



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 108054466 B

(45)授权公告日 2019.10.15

(21)申请号 201711214099.5

H01M 10/653(2014.01)

(22)申请日 2017.11.28

H01M 10/658(2014.01)

(65)同一申请的已公布的文献号

H01M 10/48(2006.01)

申请公布号 CN 108054466 A

H01M 2/10(2006.01)

H02J 7/00(2006.01)

(43)申请公布日 2018.05.18

(56)对比文件

(73)专利权人 上海交通大学

CN 105914317 A,2016.08.31,

地址 200240 上海市闵行区东川路800号

CN 106130123 A,2016.11.16,

(72)发明人 陈自强 黄德扬 周诗尧 刘健

审查员 李发喜

郑昌文 葛云龙

(74)专利代理机构 上海交达专利事务所 31201

代理人 王毓理 王锡麟

(51)Int.Cl.

H01M 10/615(2014.01)

H01M 10/63(2014.01)

H01M 10/6571(2014.01)

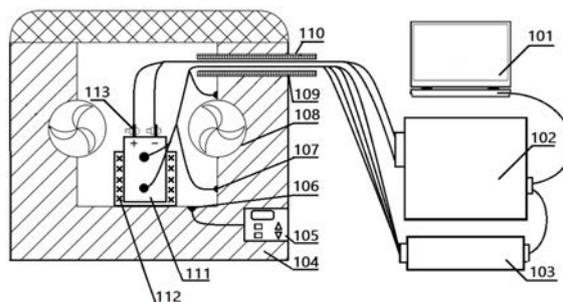
权利要求书2页 说明书6页 附图2页

(54)发明名称

极寒环境下锂离子动力电池组供电保障系统

(57)摘要

一种极寒环境下锂离子动力电池组的供电保障系统,包括:隔热装置、热管理模块和充放电控制与均衡模块,电池组设置于隔热装置内并与外部环境隔离;热管理模块设置于电池组上方的隔热装置内,通过与其连接的温度传感器测量电池表面温度并控制与其连接的加热器以调节电池表面温度,热管理模块通过I0接口与充放电控制与均衡模块相连并输出电池表面温度数据;充放电控制与均衡模块设置于热管理模块与电池组之间的隔热装置内,通过与电池组相连以测量电池组的电压、电流信号并根据电池表面温度信号控制电池组的输入输出,充放电控制与均衡模块输出端通过DC-DC转换器与热管理模块相连并为热管理模块供电。本装置能够在0℃到-65℃低温环境下对锂离子电池组进行高效、可靠的热管理、充放电控制与均衡控制。



1. 一种基于极寒环境下锂离子动力电池组供电保障系统的实现方法,其特征在于,所述系统包括:隔热装置、热管理模块和充放电控制与均衡模块,其中:电池组设置于隔热装置内并与外部环境隔离;热管理模块设置于电池组上方的隔热装置内,通过设置于电池组电池表面的温度传感器测量电池表面温度并控制电池组表面的电池组加热装置以调节电池表面温度,热管理模块通过I0接口与充放电控制与均衡模块相连并输出电池表面温度数据;充放电控制与均衡模块设置于热管理模块与电池组之间的隔热装置内,通过与电池组相连以测量电池组的电压、电流信号并根据电池表面温度信号控制电池组的输入输出,充放电控制与均衡模块输出端通过DC-DC转换器与热管理模块相连并为热管理模块供电;

所述的隔热装置包括:电池箱体外部骨架和设置于其内部的隔热材料,其中:电池箱体外部骨架上设有导线孔和电池组箱体顶盖,电池箱体外部骨架内设有热管理模块和充放电控制与均衡模块;

所述的热管理模块包括:所述温度传感器、加热控制电路板以及所述电池组加热装置,温度传感器探针紧贴电池组中各单体电池表面与隔热装置外部以获得电池表面温度与环境温度信号并将温度信号传输至加热控制电路板,电池加热装置紧密包裹电池组四周;

