

· 设计计算 ·

插入式混合动力电动汽车电池管理系统设计与试验研究

符兴锋¹, 周斯加², 赵小坤¹, 翟艳霞¹

(1. 广州汽车集团股份有限公司汽车工程研究院, 广东 广州 510640; 2. 温州大学, 浙江 温州 325035)

摘要: 针对某款插入式混合动力电动汽车(PHEV)的电池管理系统进行了分析和研究, 设计了适合 PHEV 的车用电池管理系统, 对 SOC 动态估算、信号的处理方式、BMS 的充电唤醒和退出流程以及继电器的辅助触点检测进行了研究, 并进行了试验室和实车试验验证。试验结果表明, 设计的 PHEV 电池管理系统 SOC 动态估算准确, 绝缘状态检测可靠, 充电启动和退出流程合理, 满足车用设计要求, 并且具有良好的抗干扰性。

关键词: 插入式混合动力电动汽车; 电池管理系统; 软件开发

DOI: 10.3969/j.issn.1001-2222.2013.05.001

中图分类号: U463.633 **文献标志码:** B **文章编号:** 1001-2222(2013)05-0001-07

动力电池是节能与新能源汽车重要的动力源, 对于整车动力性、经济性和安全性有着重大的影响^[1]。动力电池管理系统(BMS)是用来对电池组进行安全监控和有效管理的装置, 可以有效保护动力电池, 避免动力电池的过充电和过放电, 提高动力电池使用的安全性并延长使用寿命。在现阶段还没有办法完全保证动力电池一致性的前提下, BMS 对于延长动力电池的使用寿命起到了至关重要的作用。

动力电池是插入式混合动力电动汽车(PHEV)的第二动力源, 在车辆的行驶过程, 动力电池处于频繁的充放电过程, 动力电池的电流和电压常常发生较大的变化。相比纯电动汽车, PHEV 对动力电池的要求更加严格, 同时对 BMS 也提出了更高的要求。

1 PHEV 动力电池箱的设计要求

PHEV 是带有外接充电接口的 HEV 车辆。按照 2012 年发布的国务院关于印发《节能与新能源汽车产业发展规划(2012 年—2020 年)的通知》的要求和《私人购买新能源汽车试点财政补助资金管理暂行办法暂行规定》的要求^[2-3], 到 2015 年, 带有外接充电接口的 PHEV 车辆在纯电动模式下综合工况续驶

里程不能低于 50 km, 动力电池使用寿命大于 20 万 km 或 10 年以上。这就要求 PHEV 的动力电池不仅要满足车辆行驶的高功率要求, 还需要满足纯电动行驶里程的能量、使用寿命和成本的要求。同时 BMS 还需要设计足够的保护措施保护充电过程中的人员安全。

本研究的目标是在国内某款 B 级原型乘用车的基础上改制成的 PHEV。该款 PHEV 用小排量的发动机取代原型车的大排量发动机, 在发动机和变速器之间增加了集成起动机, 后轴增加了驱动电机和差减总成, 可以满足车辆纯电动行驶时的最高车速和最小行驶里程要求。

由于车型空间所限, 动力电池箱采用多箱体布置结构, 不同箱体之间采用高压接插件和高压线缆连接, 每个电池箱体上都设计有手动维修开关(MSD)以保障动力电池箱的运输、安装和维修安全。PHEV 动力电池箱的基本原理见图 1。

在该款动力电池箱的设计中, 与车身线束连接的低压接插件都设计在动力电池箱 1 中, 与整车控制器(HCU)通信的 BMS 主板也设计安装在动力电池箱 1 中, 两块从板负责动力电池箱 1 的动力电池组。动力电池箱 2 中的动力电池组信号由安装在箱体外的另外两块从板采集, 并通过内 CAN 发送到

收稿日期: 2013-03-22; 修回日期: 2013-07-14

基金项目: 国家“八六三”计划资助(2011AA11A218); 国家军品配套科研项目(JPPT-115-5-1805); 广东省重大科技专项(00191350136655018); 浙江省公益技术应用研究项目(2011C31SA300038)

作者简介: 符兴锋(1977—), 男, 工程师, 博士, 主要研究方向为节能与新能源汽车电池系统开发与设计、整车高压安全系统开发; fuxing-feng@gacv.cn。

