂的电路结构。采用 BQ76PL536 芯片进行蓄电池电压采样, 提高了均衡系统的准确性, 大大降低了单体电池过充或过放的可能性。

2 电路结构及参数计算

2.1 均衡电路

均衡电路如图 1 所示。当单体电池处于充电模式时, 输入端接直流电源模块, 输出端接单体电池, 开关管 Q_1 、 Q_3 断开, 控制开关管 Q_2 导通时间, 给单体电池进行恒流闭环充电

模式，处于 Buck 模式；当单体电池处于放电模式时，输入端接单体电池，输出端接放电电阻 R_1 ，与前级的辅助电源断开，开关管 Q_1 闭合， Q_2 断开，控制开关管 Q_3 导通时间，给单体电池进行恒流闭环放电模式，处于 Boost 模式。

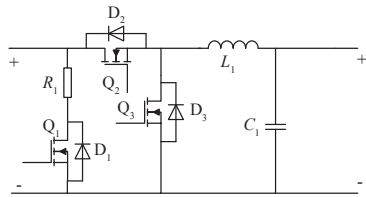


图 1 均衡电路

处于 Buck 模式时，图 1 中开关管 Q_1 、 Q_3 断开，去掉多余的器件，Buck 电路图如图 2 所示。控制开关管 Q_2 的开通和关断，使流过电路的电流为恒定值。

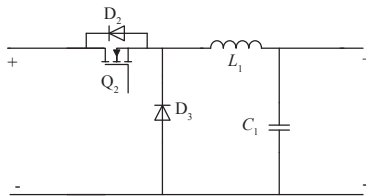


图 2 Buck 模式等效电路

处于 Boost 模式时，图中开关管 Q_1 闭合， Q_2 断开，去掉多余的器件，Boost 电路图如图 3 所示。控制 Q_3 的开通和关断，使流过电路的电流为恒定值。

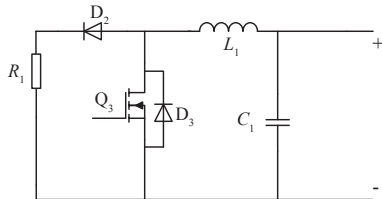


图 3 Boost 模式等效电路图

2.2 参数计算

2.2.1 功率管选择

放电时电路流过的最高输出电压为：

$$U_{\text{omax}} = \sqrt{P_{\text{omax}} gR} \quad (1)$$

2.2.2 滤波电感设计

放电时，最小占空比为：

$$D_{\text{min}} = 1 - \frac{U_{\text{lmax}}}{U_{\text{omax}}} \quad (2)$$

占空比最小时，滤波电感贮存电感最大，则滤波电感取值为：

$$L \geq \frac{U_{\text{lmax}} TD_{\text{min}}(1-D)_{\text{min}}}{2I_{\text{omin}}} \quad (3)$$

充电时，最小占空比为：

$$D_{\text{min}} = \frac{U_{\text{lmin}}}{U_{\text{omin}}} \quad (4)$$

利用最小占空比，求得滤波电感：

$$L \geq \frac{U_{\text{lmax}} TD(1-D)}{2I_{\text{omin}}} \quad (5)$$

综合上述充电、放电工况，滤波电感取最大值。

2.2.3 放电电阻选择

放电过程最大输入功率为：

$$P_{\text{omax}} = U_{\text{max}} I \quad (6)$$

放电过程最小输入功率为：

$$P_{\text{omin}} = U_{\text{min}} I \quad (7)$$

放电电阻选择，必须满足在输入功率最小时，输出电压最低的情况下，依然能够正常工作。可得放电电阻为：

$$R = \frac{U_{\text{omin}}^2}{P_{\text{omin}}} \quad (8)$$

3 采样及控制部分设计

采用电池管理芯片与开关矩阵实现蓄电池采样。开关矩阵上有与外界连接的蓄电池单体电池检测口，实现单体电池电压采样功能。

电池管理芯片 BQ76PL536 是 TI 公司生产的一款电池管理集成电路，用于 (3~6) 个串联电池电压监测及保护的芯片。其拥有高精度的模数转换器；具有过压、欠压、过温保护功能，可编程保护阈值和延迟时间；扩展性强，且芯片间不需要任何隔离措施，便于叠加使用，通过高速的 SPI 总线就可进行可靠的通信。具有高精度电池电压检测功能，可兼顾电池性能监测功能。