所述的温度传感器为防水型热敏电阻,工作温度范围为 -70°C 至 150°C ,加热控制电路板上设有1路20A继电器以控制电池组加热装置;

所述的电池组加热装置由额定功率为10W的若干硅胶加热片构成;

所述的充放电控制与均衡模块包括:充放电控制电路板、DC-DC转换器、供电保障系统外部充放电接口,其中,充放电控制电路板上设有电池组过充过放保护电路、过流保护电路、主动均衡电路以及与热管理模块通信的I0接口,充放电控制电路板输出端通过DC-DC转换器降压后与加热控制电路板相连并为热管理模块供电,充放电控制电路板通过I0接口与热管理模块相连以获得电池表面温度数据,通过与电池组连接以检测电池组的电流、电压参数并控制电池组的输入输出;供电保障系统外部充放电接口设置于隔热装置外部并与充放电控制电路板输出端相连,使得电池组对外输出以及外部电源接入;

所述方法包括以下步骤:

步骤1) 搭建电池组隔热装置:根据电池组的规格设计电池组箱体外部骨架及其顶盖,在电池箱体外部骨架上设置导线孔;然后采用3D打印技术完成箱体与顶盖成型;再在电池组箱体内部嵌入多层保温材料,实现电池组与供电保障系统各模块控制板的隔热保温;

步骤2) 搭建热管理模块:根据电池组的工作电压制作加热装置,确保加热装置功率的冗余以满足在 0°C 至 -65°C 环境温度下热管理模块能够将电池组中电池单体表面温度控制在 0°C 至 50°C 内任意温度下,将加热器可弯曲地紧密贴合在电池组四周以保证软包电池组表面均匀快速加热;基于双位控制原理控制连接硅胶加热器的继电器通断,控制板的温度传感器探针紧贴电池表面;在 0°C 至 -65°C 下测试装入电池组隔热装置中电池组与热管理模块,调节加热到不同的电池表面温度下电池组的放电性能与加热消耗的电池组电量,并对应设置热管理控制策略对加热装置的加热功率进行验证;

步骤3) 搭建充放电控制与均衡模块:根据电池组的规格制定充放电控制策略与均衡策略;通过I0接口与加热控制电路板实现通信,并设置当充电时电池组中各电池单体表面温度最小值低于 25°C 则借助外部电源优先为热管理模块供电以确保低温环境下充电的安全性;选择主动均衡方式均衡控制;

步骤4) 系统调试与验证:在极寒环境下对锂离子动力电池组供电保障系统进行整体调试与验证;

所述的整体调试与验证,具体包括:

4.1) 在0至-65℃温度范围内进行阶梯式降温,检测各个温度下设有供电保障系统后电池组的放电性能;

4.2) 在各个温度阶梯下对电池组供电保障系统进行测试后维持环境温度,并将系统放置于该实验温度下12h,检测电池组供电保障系统各个模块是否有异常损坏现象;

4.3) 在0至-65℃温度范围内检测电池组中各电池单体表面温度的均匀程度,并检测热管理模块温度控制的稳定程度;

4.4) 每当在-40℃至-65℃的极寒环境下测试完成后,将系统放置在常温25℃环境中,观察极寒环境温度是否破坏系统的绝缘措施与电气连接部分。

极寒环境下锂离子动力电池组供电保障系统

技术领域

[0001] 本发明涉及的是一种动力锂离子电池组管理系统,具体是一种在-40℃至-65℃极寒环境下三元动力锂离子电池组的供电保障系统。

背景技术

[0002] 极寒环境下锂离子电池性能严重下降,基本丧失功能。至今,国内外通过改良电池内部结构,研发与生产了多种应用于0℃至-50℃低温环境下的锂离子电池。在极寒环境下,特种低温锂离子电池若要达到50%以上放电深度则只能以0.2C倍率的小电流放电,无法满足动力电池的大功率需求;自加热电池的内部结构复杂,需要通过外部控制器控制电池内部开关,可靠性较差。现有的基于高频充放电而利用反激变压器组件构成的锂电池低温自加热电路无法在动力锂离子电池工作时控制电池温度。