BMS 处理。接插件 1 和接插件 2 连接高压用电负载,接插件 3 连接充电回路,动力电池箱 1 和动力电池箱 2 通过接插件 4 和接插件 5 连通。

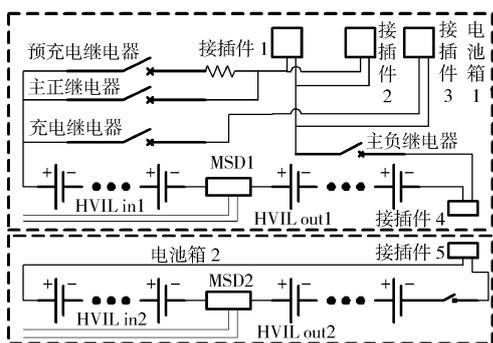


图1 PHEV 动力电池箱原理

2 BMS 的软件设计

该款 PHEV 车辆的 BMS 设计选用分布式总线型结构类型,主要由 1 块主板、4 块从板和高压板构成。其中主板、从板 1、从板 2 和高压板布置在电池箱 1 中,从板 3 和从板 4 布置在电池箱 2 中,每个从板可以最多同时采集 46 个电池芯的数据。绝缘检测和其他高压信号的检测由高压板完成。

2.1 功能设计

BMS 除了监控电池基本的状态信息以外,还设计了以下特殊的功能以满足 PHEV 的安全使用要求^[4-10]:

- 1) 监控继电器两端电压;
- 2) 估算 SOC 值和 SOH(State of Health)值;
- 3) 高压上/下电流程管理和充电流程的唤醒/退出流程;
- 4) 高压绝缘检测和故障处理(如紧急情况下切断高压)。

BMS 功能模块的设计见图 2。由图 2 可知, BMS 除了完成基本的电池管理功能之外,还需要及时与 HCU 进行信号的交互,并接收相应的指令,执行对应的操作(如紧急状态下切断高压操作等)。

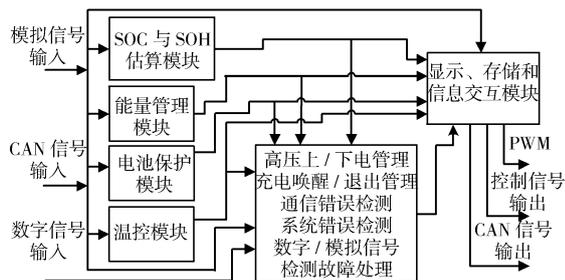


图2 BMS 功能模块示意

2.2 BMS 信号的处理要求

BMS 输入/输出信号分为 CAN 信号、数字信号、模拟信号等,BMS 对于不同类型的输入/输出信号有着不同的处理要求。基本的 BMS 信号处理要求如下:

- 1) 部分信号需要考虑数字量与物理量之间的转换;
- 2) 对于 CAN 信号和模拟信号输入或输出,需要进行有效性检查;
- 3) 对于所有的模拟/数字输入信号需要进行滤波处理。

对于需要有效性检查的 CAN 信号和模拟信号,为保证校验的有效性,所有进行有效性检查的信号需要作防抖动处理。信号处理措施见表 1。

表 1 BMS 信号的输入信号处理措施

输入信号状态	处理措施	标志位
超出允许范围	使用上一时刻的正常值	0
超出允许范围并持续一段时间	采用默认值替代该信号	1
超出允许范围后恢复正常	保持默认值	1
恢复正常值超过一段时间	恢复当前的输入值	0

所有的模拟/数字输入信号需要进行滤波处理。输入采样时间均为 5 ms,滤波时间为 1 ms,模拟量信号采样位数为 10 位。当软件的标志位被置为 1 时,表示当前的输入信号存在错误,错误标志位将传递给错误诊断模块作为输入/输出信号错误进行相关处理。表 2 示出了输出信号的设置通信周期。

表 2 BMS 主要的输出信号和通信周期

输出信号	外 CAN	内 CAN	周期报文	数字信号	外接充电信号
周期/ms	100	20	5 的整数倍	5	200

2.3 BMS 的上下电流程管理

图 3 示出了该款 PHEV 的 BMS 上电时序。由图 3 可知,在钥匙打到 key on 以后,BMS 上电初始化自检,检测 BMS 的软硬件状态、初始化 I/O 口状态、电池内部绝缘状态,检查 BMS 内存里面的故障记录信息等。若初始化自检没有错误, BMS 的内存里面没有 2 级以上的故障信息,且 BMS 初始化时间没有超过设定的阈值,则初始化成功, BMS 进入等待状态,等待 HCU 的上电请求。

