

基于 Simulink 的三元动力锂电池建模与仿真研究

朱黎

云南能源职业技术学院

DOI:10.12238/jsse.v3i2.13471

[摘要] 为了研究三元动力锂电池的相关自身特性,推动新型动力能源在多模块领域的发展应用。对三元动力锂电池进行二阶RC等效电路模型建模仿真研究,以此估测相关电池性能。结合三元动力锂电池实验室脉冲充放电实验,用安时积分法对电池的荷电状态进行估测计算,并对所建模型的参数利用RLS算法进行参数辨识,得出理论测试数据。于Matlab/Simulink软件中进行建模与仿真,模型仿真结果表明,与实际的数据测试值相比,该模型的误差能控制在较小范围内,精度较高,能够为三元动力锂电池的相关特性数据研究分析提供一些基础性的意义,从而帮助新型能源的发展。

[关键词] 三元动力锂电池; 等效电路模型; 模型仿真

中图分类号: TM912 **文献标识码:** A

Research on Modeling and Simulation of Ternary Lithium-Ion Battery Based on Simulink

Li Zhu

Yunnan Energy Vocational and Technical College

[Abstract] To investigate the intrinsic characteristics of ternary lithium-ion power batteries and promote the development and application of new energy sources in multi-module fields, this study conducts second-order RC equivalent circuit model simulation research on ternary lithium-ion power batteries to estimate their performance. Combining laboratory pulse charge-discharge experiments with ternary lithium-ion power batteries, the State of Charge (SOC) is estimated using the Ampere-hour integration method. The parameters of the established model are identified using the Recursive Least Squares (RLS) algorithm, yielding theoretical test data. The modeling and simulation are performed in Matlab/Simulink software. Simulation results indicate that the error between the model and actual test values can be controlled within a small range, demonstrating high precision. This provides foundational significance for the analysis of relevant characteristic data of ternary lithium-ion power batteries, thereby aiding the development of new energy sources.

[Key words] ternary lithium-ion power battery; equivalent circuit model; model simulation

1 前言

伴随着经济全球化和环境形势的改变,国内外对于新能源的开发和优化的投入越来越高,也越来越重视该领域的发展。凭借着能量储存率高、使用寿命长等优点,锂离子电池逐渐成为新一代的主要电池体系。目前我国百分之九十以上锂离子电池为液态锂离子电池^[1]。根据生活需要,锂离子电池开始向动力电池发展,广泛应用于电动交通运输工具中。随着使用领域的需求越来越大,硬件设备的特性要求越来越高,动力电池的研发也是不断地在进步。

为了防止电池内的不利电压分布和差异老化,在热失控的测量技术上,Grandjean T等学者对容量为20A·h的磷酸铁锂电池的热特性进行仿真模拟研究,研究表明在大倍率放电状态下,电池内部温度与表面温度之间温差最大可达20摄氏度,只是测

量电池表面温度,不能具体反映出锂离子电池的真实状态^[1]。我国的朱聪、李星虎等人设计了电池产热率模型,并对该模型不同放电率和SOC产热速率进行仿真。王峰、李茂德等人根据产生机理,对不同类锂离子产热量进行了计算,同时模拟不充放电倍率下的电池温度场分布,为研究电池温升效应和散热系统的结构设计提供了重要依据^[2]。

2 三元动力锂电池参数辨识

2.1 模型确定

建立精确合理的三元动力锂电池模型对于研究的过程和结果尤为重要。一般来说,对于描述动力锂电池而言,选择采用的模型要能够准确的定位出动力电池的动静态特性,而且最好能够让模型的复杂程度最低化,容易计算和理解,在实际的操作和实践中实行起来简单可行又不失精确程度。因此通过综合分析