发明内容

[0003] 本发明针对现有技术存在的上述不足,提出一种极寒环境下锂离子动力电池组供电保障系统,基于模块化设计的理念,有利于供电保障系统的生产与组装,使系统具有良好的可移植性与互换性,适用于多种类型、不同规格的动力锂离子电池组;能够在0℃到-65℃低温环境下对锂离子电池组进行高效、可靠的热管理、充放电控制与均衡控制,实现BMS的功能,保证动力锂离子电池在极寒环境下的放电性能。

[0004] 本发明是通过以下技术方案实现的:

[0005] 本发明包括:隔热装置、热管理模块和充放电控制与均衡模块,其中:电池组设置于隔热装置内并与外部环境隔离;热管理模块设置于电池组上方的隔热装置内,通过与其连接的温度传感器测量电池表面温度并控制与其连接的加热器以调节电池表面温度,热管理模块通过I0接口与充放电控制与均衡模块相连并输出电池表面温度数据;充放电控制与均衡模块设置于热管理模块与电池组之间的隔热装置内,通过与电池组相连以测量电池组的电压、电流信号并根据电池表面温度信号控制电池组的输入输出,充放电控制与均衡模块输出端通过DC-DC转换器与热管理模块相连并为热管理模块供电。

[0006] 所述的隔热装置包括:电池箱体外部骨架和设置于其内部的隔热材料,其中:电池箱体外部骨架上设有导线孔和电池组箱体顶盖,电池箱体外部骨架内设有热管理模块和充放电控制与均衡模块。

[0007] 所述的热管理模块包括:温度传感器探针、加热控制电路板以及电池组加热装置,其中:温度传感器为防水型热敏电阻,工作温度范围为-70℃至150℃,温度传感器探针紧贴电池组中个单体电池表面与隔热装置外部以获得电池表面温度与环境温度信号并将温度信号传输至加热控制电路板,加热控制电路板上设有1路20A继电器以控制电池组加热装置;电池加热装置由额定功率为10W的若干硅胶加热片构成,实际尺寸由电池组规格决定,紧密包裹电池组四周,空隙处填补导热硅胶。

[0008] 所述的充放电控制与均衡模块包括:充放电控制电路板、DC-DC转换器、供电保障

系统外部充放电接口,其中,充放电控制电路板上设有电池组过充过放保护电路、过流保护电路、主动均衡电路以及与热管理模块通信的I/O接口,充放电控制电路板输出端通过DC-DC转换器降压后与加热控制电路板相连并为热管理模块供电,充放电控制电路板通过I/O接口与热管理模块相连以获得电池表面温度数据,通过与电池组连接以检测电池组的电流、电压参数并控制电池组的输入输出;供电保障系统外部充放电接口设置于隔热装置外部并与充放电控制电路板输出端相连,使得电池组对外输出以及外部电源接入。

[0009] 本发明涉及上述极寒环境下动力锂离子电池组供电保障系统的实现方法,包括以下步骤:

[0010] 步骤1) 搭建电池组隔热装置:根据电池组的规格设计电池组箱体外部骨架及其顶盖,在箱体上部设计安装整套供电保障系统的空间与导线引出孔;然后采用3D打印技术完成箱体与顶盖成型;再在电池组箱体内部嵌入多层保温材料,实现电池组与供电保障系统各模块控制板的隔热保温;

[0011] 步骤2) 搭建热管理模块:根据电池组的工作电压制作加热装置,确保加热装置功率的冗余以满足在0℃至-65℃环境温度下热管理模块能够将电池组中电池单体表面温度控制在0℃至50℃内任意温度下,将加热器可弯曲地紧密贴合在电池组四周以保证软包电池组表面均匀快速加热;基于双位控制原理控制连接硅胶加热器的继电器通断,控制板的温度传感器探针紧贴电池表面;在0℃至-65℃下测试装入电池组隔热装置中电池组与热管理模块,调节加热到不同的电池表面温度下电池组的放电性能与加热消耗的电池组电量,并对应设置热管理控制策略对加热装置的加热功率进行验证;