HCU 初始化自检成功,整车状态正常,高压回路的所有 xCU 状态正确,没有节点报 2 级以上故障, HCU 检测 HVIL 回路连通,则 HCU 发送上电闭合继电器请求给 BMS, BMS 首先闭合主负继电器,然后

闭合预充电继电器, 电池进入预充电状态, 预充电继电器电气侧总电压开始上升, 在设定的时间内, 预充电继电器高压侧的电压超过动力电池组总电压的 90%, 继电器触电状态检测正确, 短路检测和绝缘检测正常, 则判定预充电成功, BMS 闭合主正继电器, 预充电继电器打开, 电池状态跳转到工作状态; 否则判定预充电过程失败, 主正继电器不能闭合, 预充电继电器打开, 电池状态进入预充电失败状态, 发送相应的故障等级给 HCU, 打开主负继电器。

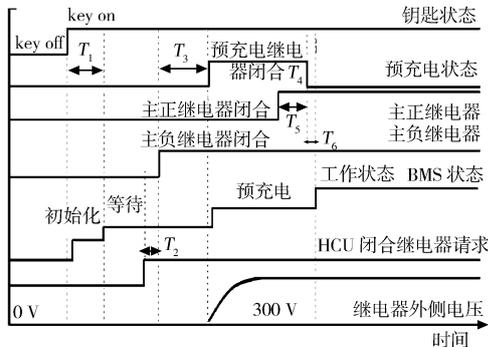


图 3 BMS 上电时序

图 4 示出了 BMS 的正常下电时序。BMS 的正常下电流程和上电流程相反, 当电池状态在工作状态或降功率状态时接到 HCU 断开继电器请求, 先在一个设定的时间等待驾驶员改变钥匙状态 (key off 重新变为 key on), HCU 会在规定的时间内将高压负载降为 0, 如果在设定的时间内没有等到 HCU 上电闭合继电器请求或 key on 的钥匙信号, 则进入下电流程, HCU 发送打开继电器指令, 主正继电器在没有高压负载的情况下先打开, 接着主负继电器打开, 电池状态依次进入断开继电器前的提示状态、断开继电器状态。在意外情况下, 需要紧急断开高压继电器时, 则主正继电器/主负继电器在有负载的情况下同时打开, 此时有可能会损坏主正/主负继电器或其他高压用电设备, 但此时保证驾乘人员的触电防护安全为第一目标。

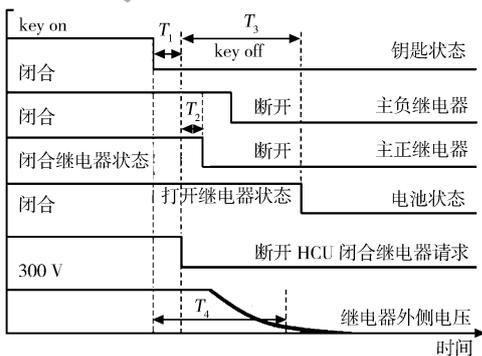


图 4 BMS 正常下电时序

2.4 BMS 的充电唤醒和退出流程

PHEV 是在不插入钥匙的情况下进行充电的车辆, 当车载充电机的充电接头插上时, 外接 220 V 交流电源接通, 充电机启动, 充电机的直流输入侧会给 BMS 和 HCU 提供 12 V 的直流电源唤醒 BMS 和 HCU, BMS 开始初始化自检, 在满足初始化条件的情况下, 电池进入等待状态, 在 HCU 自检没有错误并且 HVIL 回路连通的情况下, 发送闭合继电器请求给 BMS, 电池开始预充电过程, 若满足预充电完成条件, 主继电器闭合, BMS 发送允许充电指令和最大允许充电电流信息给充电机, 充电流程启动, 充电机开始充电。充电过程中的 BMS 设计要求见表 3。

表 3 PHEV 充电过程中的 BMS 设计要求

充电过程中的 NVH 要求	在满足充电过程散热要求的前提下, 动力电池系统和充电机的工作噪声严格控制在低噪声范围内
充电显示要求	充电过程中需要有充电指示灯或者充电显示装置提示充电状态和满电提醒
充电过程中的 SOC 修正和电池均衡	充电过程中需要对动力电池的 SOC 值进行校验, 减小 SOC 估算误差; 在动力电池充电至满电状态时, 可以启动均衡功能对单体电池进行均衡, 提高单体电池的一致性
给铅酸电池充电	充电过程中如果 12 V 的铅酸电池馈电, 则 DC/DC 启动给铅酸电池充电
充电至满电的退出流程要求	动力电池充电至满电状态后, BMS 发送停止充电请求给充电机停止充电, 在设定的时间内没有及时拔除充电装置, 则动力电池箱继电器断开, BMS 和充电机自动休眠