考虑,选择利用二阶RC等效电路模型对三元动力锂电池进行建模研究。

2.2 SOC估计

对于三元动力锂电池建模研究分析,存在一项重要工作需要严谨进行,即进行电池荷电状态SOC值的估计。电池是由电池管理系统来进行控制,那么相对精准的SOC估计值能起到更好研究提高电池管理系统的控制效率的作用,进而扩大化研究分析提升三元动力锂电池运用于的交通设备的续驶里程。SOC在此内又可定义为可充电电池目前内部最大的可充电电量百分比。对于动力锂电池SOC的估计,现如今世界上提出了许多种方法,但是真正实用而且得到推广且误差范围小精度高的并不多。主要有卡尔曼滤波法、开路电压法、安时积分法^[3]等。

安时积分法是最简单的SOC估计方法,因此在对三元动力锂电池的荷电状态研究过程中,选择了安时积分法对动力锂电池的荷电状态SOC进行状态估计。在实际硬件应用中,尽管安时积分法会有噪声的误差影响,但其他方法工作量大且算法高级,难以实现,所以在实际硬件环境下主要还是以安时积分法来进行估算为主^[4]。

2.3 模型参数的辨识

模型的参数辨识, 其实就是一种将所构建模型的理论特性和其对应的实验数据相结合, 然后用于各项参数数值预测的一种技术手段。通过具体的测试计算, 如果能够在建立的二阶RC等效电路模型中也能计算得出相差不大的结果, 那么就可以认为此模型对于三元动力锂电池的相关特性研究具有较高的可信程度, 如果不能, 那说明此模型难以用于三元动力锂电池的相关特性研究^[5]。

3 基于Simulink的模型建立与仿真

3.1 模块搭载及建立

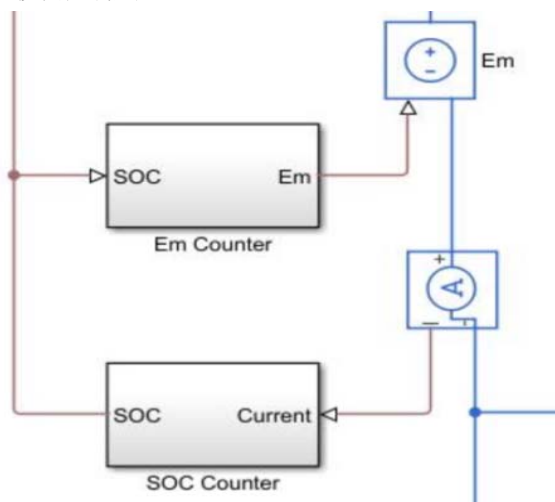


图2-1 电池模型SOC测试计算模块搭建设计

在此,对于三元动力锂电池的建模同样利用Simulink软件进行建模与仿真研究分析。选择利用Simulink软件库中的Simscape物理建模模块,将二阶RC等效电路模型各部分的电路设计于软件中进行模块搭建。

首先是电池模型SOC测试计算模块。设计一个受控电压源Em,并在其受控端连接一个用于电压源的Em Counter子模块,作为受控电压源的子模块,其内包含了电池电源的电动势随着电池荷电状态SOC的变化所取的不同数值表示。然后在电压源的负级端连接了一个电流表,电流表将整个电路模型中的电流信息数值大小和对应时刻的状态传送到SOC测试计算模块,然后由电池SOC的计算模块计算出当前时刻对应状态下动力锂电池的SOC值^[6]。

当电流数值传达后,对其相应时刻的状态进行积分,而后除去电池的总电量,再与初始时刻的SOC0值做一个累加,并设置一个饱和上下限,即可得出当前任意时刻状态下的电池SOC值。

在电池模型SOC模块搭建完毕后,接着就是两个RC电路模块以及内阻模块电路的建立。因二阶RC等效电路中各参数都是实时变化的,所以需要建立的是一个精确的动态参数模型。对于RC电路模块,采用可变电阻电容的设计,并相应的为其连接上一个查表模块,则可以随时表示出其参数的动态变化。内阻模块设计同样如此。

