

Design of SOC Correct Module for Lithium Iron Phosphate Battery

Zuncheng Li Ting Xu Chen Lu Zhongzheng Qin Bin Li

SAIC GM Wuling Automobile Co., Ltd., Liuzhou, Guangxi, 545007, China

Abstract

Due to its high safety and obvious cost advantages, lithium iron phosphate battery has gradually become the first choice of OEMs. However, ascribe to the chemical characteristics, lithium iron phosphate battery has a significant voltage platform, which puts forward higher requirements for the design of SOC corrected module in BMS. In this paper, a SOC corrected method based on Ampere-hour integral is proposed, and the modular program is designed by Simulink, which is verified on the vehicle.

Keywords

lithium iron phosphate battery; SOC correction; Simulink

磷酸铁锂电池 SOC 修正软件模块设计

李尊成 徐婷 卢晨 覃中正 李彬

上汽通用五菱汽车股份有限公司技术中心, 中国 · 广西 柳州 545007

摘 要

磷酸铁锂电池因其安全性高、成本优势明显, 现逐渐成为各家主机厂首选方案。但磷酸铁锂电池由于其化学特性, 对其 BMS 软件中 SOC 修正模块设计提出较高要求。论文提出一种基于安时积分估算 SOC 的修正方法, 并采用 Simulink 进行模块化程序设计, 并在实车上对其进行验证。

关键词

磷酸铁锂电池; SOC 修正; Simulink

1 引言

近年来, 由于 CTP (Cell to Pack)、刀片电池等技术的应用推广, 磷酸铁锂电池的能量密度迎来技术突破, 已能够满足主机厂对于续航、尺寸、重量的综合要求, 每度电成本仅是三元锂电池的 90% 左右。此外, 近期搭载三元电池的电动汽车自燃事件频发, 安全性在民众认知中成为电动汽车的一大痛点, 故化学性质更稳定、安全性更高的铁锂电池逐渐成为各家主机厂的首选。

与燃油车的油量液位不同, 锂电池的荷电状态 (SOC) 代表电池此时的化学状态, 无法直接测量得到。目前, 锂电池的 SOC 算法主要有安时积分法、卡尔曼滤波法、神经网络法等^[1]。卡尔曼滤波法与神经网络法虽然算法精度高、稳定性好, 但运算复杂, 对硬件的要求较高, 研发投入大, 故目前市面仍以安时积分法为主流对锂电池的 SOC 进行计算, 其表达式为:

$$\text{SOC}(t) = \text{SOC}(t_0) - \frac{1}{C_N} \int_{t_0}^t I(t) dt \quad (1)$$

式中: $\text{SOC}(t_0)$ 为电池的初始荷电状态, C_N 为额定容量, I 为电流^[2]。

安时积分受制于硬件采样精度, 需要制定一定的策略进行修正, 并且现在市场竞争激烈, 各主机厂为满足多样化市场需求, 新产品研发周期短, BMS 软件开发还需要尽可能兼容各类电芯, 各种平台方案, 其策略制定及软件架构的搭建就显得尤为重要^[1]。

2 算法设计

2.1 剩余可用容量

如果将初始荷电状态 $\text{SOC}(t_0)$ 定义为 100%, 即额定容量就为电池可用容量, 用 C_R 表示电池的剩余可用容量, 其表达式为:

$$C_R(t) = C_N - \int_{t_0}^t I(t) dt \quad (2)$$

将其带入式 (1) 中, 得:

$$\text{SOC}(t) = \frac{C_R}{C_N} \quad (3)$$

【作者简介】李尊成 (1997-), 中国广西钦州人, 本科, 助理工程师, 从事电池管理系统软件研究。

故 SOC 值本质上就是剩余可用容量 CR 与额定容量 CN 的比值, SOC 的估算就是剩余可用容量的估算。

2.2 开路电压

国标中锂电池的容量测试就是规定其充电截止电压和放电截止电压,在某一温度下,先将电池充电至充电截止电压,再恒流放电至放电截止电压,放电电流与时间的积分就是电池的可用容量。图 1 是某磷酸铁锂电池在不同温度下的放电曲线,可以看出可用容量与电池电压存在对应关系,随着电池放出的容量越多,电压在逐渐下降,最终到达截止电压并停止放电。由于动态下锂电池的电压随着放电倍率不同会被不同程度的拉低,放电静置后电压又会一定程度的回升,行业内一般采用静态下的开路电压(OCV)来对锂电池的剩余容量进行表征。

低温一直是影响动力电池放电性能的重要因素,这是因为锂电池在低温下活性降低,化学反应迟滞。从图 1 也可看出,放电至相同电压时温度越低可放出的容量越少。表现在用户端,如果低温时仍仅用开路电压来进行 SOC 估算,可能会在高 SOC 时提前触发欠压保护,所以在建模时还需引入温度因素^[2]。

将温度和电压作为输入变量,通过试验建立三维模型导入 BMS 软件中,如图 2 所示,在满足进入校准的策略条件后查找对应当前温度、单体电压的值,对 SOC 进行校准估算。

但磷酸铁锂电池存在一个缺点,可以从图 1 上看到,其充放电 OCV 曲线较为平坦,可区分度低^[3],再加上采集精度、温度极化的影响,当磷酸铁锂电池的 OCV 处于平台区时,通过开路电压无法准确估算其 SOC,故磷酸铁锂电池的 SOC 校准区间只有 0%~20%、95%~100%,需要设计合理的策略以保证 SOC 校准的精度。

2.3 容量保持率

上文所述低温对锂电池放电能力的影响还需考虑到额定容量 CN ,并且锂电池在长时间充放电使用过后寿命也会有一定程度的衰减,都表现为实际总体可用容量 CNL 远无法达到额定容量 CN 。