2.5 动力电池箱高压继电器触点检测方法

高压继电器触点检测是动力电池箱上下电安全设计的重要内容, 检测高压继电器的触点状态, 避免在高压继电器打开的情况下施加电气负载给高压回路, 以及在高压回路有较大的电气负载的情况下断开高压继电器。高压继电器的触点检测可以准确地发现继电器是否粘连, 防止在高压继电器粘连情况下的误操作损坏高压回路元器件, 同时合理操作高压继电器的动作(打开/闭合), 延长继电器的使用寿命。动力电池箱的高压继电器触点检测采用 4 点式方法检测(见图 5)。

由图 5 可见, 在主负继电器电池侧和电气负载侧布置有检测触点 1 和触点 2, 在主正继电器电池侧和电气负载侧布置有检测触点 3 和触点 4, 主正和主负继电器均选用具有辅助触点检测功能的高压继电器。高压上电之前, BMS 启动绝缘检测, 绝缘检测方法参考 GB/T 18384.1^[1]; BMS 接到上电指令后, 首先闭合主负继电器, 检测触点 1 和触点 2 的电压就可以判断主负继电器的状态; 进入预充电过程时检测触点 3 就可以判断预充电状态; 预充电

过程完成,闭合主正继电器,断开预充电继电器,检测触点3和触点4就可以判断主正继电器状态。该检测方法实现简单,而且可以避免电压检测和绝缘检测易发生耦合的问题。

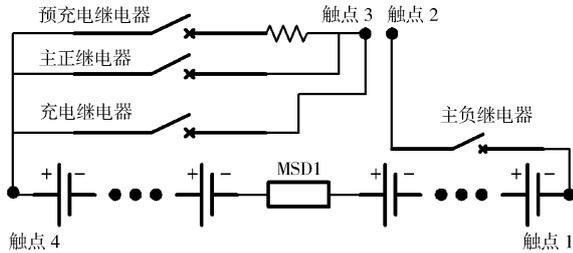


图5 高压继电器触点检测方法

2.6 SOC 动态校验方法

SOC 是 BMS 软件设计的一个重要内容, SOC 的估算精度会极大地影响电池的使用情况。SOC 的估算越准确, 电池的工作效率就越高, 同时还可以提高电池的使用寿命。该款 PHEV 车辆的 SOC 估算选用安时积分法+动态校验法。本研究主要介绍动态校验法。

SOC 动态校验法启动的条件:

- 1) $I \leq 2 A$;
- 2) 静置时间大于等于 30 s;
- 3) SOC 动态校验幅值小于等于 3%。

SOC 动态校验采用查表法, 查询的数据来自于试验得到的不同温度、不同放电倍率下的电池 SOC—OCV 曲线。图 6 示出了 SOC 动态校验算法的 Simulink 模型。

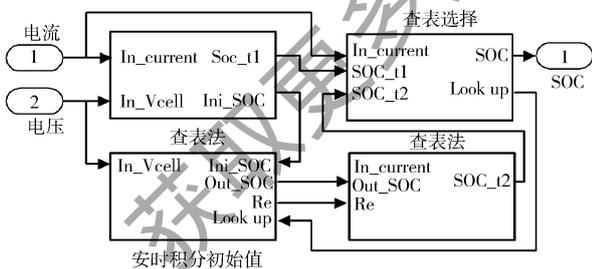


图6 SOC Simulink 动态校验模型

由于 SOC 的动态校验完成需要一定的时间(小于 6 min), 有可能会影响到车辆行驶, 因此, SOC 的动态校验启动多在 PHEV 上电即 key on 时、车辆怠速的情况下和外接充电时进行, 车辆行驶过程中禁止启动 SOC 的动态校验功能。电池系统的 SOC 动态校验程序必须在设定的时间内完成, 而且每次动态校验 SOC 值的跳变不允许超过 2%/s。