以 7 节锂电池为例，单体电池电压范围为 2.86V~4.1V，共需芯片 BQ76PL536 为 2 片，每片最多采样 6 节单体电池电压。由于锂电池单体电池电压过高，芯片接入 2 节以上单体电池就足够给芯片进行供电。锂电池采样电路框图如图 4 所示，第一片芯片 BQ76PL536 采样底层 4 节单体锂电池，第二片 BQ76PL536 采样上层 3 节单体锂电池。芯片 BQ76PL536 上未接电池的采样口短接，防止悬浮。

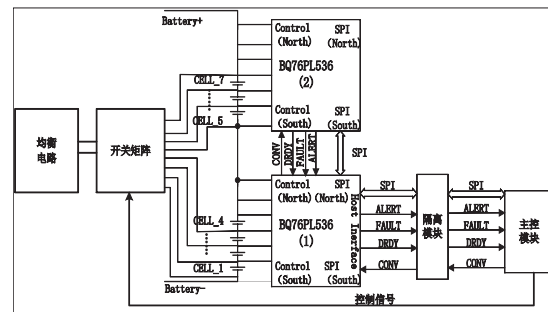


图 4 锂电池采样电路框图

开关矩阵主要是实现单体电池与均衡电路之间的连接

换，以及与外界电池单体电压采样接口的中转。所以，开关矩阵电路主要由接口和继电器组成。接口完成单体电池检测线与采样电路的连接，继电器完成单体电池与均衡电路的连接。开关矩阵的框图如图 5 所示。

电池进行均衡管理时，某节单体电池出现电压高于或低于正常范围内，控制器控制该节单体电池与均衡电路连接的继电器闭合，控制均衡电路对该节单体电池进行充电或放电，实现单体电池电压均衡功能。

为防止多个继电器同时导通导致多节单体电池短路，增加互锁功能电路，由控制器完成该互锁功能。一旦出现多个继电器闭合状态，立马发出报警信号，停止均衡功能。

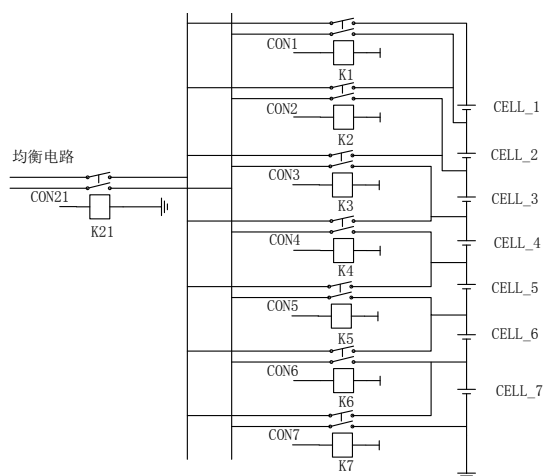


图 5 开关矩阵框图

控制方式采用恒流闭环，维持功率电路中的电流为恒定值。电流采样用 10mΩ 采样电阻，转化为电压形式。由于电压数值过小，不能直接进行闭环控制并与参考值比较，所以需要一定的放大电路，放大采样电压，再与参考值进行比较，采样电路如图 6 所示。标号 IO、ION 线连接采样电阻，采取电压值，通过 LM324 进行放大，与参考值进行比较，控制电流闭环。由于电压放大倍数较大，采用两级放大，最后再加一个电压跟随器，稳定采样电压，更好地进行闭环控制。放大电路采用差分放大电路，输入正负极完全对称，可以减小共模干扰。另外，由于均衡电路是双向流动，所以电流是双向流动的，流过采样电阻的电流也是双向流动的，从而采样电压是有正负的。最终与参考值比较的数值必是正的，所以，放大电路必须分开设计。当均衡电路处于充电模式时，控制信号 CHA 为高电平，第二级放大电路为同向比例放大；当均衡电路处于放电模式时，控制信号 DISC 为高电平，第二级放大电路为反向比例放大，刚好将负的采样电压翻转为正电压。