[0012] 步骤3) 搭建充放电控制与均衡模块:根据电池组的规格制定充放电控制策略与均衡策略;通过I/O接口与加热控制电路板实现通信,并设置当充电时电池组中各电池单体表面温度最小值低于25℃则借助外部电源优先为热管理模块供电以确保低温环境下充电的安全性;选择主动均衡方式均衡控制;

[0013] 步骤4) 系统调试与验证:在极寒环境下对锂离子动力电池组供电保障系统进行整体调试与验证,具体包括:

[0014] 4.1) 在0至-65℃温度范围内进行阶梯式降温,检测各个温度下设有供电保障系统后电池组的放电性能;

[0015] 4.2) 在各个温度阶梯下对电池组供电保障系统进行测试后维持环境温度,并将系统放置于该实验温度下12h,检测电池组供电保障系统各个模块是否有异常损坏现象;

[0016] 4.3) 在0至-65℃温度范围内检测电池组中各电池单体表面温度的均匀程度,并检测热管理模块温度控制的稳定程度;

[0017] 4.4) 每当在-40℃至-65℃的极寒环境下测试完成后,将系统放置在常温25℃环境中,观察极寒环境温度是否破坏系统的绝缘措施与电气连接部分。

[0018] 技术效果

[0019] 与现有技术相比,本发明基于实验获得的极寒环境下动力锂离子电池电气特性参数,设计并制作锂离子电池组的隔热装置、热管理模块、充放电控制与均衡模块,并在0℃至-65℃环境温度下对系统进行调试与验证,实现最优控制。

[0020] 本发明将锂离子动力电池组供电保障系统作为成套产品,并包装在一个电池组箱体内,适用于不同类型、不同规格的锂离子电池组,具有良好的互换性,能够在0℃至-65℃

范围内保证动力锂离子电池组的正常工作,可以为极地探索无人机等极地科考设备的动力电池管理系统设计人员提供参考;供电保障系统可利用外部电源为热管理模块供电,确保电池组在充放电前各电池单体处于合适的表面温度,能够有效延长电池组的续航能力与使用寿命。

附图说明

[0021] 图1为本发明模拟极寒环境动力锂离子电池组特性测试装置示意图;

[0022] 图1中:101上位机、102电池测试平台、103数据采集模块、104超低温实验柜、105超低温实验柜温度控制器、106超低温实验柜温度控制器专属温度传感器、107热敏电阻温度传感器、108流场模拟风扇、109测试孔通道、110隔热与绝缘材料、111软包三元镍钴锰锂离子电池组、112电池组测试支架、113电池组输出端极耳;

[0023] 图2为本发明的供电保障系统结构示意图;

[0024] 图2中:201电池箱体外部骨架、202隔热材料、203硅胶加热片、204软包三元镍钴锰酸锂离子电池组、205电池极耳、206供电保障系统外部充放电接口、207电池组箱体顶盖、208加热控制电路板、209DC-DC转换器、210充放电控制与均衡模块控制板;

[0025] 图3为本发明的供电保障系统接线示意图;

[0026] 图3中:301温度传感器、302加热控制电路板、303温度传感器、304硅胶加热片、305充放电控制电路板、306供电保障系统外部充放电接口、307DC-DC转换器、308软包三元镍钴锰酸锂离子电池组。

具体实施方式

[0027] 本实施例为极寒环境下动力锂离子电池组供电保障系统,测试对象为由4个10Ah软包三元镍钴锰酸锂离子电池串联而成的电池组;测试温度为0℃至-65℃;测试压力为0.1MPa。