3 系统测试

为了验证设计的 PHEV 动力电池系统的有效性和可靠性, 需要在试验室和车载条件下进行测试, 以实际测量数据来验证设计的动力电池系统是否满足整车设计要求。

首先在 HIL 试验室进行验证, 将电池系统按照正常工作要求进行装配、连接或者通过模拟系统提供电池管理系统需要的监测电气信号, 将模拟控制信号通过 CAN oe 发送给电池系统, 测试电池系统的状态参数是否正确, 能否按照设计的要求执行相应的动作。其中 BMS 的功能设计和信号的输入/输出信号处理要求测试在 HIL 试验台上进行, BMS 的上/下电流程测试、充电唤醒和退出流程测试以及 SOC 动态校验测试实车进行。

3.1 BMS 的功能设计测试试验和 BMS 信号处理要求试验

BMS 的功能设计试验在 HIL 试验台测试, 测试结果表明, BMS 能够正确地按照输入的指令信号执行动作, 并且工作状态正确。

下面以电池的最高温度信号为例, 分析信号的输入/输出处理要求试验结果。图 7 示出了在 HIL 试验室测试的电池最高温度输入/输出信号的试验结果。HIL 试验在室温 17 °C 下进行, 试验开始设置 BMS 电池最高温度输入信号值为 17 °C, 在试验过程中, 人为将温度输入信号设置为 100 °C, 超过了 BMS 设置的温度信号 -40~88 °C 的温度范围, 因此, BMS 的电池最高温度输出信号采用了上一个时刻的正常值 17 °C 代替, 5 s 后输入的电池最高温度值仍然在设置的正常温度范围外, 因此, BMS 最高温度值由默认值 0 °C 替代, 同时对应的信号错误标示置为 1; 当输入电池最高温度信号值设置为正常值 17 °C, 大约 2 s 后, BMS 输出信号还原为输入的信号值 17 °C, 信号错误标示位置为 0。HIL 试验的结果符合设计要求。

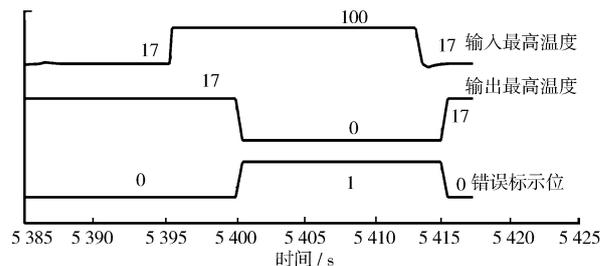


图7 最高温度输入/输出信号 HIL 试验结果

3.2 BMS 的上下电流程试验

BMS 的上电过程实车测试结果见图 8。将钥匙打到 key on 状态, BMS 开始上电初始化自检, 自检完成后 BMS 进入等待继电器闭合指令状态, 当 BMS 接到 HCU 发送闭合继电器指令后, 闭合预充电继电器, 进入预充电过程, 电机控制器等高压用电设备开始上高压, 当用电设备侧的高压达到 270 V, 预充电成功, 主正继电器闭合, 预充电继电器断开, 上电成功。

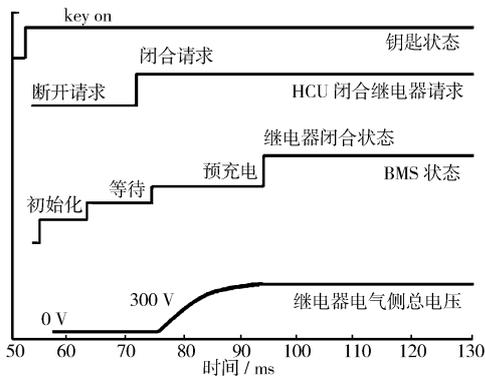


图 8 高压上电过程试验

图 9 示出了高压下电过程试验结果。试验中, key on 上高压电之后, key off, BMS 系统保持高压继电器闭合, 等待驾驶员改变动作指令, 等待 5 s 后, 如果钥匙状态没有打回到 key on, 则进入下电流程, HCU 发送断开继电器指令给 BMS 的同时, 发送高压放电指令给电机控制器进行放电, BMS 先跳到准备断开继电器状态, 然后迅速跳转到断开继电器状态, 电机控制器下高压电, 通过内部的放电电路逐渐放掉高压回路上的高压电, 整个放电过程持续约 4 s。