CN 是由试验测出的固定值,温度衰减针对不同温度点和寿命衰减针对不同循环次数的结果也相对固定,所以仅需引入一个物理量表示其衰减程度即可,行业内一般用容量保持率 η_{con} ,表达式为:

$$\eta_{con} = \frac{C_{NL}}{C_N} \quad (4)$$

将温度和循环次数作为变量输入,通过试验测得不同温度、循环次数的容量保持率进行计算,即可对额定容量进行实时调整。

2.4 动态修正因子

上述参数都只能在静态条件下估算 SOC,由于电化学极化的影响,放电倍率越大,电池电压被拉得越低,如图 3 的试验结果所示。

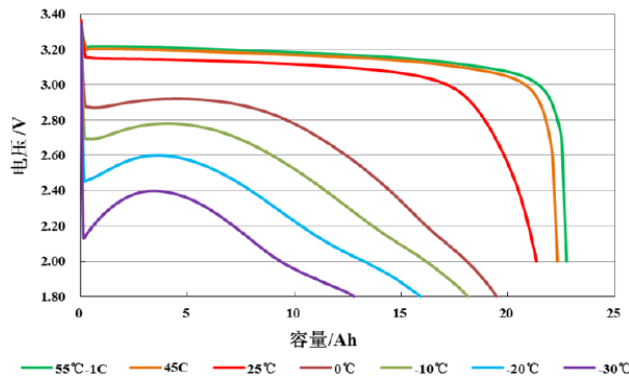


图 1 某磷酸铁锂电池不同温度下放电曲线

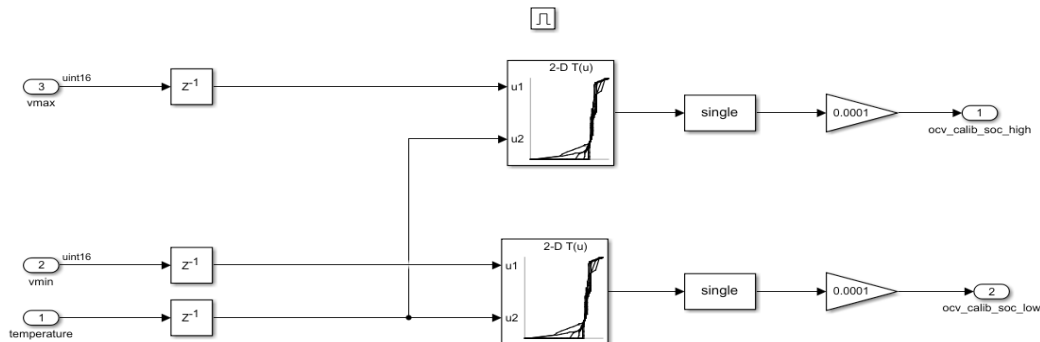


图 2 开路电压-温度-SOC 计算 BMS 软件模型示意

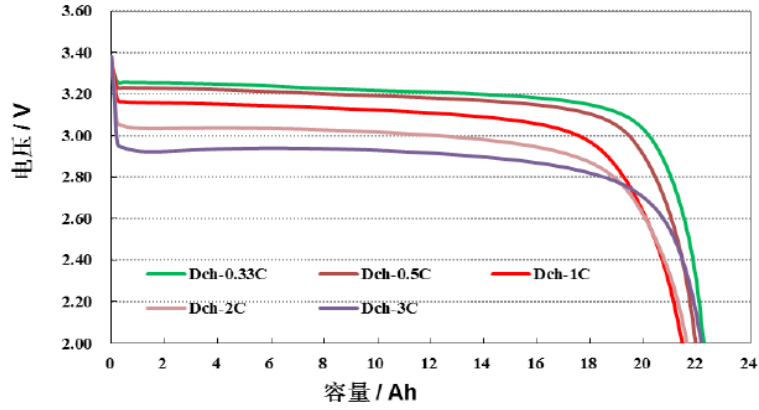


图3 某磷酸铁锂电池不同倍率下放电曲线

理论上不考虑温升,放电倍率越大电芯的极化越明显,放出来的容量越低,且若是在放电末端,大倍率放电更容易触发BMS设置的欠压保护阈值,导致放电提前结束,故这里引入动态修正因子 λ 来抵消因电池电压动态变化带来的影响:

$$\lambda = \frac{\int_0^{SOC} v_{OCV} dSOC}{\int_0^1 v_{OCV} dSOC} \quad (5)$$

式中, SOC 范围为0~1, v_{OCV} 为电池的开路电压。从式中可以看出,直接受 OCV 的影响,上文也提到 OCV 受 SOC 和温度的影响,可基于此搭建三维数据模型写入软件中。

3 结论

论文从4个方面阐述了SOC估算模块算法设计及模型

搭建。随着今年能源危机,汽油价格不断上涨,且中国对新能源汽车的补贴及免税政策,以及相关配套基础设施的不断完善,新能源汽车的市场渗透率不断增长,合理且准确的SOC估算策略可使动力电池充放电过程保持在合理使用区间内,提高BMS能量管理准确度,并可准确提示用户规划行程安排,提升用户用车体验,进一步增强车企产品核心竞争力。

参考文献

- [1] 程琳瑞,叶芯榕,程桂石,等.锂电池SOC算法的研究进展[J].蓄电池,2021,58(5):230-233+245.
- [2] 李昆,赵理,赵博阳,等.基于频繁项统计的流-安时积分SOC估计方法[J].重庆理工大学学报:自然科学,2022,36(3):9.
- [3] 陈涛.一种BMS对磷酸铁锂SOC修正策略设计[J].电工技术,2020(20):39-41.