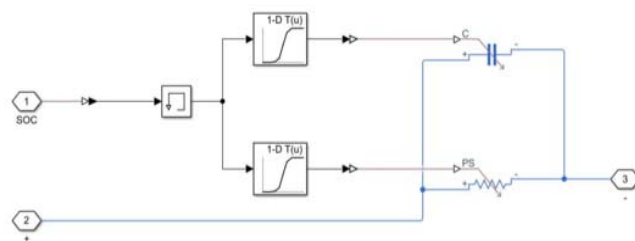


图2-2 电池模型RC电路搭建图

搭建完SOC计算模块和RC电路模块及内阻模块后,最后就是电池电流的输入以及电压输出模块建立。电流通过一个受控电流源进行控制输入,在最后用一个电压传感器将电压输出予以表示^[7]。

3.2 仿真数据配入

在搭建完善的二阶RC等效电路模型后,为了验证该模型的精确性,并确定该模型能否为三元动力锂电池的相关特性研究带来实质性的意义,需要对模型的参数与实验测试值进行对比验证。

对所构建的二阶RC等效电路模型,选择将同样的电流值在对应时段导入模型,通过电压的对应仿真情况与实验测量值相比较,以此来验证模型的准确性。将对应的相关数据导入后,进行一波细小的调试,准备进行模型的端电压仿真实验验证。

3.3 仿真运行现象及结果分析

通过现象可以分析得知: 在相同的电流输入和时间轴情况下, 电压的脉冲偏差在开始的瞬时突变相对较大, 猜测应该是由负载电流在此时也发生瞬变所导致, 但最大的偏差误差也为超过5%。而后在其静置时间段, 电压脉冲偏差趋于平稳, 可以得知三元动力锂电池的电压具有回弹特性。最后在停止放电的瞬间, 电池的端电压又发生缓慢上升现象, 最后趋于稳定。

通过模型仿真分析实验结论验证, 基于Simulink所搭建的

三元动力锂电池二阶RC等效电路模型还算相对精确,能将误差控制在5%以内,因此可以作为三元动力锂电池相关特性研究的基础分析模型。

4 结论

对所建模型进行了数据配入和匹配调试,进行模型的仿真运行,得出对应的参数变化现象及结论,与理论的计算值所对应比较,得出所建模型的分析结果为:对三元动力锂电池进行充放电实验所测试得出的具体数据,采用二阶RC等效电路模型来进行相关数据的研究,为了验证其模型精度,便对模型各参数进行实验验证。在Simulink软件所建模型中以同样的电流作为输入,并且设置和实验一样的仿真时间,从而得到模型的电压测试估计结果。从现象来看,通过Simscape模块建立出来的二阶RC等效电路模型,在相同的电流输入情况下,电压脉冲偏差在开始和短瞬的突变时段比较大,分析可能主要是由于此时间段电流发生瞬变变化所导致的电压突变,但经过测算最大的偏差没有超过5%。而后在电池的静置时间段,电压起伏小,变得较为平稳。停止放电瞬间,电压缓慢上升,而后趋于稳定。由此可知,通过Simscape模块所建立的二阶RC等效电路模型还算相对精确,能

够为三元动力锂电池的相关特性分析提供一些基础。

[参考文献]

- [1]廖正海,张国强.锂离子电池热失控早期预警研究进展[J].电工电能新技术,2019,38(10):61-66.
- [2]许建青.锂离子动力电池热状态研究[D].浙江大学,2016.
- [3]费亚龙,谢长君,汤泽波.基于平方根无迹卡尔曼滤波的锂电池状态估计[J].中国电机工程学报,2017,37(15):17.
- [4]陈洋.基于电芯内部温度实时估算的BMS温控策略分析[D].吉林大学,2018.
- [5]杨志平.车用锂离子动力电池荷电状态和功率状态的多尺度联合估计研究[D].南昌大学,2019.
- [6]邵永明.光储微电网的稳定控制研究[D].河北工业大学,2016.
- [7]徐封杰.基于电感的电池主动均衡研究[D].合肥工业大学,2018.

作者简介:

朱黎(1982—),男,汉族,云南省富源县人,电力工程,硕士,高校讲师,研究方向:新能源发电技术,电力电子技术。