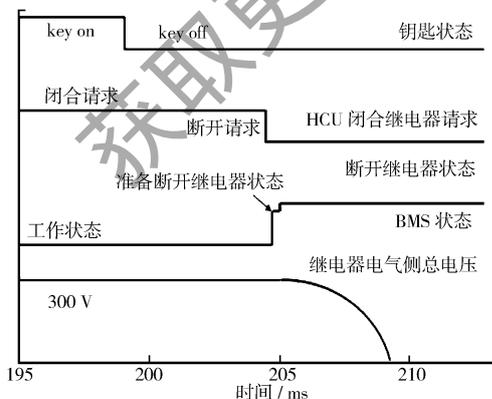


图 9 BMS 下电过程试验

3.3 BMS 的充电唤醒和退出流程试验

图 10 示出了 PHEV 的充电启动和退出试验结果。在 PHEV 车辆不插入钥匙, 初始 SOC 值为

99% 的室温条件下, 连接好测试设备 CAN oe 记录数据, 开始测试。选择初始 SOC 值为 99% 的目的是可以迅速充电至电池到满电状态, 可以较快地观察到 SOC 动态校验启动功能和充电退出流程。

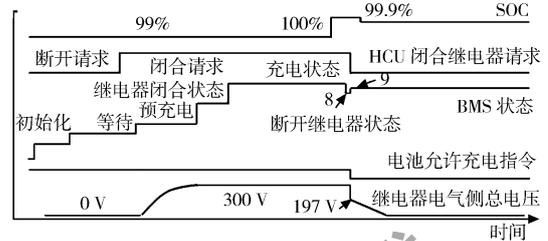


图 10 PHEV 充电启动和退出试验

当插入充电枪至 PHEV 的充电接口后, PHEV 启动充电流程, BMS 和 HCU 被唤醒, BMS 初始化完成进入等待状态, HCU 没有检测到任何故障并且 HVIL 回路连通后, 发送闭合继电器指令给 BMS, BMS 开始预充电流程, 满足预充电流程完成条件, BMS 状态进入工作状态, 然后迅速跳转到充电状态, 发送充电许可指令给充电机, 开始充电。HCU 唤醒充电指示设备, 显示充电状态。

充电至满电过程中, BMS 启动了 SOC 动态校验功能, 充电电流开始阶梯下降, 下降步长为 3 A, 充电至满电即 SOC 值为 100% 后, BMS 状态由充电状态先跳到 8 (准备断开继电器状态), 然后迅速跳到 9 (断开继电器状态), 间隔时间约为 20 ms, BMS 同时发送结束充电指令给充电机结束充电; HCU 随即发送断开继电器指令给 BMS, 在规定的时间内高压继电器断开 (约 13 ms), 继电器电气侧总电压迅速降至 197 V, 然后在大约 10 s 内总电压降为 0。整个充电过程完全符合前面的设计流程。

3.4 SOC 动态校验试验

通过实车试验得到的 SOC 计算值与在电池模拟器上实测得到的 SOC 值进行比对, 从而验证 SOC 值计算精度是否满足设计要求。

表 4 示出的是不开启动态校验功能并且始终不将动力电池充电至满电状态的情况下, 以 NEDC 循环工况为基本测试工况累计跑车 5 000 km 时, 测试 BMS 计算的 SOC 值累积误差与实测值的对比结果。由表 4 中的测试对比数据可知, 单纯靠安时积分法计算 SOC 值, 随着时间的累积, SOC 值会有较大的累积误差, 特别是在 SOC 计算值的低端和中间部分偏差较大, 这是因为选用的动力电池材料为磷酸铁锂电池, 在 SOC 值为 50% 的阶段开路电压曲线较平缓, 受电压检测精度的影响不容易精准地计算 SOC 值; 同

时电池在较低的 SOC 值阶段,开路电压曲线降低过快,计算的 SOC 值也很难有较高的精度。在 SOC 值较高的范围区间,由于电压曲线较陡,计算得到的 SOC 值反而相对较为准确。SOC 值计算不准确会严重影响电池的工作效率和使用寿命。

表 4 不同条件下 SOC 值计算值和实测值对比
(没有动态校验修正)

实测值/%	计算值/%	偏差/%
15.4	30	14.6
22.5	40	17.5
31.9	50	18.1
49.8	60	10.2
62.5	70	7.5
74.3	80	5.7
84.5	90	5.5

此外,动力电池的 SOC 累积误差的产生还来源于两个客观因素:批量生产的单体电池容量不可能完全一致,即统一规格测试得到的电池容量不完全一致,这样使用同一个标称容量计算得到的 SOC 值就会存在偏差,随着计算时间的增加,累积误差越来越大;另外一个因素就是动力电池本身是一个化学物品,多次循环使用后,电池的容量会逐渐衰减,同时开路电压曲线也会逐渐发生变化,因此随着时间的累积,SOC 计算值偏差就会越来越大,这个时候需要动态校验 SOC 计算值并尽量修正到可以接受的准确值的水平,这对于 HEV 和 PHEV 车辆尤其重要。