[0028] 如图1所示,本实施例包括:上位机101、电池测试平台102、数据采集模块103、超低温实验柜104、超低温实验柜温度控制器105、超低温实验柜控制器专属温度传感器106、热敏电阻温度传感器107、流场模拟风扇108、测试孔通道109和隔热与绝缘材料110,其中:电池测试平台102的测试线与数据采集模块103的热敏电阻温度传感器以及电压传感器通过包覆隔热与绝缘材料110的测试孔通道109进入超低温实验柜104内,测试电池组输出端极耳113通过测试线与电池测试平台102相连,热敏电阻温度传感器107布置在超低温柜内表面与电池表面并与数据采集模块103相连,数据采集模块103通过连接电池测试平台与上位机101实现通讯。

[0029] 本实施例基于上述装置对极寒环境下锂离子电池组供电保障系统进行测试。

[0030] 如图2所示,本实施例进一步包括:电池箱体外部骨架201、依次设置于其内部的隔热材料202、设置于电池箱体外部骨架201上的供电保障系统对外接口206与电池组箱体顶盖207、设置于隔热材料202内软包电池组204上方的加热控制板208和充放电控制与均衡模块控制板210。

[0031] 所述的电池箱体外部骨架201、隔热材料202、电池组箱体顶盖207构成隔热装置。

[0032] 所述的充放电控制与均衡模块控制板210引出导线与外部充放电接口206相连。

[0033] 如图2和3所示,所述的热管理模块包括:位于软包三元锂离子电池组204的四周并紧密包覆的作为电池组加热装置的硅胶加热片203(304)、设置于隔热材料202外的温度传感器301、加热控制电路板302、设置于电池组电池表面的温度传感器303,加热控制电路板302的温度采集端口与温度传感器301和温度传感器303相连。

[0034] 所述的加热控制电路板302基于温度传感器303反馈的电池组表面温度控制加热装置(硅胶加热器)304实现加热控制;与加热控制电路板302相连的温度传感器301负责监测系统外部环境温度以修正加热控制电路板302的控制策略。

[0035] 如图3所示,所述的充放电控制与均衡模块包括:充放电控制电路板305、供电保障系统外部充放电接口306和DC-DC转换器307,其中:充放电控制电路板305的I/O接口与加热控制电路板302的I/O接口相连以接收电池表面温度与环境温度数据,充放电控制电路板305上的均衡电路相应接口与电池组308中各电池单体相连以采集电池单体的电压参数并主动均衡各单体间电量,充放电控制电路板305的输出端与供电保障系统外部充放电接口306相连以实现对外供电;充放电控制电路板305的输出端同时通过其设置的DC-DC转换器将稳压后的12V控制电源输送至加热控制电路板302并为加热装置304供电。

[0036] 所述的软包三元镍钴锰酸锂离子电池组308为4个串联的三元镍钴锰酸锂离子电池单体。

[0037] 所述的充放电控制电路板305上的均衡电路相应接口与电池组308中电池单体正负极相连。

[0038] 本实施例极寒环境下锂离子电池组供电保障系统的设计与搭建包括以下步骤:

[0039] 步骤1.隔热装置的设计与制作:

[0040] 1.1) 选用厚度为5mm、导热系数为 $0.038\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ 的EVA泡棉材料作为隔热材料,将两层隔热材料叠加,采用双层隔热结构将电池组与外界环境隔离。

[0041] 1.2) 根据包覆隔热材料后电池组的外部尺寸,选用PLA材料作为打印材料,通过3D打印技术制作电池组箱体外部骨架,在电池组箱体骨架上留有用于安装供电保障系统外部充放电接口的安装孔,并将隔热材料嵌入骨架的内部,利用隔热材料固定电池组在电池组箱体中的位置。

[0042] 1.3) 3D打印电池组箱体顶盖,在电池组箱体上部留有足够的空间来布置加热控制电路板、充放电控制电路板以及DC-DC转换器。

[0043] 步骤2.设计与制作:

[0044] 2.1) 将4个10Ah软包三元镍钴锰酸锂离子电池串联并用扎带捆扎固定制成电池组,根据电池组的尺寸制作 $120*120\text{mm}$ 、12V、10W的硅胶加热片作为电池组加热装置,将2片硅胶加热片通过3M绝缘背胶紧密地贴覆在电池组四周,使电池组表面受热均匀,并在电池组与加热片的空隙处添入适量的导热硅胶,以保证电池表面温度与硅胶加热器表面温度相同。