将采样电路采集的电压值与参考电压值接到 SG3525 芯片的输入管脚上，进行比较，输出 PWM 波控制 Q₂、Q₃ 的导通和关断，实现电流闭环控制。SG3525 闭环控制如图 7 所示。

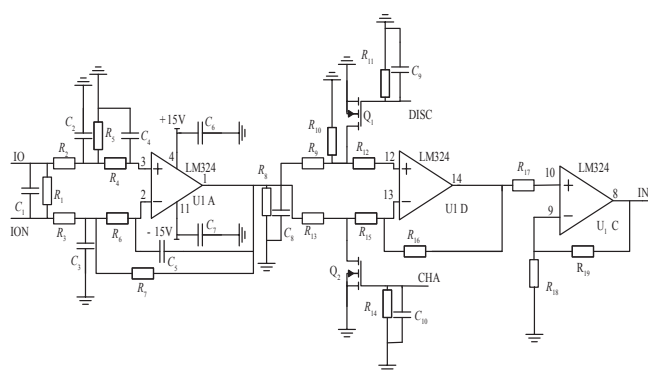


图 6 电流采样电路

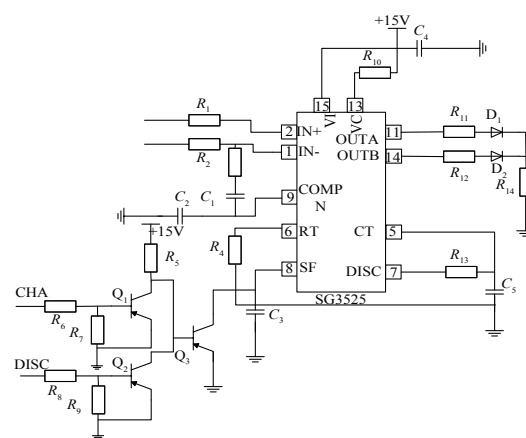


图 7 SG3525 闭环控制

4 实验结果及分析

根据电路工作原理和元件参数设计原则，应用 TI 公司的 BQ76PL536 电池管理芯片，采用 STM8S208RBT6 单片机为控制核心制作了一台实验样机。均衡电路输出端接单体电池，均衡电流设置为 2A，额定功率为 9W。输入电压为直流电压 5V，来自辅助电源，采用 24V 转 5V 电源模块，外加 Buck/Boost 功率电路，进行恒流闭环控制。

选用 7 节锂电池串联进行实验测试，图 8 为采样数据与实际电池电压的比较图。横坐标为 7 节锂电池，纵坐标为对应的电池电压。其中下方以小三角形为数据点的连线为实际电池电压值，可见采样数据比实际值略高 7mV 左右。

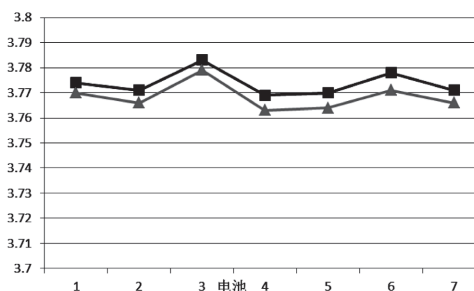


图 8 电池电压采样值和实际电压值

均衡电路开始工作时,首先测得锂电池组总电压 28.0V,则各节锂电池电压应为 4.00V,设定单节电池在平均电压 $\pm 5\%$ 的范围内为正常电压,测得各单体电池电压并判断是否在正常电压范围内,对超出范围的电压进行调整,如图 9 所示。需要对第 2 节、6 节电池进行放电,对第 5 节电池进行充电,直到各节电池都处于正常电压范围内。图 10 是均衡之后单体电池电压的范围。