加入了 SOC 动态校验功能后,允许每次将动力电池充电至满电并启动 SOC 校准功能,重复同样的试验工况进行 SOC 计算值对比测试。表 5 的数据表明,在 SOC 较高值范围区间,启动充电满电校准功能后,SOC 计算值精度明显提高,在 SOC 值为 50%阶段和 SOC 较低区间,SOC 计算误差也可以控制在较小的范围,不超过 5%,动态校验效果明显。

表 5 不同条件下 SOC 值计算值和实测值对比
(有动态校验修正)

实测值/%	计算值/%	偏差/%
26.0%	30%	4.0
35.0	40	5
46.0	50	4
57.5	60	2.5
68.7	70	1.3
77.3	80	2.7
88.5	90	1.5

3.5 BMS 的绝缘阻值计算方法验证

PHEV 车辆状态完全恢复至正常工作状态,将高压回路中纯电动空调的直流输入端高压接插件负极连线引出,引线上连接一个阻值为 24.8 kΩ 的电阻(小于 30 kΩ 即判定绝缘故障),然后短接到车身地线进行测试,如果 BMS 可以准确检测到测试的电阻值,就可以判定为绝缘故障。整车的 OBD 口连接 CAN oe 记录整车 CAN 信息,将钥匙打到 key on,记录数据,开始测试。

由图 11 的测试结果可知,当高压空调直流侧高压接插件负极短接到车身地线以后,将钥匙打到 key on 上电,在继电器闭合之前,BMS 仅能检测电池箱内部的绝缘状态,无法检测整个高压回路的绝缘状态,因此 BMS 自检通过,HVIL 回路连通,进入到等待状态;在预充电过程中,预充电继电器闭合,BMS 开始检测整个高压回路的绝缘状态,检测到高压回路存在绝缘阻值过低的问题后,连续 16 次判断绝缘阻值为过低情况后,判定为绝缘故障,断开继电器,发送对应的故障等级,BMS 状态跳转到断开继电器状态,HCU 随后发出打开继电器指令,继电器电气侧总电压升至最高点 146 V 后开始下降,最后在规定的时间内(小于 5 s)内降为 0 V,设计测试结果满足 GB/T 19751 的要求^[12]。

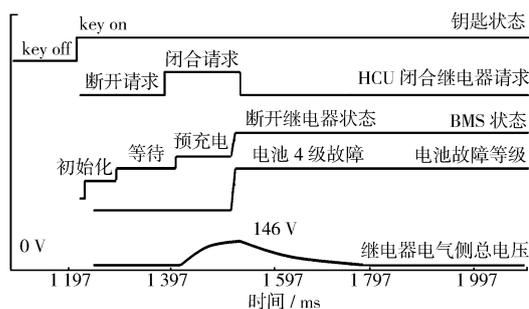


图 11 负极短接上电绝缘状态检测结果

在同样的测试条件下,先将钥匙打到 key on 状态上电后,然后将高压回路中纯电动空调的直流输入端高压接插件负极连线连接 24.8 kΩ 的电阻短接到车身地线,一段时间后(小于 300 ms),BMS 检测到绝缘故障,16 次判断绝缘阻值为过低情况后,判定为绝缘故障,断开继电器,发送对应的故障等级,BMS 状态跳转到断开继电器状态,HCU 随后发出打开继电器指令,继电器电气侧总电压由 300 V 开始下降,在规定的时间内(小于 5 s)降为 0 V(见图 12)。