[0045] 2.2) 根据电池组箱体填充隔热材料后剩余空间的尺寸,制作热管理模块PCB板,设有1路20A继电器,将2片硅胶加热片并联后连接到PCB板的负载接口上。

[0046] 2.3) 将与PCB板相连的温度传感器探针布置在电池组的中心位置,并贴紧电池表面与硅胶加热片表面,以准确测量电池表面温度。

[0047] 步骤3.充放电控制与均衡模块的设计与制作:

[0048] 3.1) 根据电池组箱体填充隔热材料后剩余空间的尺寸,制作充放电控制电路板,采用双层板结构以节省空间。

[0049] 3.2) 基于电池类型与规格,过充、过放保护电压分别设为16.8V与12V,过流保护设置为60A。

[0050] 3.3) 通过充放电控制电路板上的I0接口与加热控制电路板的I0接口通信以获得电池组中各电池单体的表面温度信息,当充电前各电池单体表面温度的最小值低于25℃时,充放电控制电路板的输入接口 V_{in} 与输出接口 V_{out} 连通,借助外部电源优先为热管理模块供电,在各电池单体表面温度的最小值达到25℃后再进行充电过程。

[0051] 3.4) 采取主动均衡控制策略,以保证电池组的充、放电均衡,满足充电终止和放电终止时各电池单体的端电压基本一致,均衡电流大于500mA。

[0052] 本实施例极寒环境下锂离子电池组供电保障系统的调试与验证包括以下步骤:

[0053] 步骤1. 热管理模块控制策略的制定:

[0054] 1.1) 模拟极寒环境动力锂离子电池组特性测试装置采用阶梯式降温方式,从0℃开始,每隔5℃进行以下测试,直至-65℃:

[0055] ①将电池组与其供电保障系统组装并在25℃的恒温箱中完成充电后放入超低温实验柜中静置2h。

[0056] ②将供电端口接可编程直流电源。

[0057] ③从0℃至50℃,每隔5℃设定一个控制温度,当加热控制电路板控制加热装置(硅胶加热器)将电池组表面温度加热到设定控制温度后开始进行电池组的放电性能测试。

[0058] ④在每个设定的热管理模块控制温度下电池组分别以2C、1C、0.5C倍率恒流放电,利用与充放电控制与均衡控制模块PCB板相连的电池测试平台以及数据采集模块记录电池组的电压、电流、放电容量等电气特性参数,利用可编程直流电源记录电池组放电完成后加热功耗。

[0059] ⑤通过权衡电池组放电性能的优劣与热管理模块加热的耗电量,确立每个环境测试温度下最优控制温度,并基于最优控制温度制定控制策略。

[0060] 步骤2. 系统的验证:

[0061] 2.1) 在常温25℃下完成供电保障系统中各模块的单独调试,确保各模块能正常工作。

[0062] 2.2) 模拟极寒环境动力锂离子电池组特性测试装置采用阶梯式降温方式,从0℃开始,每隔5℃进行以下测试,直至-65℃:

[0063] ①将电池组与其供电保障系统放置于超低温实验柜中静置2h,以动力电池组应用对象的常用工况对电池组进行放电。

[0064] ②检测低温或极寒环境下电池组箱外部骨架是否变形、开裂。

[0065] ③检测隔热材料是否由于电池组箱内外温差过大而变形。

[0066] ④检测系统中各独立模块是否互相干扰现象。

[0067] ⑤检测热管理模块是否能将电池组表面温度稳定在控制温度。

[0068] ⑥检测电池组是否维持良好的放电性能。

[0069] 2.3) 每次测试结束后将电池组从其供电保障系统中取出,放入25℃恒温箱充电,观测电池组表面是否变形、鼓包,热管理模块加热器的表面是否开裂。

[0070] 本实施例提供了动力锂离子电池组在极寒环境下的供电保障系统,充电过程中电池组中各单体电池表面温度均维持25℃,避免了低温充电时可能发生的电池负极析锂现象并保证了每次冲入电池组的电量基本相同,有效地延长了电池组的使用寿命;放电过程中,电池组放电容量达到额定容量10Ah,其中热管理模块耗电量低于5%,极大程度上改善了电池组的容量特性与功率特性。