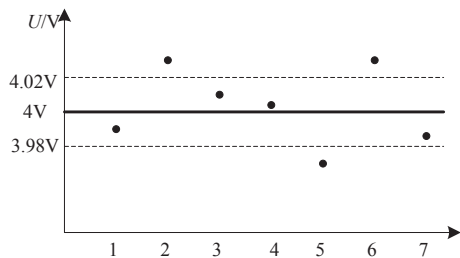


图 9 均衡前单体电池电压范围

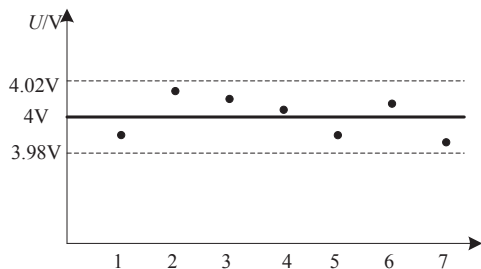


图 10 均衡后单体电池电压范围

5 结论

本文研究和分析了一种蓄电池均衡电路,其特点是采用开关矩阵对单节电池进行均衡,避免了复杂的功率电路,且

控制电路简单采样电路精确度高。最后实验验证了采样电路的精确性和均衡电路的均衡能力,同时验证了均衡控制策略的正确性和可行性。

参考文献

- [1] 刘均. 动力电池管理系统设计与实现 [D]. 黑龙江: 哈尔滨工业大学, 2004.
- [2] 潘敏. 蓄电池通用测试平台研制 [D]. 南京: 南京理工大学, 2014
- [3] 赵迪. 动力蓄电池维护设备的优化设计 [D]. 北京: 北京交通大学, 2012.
- [4] 袁翔, 黄威. 铅酸蓄电池的充放电均衡方法 [J]. 长沙交通学报, 2005.
- [5] 李峰, 张一鸣, 陈贺娜. 基于 BQ76PL536 的均衡系统设计 [J]. 电源技术, 2012.
- [6] 张磊, 韩国勇. 铅酸蓄电池均衡充电控制策略研究 [J]. 电源技术, 2009.

作者简介

柳成 (1988 ~), 男, 汉, 江苏泰州人, 硕士研究生, 研究方向为电力电子技术在电力系统中的应用。

李磊 (1975 ~), 男, 汉, 山东济宁人, 博士, 副教授, 研究方向为功率电子变换技术。

赵卫 (1990 ~), 男, 汉, 江苏泰州人, 硕士研究生, 研究方向为电力电子技术在电力系统中的应用。

潘敏 (1989 ~), 女, 汉, 江苏盐城人, 硕士研究生, 研究方向为功率电子变换技术。

全球能源转型为我国新能源产业带来机遇

清洁能源已成为全球能源转型大势所趋,这给中国电力和新能源产业“走出去”带来了前所未有的机遇。在 6 月 15 日至 17 日召开的“2015 中国国际电力及清洁能源合作论坛”中,中国新能源产业的国际化发展成为专家学者的热议话题。

“在全球经济不断发展的情况下,发展中国家正进入新的发展阶段,长远来看,全球能源需求是不断增长的。”国家发改委国际合作中心主任曹文炼指出,与此同时全球能源也面临着资源短缺和环境保护方面的压力,特别是全球气候变化给能源发展设定了制约条件,全球能源发展进入转型时期。

参会专家指出,中国电力产业的转型升级对其“走出去”大有助益。中国电力科学研究院名誉院长、中国科学院院士周孝信认为,目前中国正处在从第二代电网向第三代电网过渡阶段。“第三代电网能够支持大规模新能源电力,大幅降低大电网的安全风险,并广泛融合信息通信技术,是电网的可持续化、智能化发展阶段。”周孝信说。

原国家能源局油气司副司长、中国产业海外发展协会秘书长胡卫平介绍,目前中国发电装机容量、电网总规模均跃居世界第一位;同时水电、风电装机容量和核电在建规模也均为世界首位,电力绿色发展成为发展主流。“经过数十年发展,中国电力及新能源产业已获跨越式发展,积累了较强的国际竞争力。”