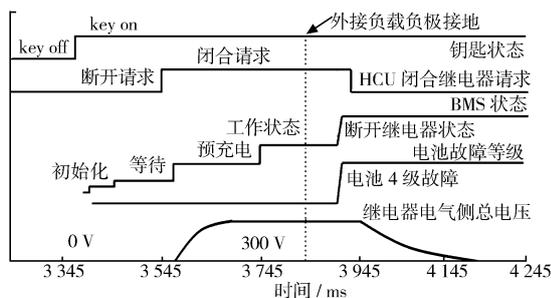


图 12 上电后负极短接绝缘状态检测结果

图 11 和图 12 的试验结果完全符合设计要求。综上所述, 该款 PHEV 的 BMS 设计均满足设计要求。

4 结束语

对国内某款 PHEV 的电池管理系统进行了研究, 针对 PHEV 的使用特点和安全法规要求, 设计了符合 PHEV 的 BMS, 包括绝缘检测功能设计、BMS 信号的输入/输出信号处理设计、上下电流程管理设计、充电的唤醒与退出流程设计、电池箱内部高压继电器的触点检测设计和 SOC 动态校验方法设计。在 HIL 试验室进行了仿真验证, 在实车上进行了实际的路试测试验证。验证的结果表明, 设计的 PHEV 用 BMS 上下电流程设计和充电启动及退出流程安全可靠, 执行动作合理, 电池工作状态正确; BMS 的 SOC 动态校验功能校验效果明显, SOC 计算值误差在 5% 以内; 绝缘状态检测功能判断准确。HIL 试验室和实车验证结果表明, 该款 PHEV 的 BMS 具有良好的抗干扰性, 工作状态良好, 满足设计要求。本研究对 PHEV 车辆 BMS 的设计具有一定的参考意义。

参考文献:

- [1] 陈清泉, 孙逢春, 祝嘉光. 现代电动汽车技术[M]. 北京: 北京理工大学出版社, 2002.
- [2] 节能与新能源汽车产业发展规划(2012—2020 年)[R]. 国务院, 国发(2012) 22 号, 2012.
- [3] 私人购买新能源汽车试点财政补助资金管理暂行办法暂行规定[EB/OL]. [2013-01-16]. www.mof.gov.cn.
- [4] Xingfeng Fu, Sijia Zhou, Yingjun Zheng, et al. Study on Drive Battery High Voltage safety system for Hybrid Electric Vehicle[C]//FISITA 2012 World Automotive Congress. Beijing: BEIJING INSTITUTE OF PRESS, 2012; F2012-B04-002.
- [5] 南金瑞, 孙逢春, 王建群. 纯电动汽车电池管理系统的设计及应用[J]. 清华大学学报: 自然科学版, 2007, 47(增 2): 1831-1834.
- [6] 张鑫, 马兹林, 冒晓建, 等. 混合动力车用蓄电池管理系统设计与研究[J]. 车用发动机, 2010(6): 46-49.
- [7] 黄勤, 严贺彪, 凌睿. 串联锂电池组无损均衡管理方案设计与实现[J]. 计算机工程, 2011, 37(12): 225-229.
- [8] 李哲, 卢兰光, 欧阳明高. 提高安时积分法估算电池 SOC 精度的方法比较[J]. 清华大学学报: 自然科学版, 2010, 50(8): 1293-1296.
- [9] 裴晟, 陈全世, 林成涛. 基于支持向量回归的电池 SOC 估计方法研究[J]. 电源技术, 2006(3): 242-246.
- [10] 刘晓康, 詹琼华, 何葵, 等. 电动汽车用电池管理系统的研究[J]. 华中科技大学学报: 自然科学版, 2007, 35(8): 83-86.
- [11] 中国汽车技术研究中心, 清华大学, 东风汽车电动车辆有限公司. GB 18384.1—2001 电动汽车安全要求第 1 部分: 车载储能装置[S]. 北京: 中国标准出版社, 2001.
- [12] 中国汽车技术研究中心, 清华大学, 东风汽车电动车辆有限公司. GB/T 19751—2005 混合动力电动汽车安全要求[S]. 北京: 中国标准出版社, 2005.

Design and Experiment of Battery Management System for Plug-in Hybrid Electric Vehicle

FU Xing-feng¹, ZHOU Si-jia², ZHAO Xiao-kun¹, ZHAI Yan-xia¹

(1. Guangzhou Automobile Group Co., Ltd., Automotive Engineering Institute, Guangzhou 501640, China;

2. Wenzhou University, Wenzhou 325035, China)

Abstract: The battery management system of a PHEV was analyzed and designed. The SOC dynamic calculation, signal processing, charging process of BMS waking up and sleep mode, and relay auxiliary contact monitor were studied and verified by the laboratory and vehicle test. The test results show that the designed SOC battery management system of PHEV features in accurate dynamic calculation, reliable monitoring of insulation state, reasonable charging process and high anti-interference ability and can meet the requirement of vehicle design.

Key words: plug-in hybrid electric vehicle(PHEV); battery management system (BMS); software development

[编辑: 姜晓博]