[0071] 上述具体实施可由本领域技术人员在不背离本发明原理和宗旨的前提下以不同的方式对其进行局部调整,本发明的保护范围以权利要求书为准且不由上述具体实施所限,在其范围内的各个实现方案均受本发明之约束。

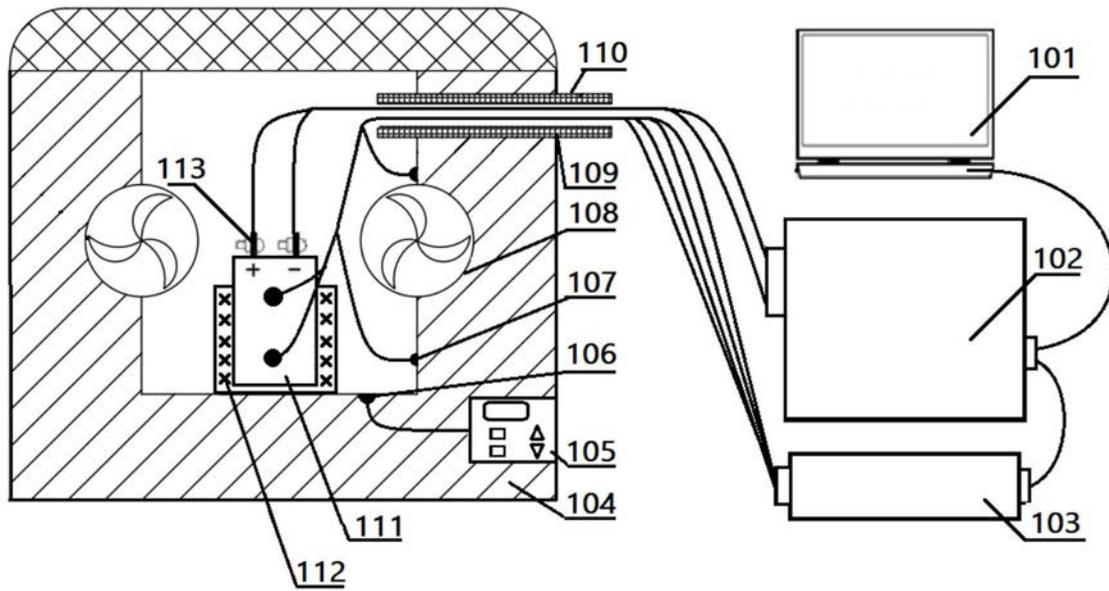


图1

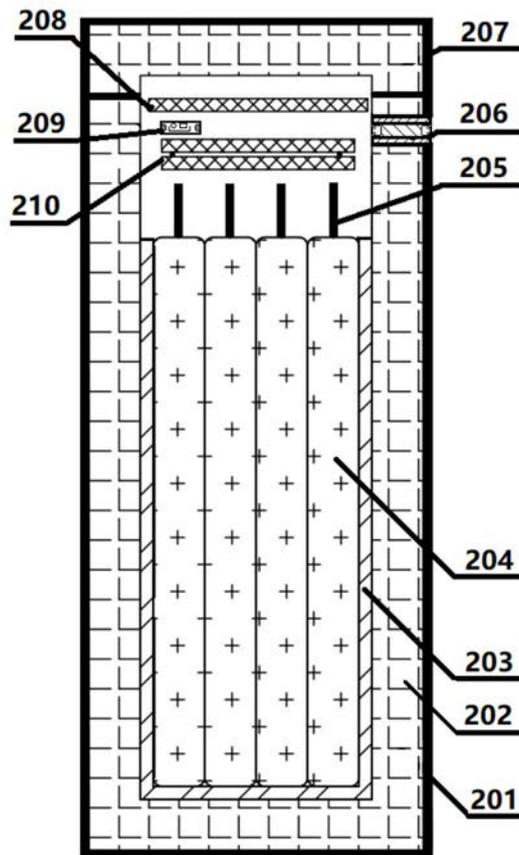


图2

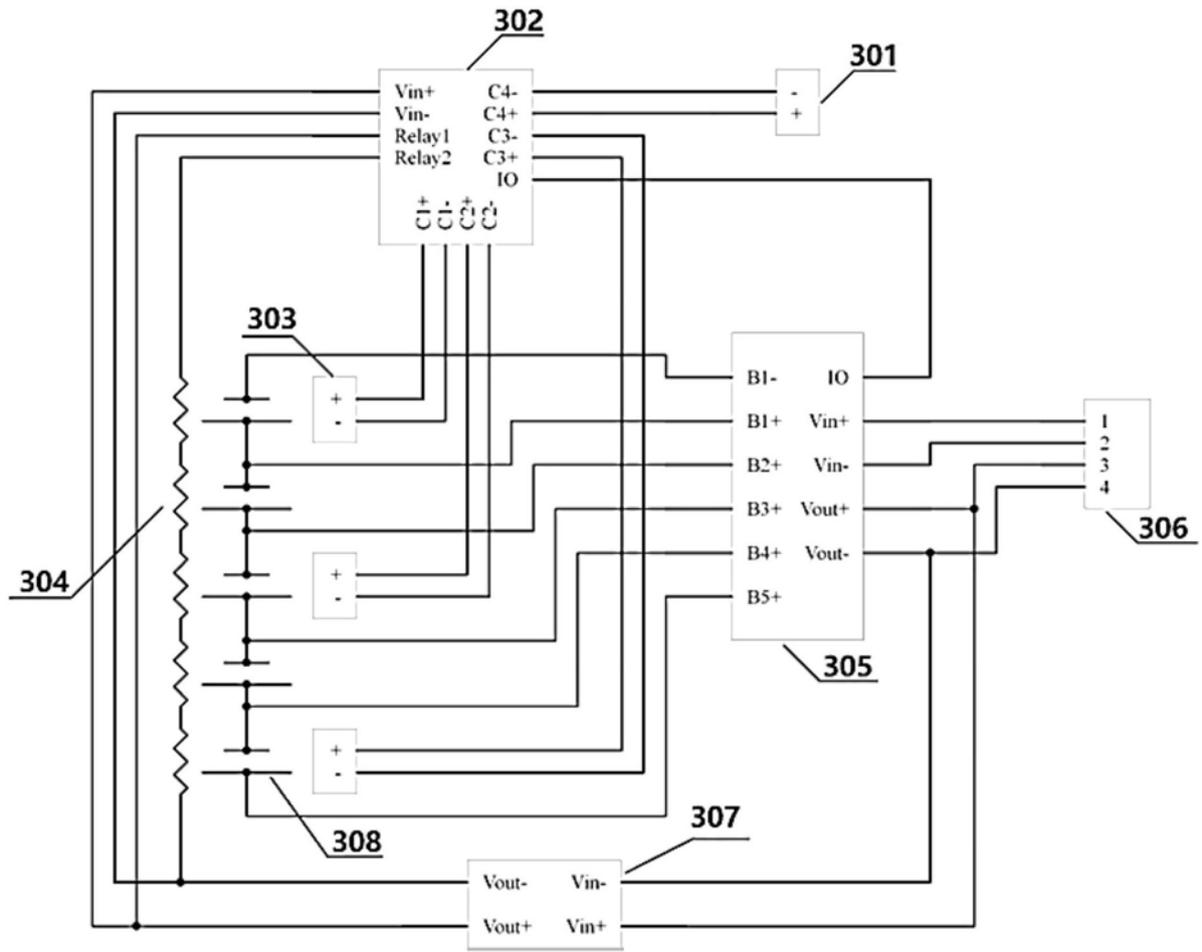


图3