

基于 Veristand 的电动客车 BMS 硬件在环测试平台设计

邵玉龙, 游祥龙, 李 龙, 高万兵, 赵宇斌, 郑俊江

(郑州宇通客车股份有限公司, 郑州 450016)

摘 要: 基于 Veristand 软件设计一个通用的电动客车电池管理系统(BMS)的硬件在环测试平台,用于 BMS 的功能检测和故障发现。

关键词: Veristand; 电池管理系统; 硬件在环; 电动客车

中图分类号: U469.72; U463.6

文献标志码: B

文章编号: 1006-3331(2020)02-0056-03

Design of Hardware in Loop Test Platform for Electric Bus BMS Based on Veristand

SHAO Yulong, YOU Xianglong, LI Long, GAO Wanbing, ZHAO Yubin, ZHENG Junjiang

(Zhengzhou Yutong Bus Co., Ltd., Zhengzhou 450016, China)

Abstract: A universal hardware in the loop test platform for battery management system (BMS) of electric buses is designed based on Veristand software, which is used for function test and fault detection of BMS.

Key words: Veristand; BMS; hardware in the loop; electric bus

DOI:10.15917/j.cnki.1006-3331.2020.02.018

电池管理系统(BMS)作为电动客车电池系统的重要组成部分,对电池的安全使用和寿命延长具有重要作用^[1]。BMS 功能复杂,怎样进行全面快速地检测是一个问题,现有的 BMS 测试系统通常是为一款 BMS 设计的,通用的 BMS 检测系统不多^[2-3]。本文基于 Veristand 设计了一个通用性强的电动客车 BMS 的硬件在环测试系统。整个系统既可以手动控制,也可以自动运行;可以模拟放电工况,也可以模拟充电等工况;能快速验证 BMS 的功能并发现故障,缩短开发周期。

1 BMS 硬件在环系统设计

1.1 设计思路

BMS 的开发和测试可采用虚实结合的 V 形开发流程,其中硬件在环(HiL)测试技术对 BMS 的设计和开发具有重要意义^[4]。采用 HiL 测试可以加快产品的开发速度。在 HiL 测试系统中,只有待测 BMS 是物理实物,驾驶员、电池组、传动系统等都是仿真模型,仿真模型在实时系统中运行,通过不同的工况来模拟实车环境,实现测试环境由软件控制,避免实际测试环境中的危险工况(比如过压、过流),实现对 BMS 多

角度全方位的测试^[5-8]。

现有的 HiL 设备通常以单项测试或专用测试为主。车型较多,且电池箱布置各异,造成了实际的 BMS 种类繁多。因此,设计一种可以满足多种 BMS 测试需求的 HiL 台架具有重要意义。由于待测 BMS 的从控制器是采用集成芯片(LTC6811),其采样代码是经过芯片厂家测试的,并已经固化在芯片中。因此,BMS 设计者开发的程序主要集中在 BMS 主控制器上。为了降低成本,并提高测试系统的通用性,本文将从控制器的功能也通过软件来仿真,测试系统仅对 BMS 主控制器进行测试。设计思路如下:

首先建立 Simulink 电池模型、主动均衡模型、动力系统模型,配置输入输出接口;其次利用 Matlab 自动代码生成工具,将仿真模型转换成 C 语言,再通过 NIVeriStand.tlc 编译器编译成 .dll 文件;然后将 .dll 文件导入到 Veristand 仿真环境中;最后利用操作界面实时在线监控运行任务并与之交互,对 BMS 产品进行全面、准确的测试,及早发现缺陷并改进,确保 BMS 产品的安全、稳定、可靠。

1.2 实时仿真平台硬件设计

应用 NI PXIe 硬件在环测试平台搭建 BMS 的

作者简介:邵玉龙(1989—),男,博士;工程师;主要从事新能源汽车和电池管理系统的研究工作。

HiL 系统。硬件在环测试平台的实验设备有: PXIe-8135、Think Pad T430、CAN 板卡、数字量 I/O 板卡、模拟量 I/O 板卡等。

图 1 是本文所设计的 BMS 主控硬件在环测试架构。Veristand 软件运行在上位机中,设计相应的监控界面;在仿真配置阶段,通过 Veristand 中 System Explorer 工具添加 Simulink 电池组模型以及均衡模型,加载 CAN 通讯所用 DBC 文件,此外还需要使用 mapping 工具配置 CAN 通道和 IO 通道。仿真阶段,NI 实时仿真系统一方面实时计算电池的工作状态,并输出相应的电压、电流供 BMS 采集,另一方面与上位机的 Veristand 监控平台交换信息;NI 实时仿真系统接收 BMS 主控制器发送的均衡指令后,命令主动均衡模块进行单体的能量均衡工作;工控机通过 CAN 板卡将单体的状态信息发送给 BMS 主控制器,供 BMS 采集。此外,通过监控界面更改模型参数可以模拟 BMS 在实车上的多种工况,比如电池过压、过温等,然后对比 BMS 估算的电池状态信息与期望值的差异,从而对 BMS 进行评价。

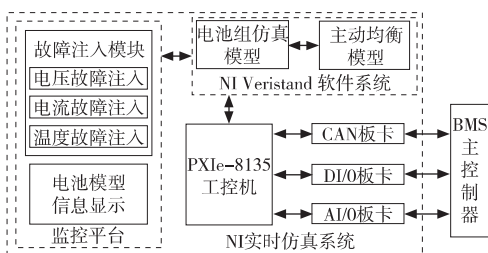


图 1 BMS 主控硬件在环系统架构

1.3 HiL 软件模型设计

HiL 仿真测试台架的电池模型使用 Matlab/Simulink 2015a 编写,模型转换代码的工具采用 Visual Studio 2010,模型运行和控制程序使用 NI Veristand 2017。所创建的电池组模型如图 2 所示,图中的输入输出端口是 NI Veristand 专用接口,用于同监控平台硬件板卡通讯,其中输入端口 1 是负载需求电流,输出端口 1 是电池组电压,输出端口 2 是测量到的电池组电流;图中电池仿真 Pack 模块的模型输入量包括环境温度和回路电流,通过 NI Veristand in 端口来传入数据;模型的输出量是电池,通过 NI Veristand out 端口输出到模拟板卡进行仿真。

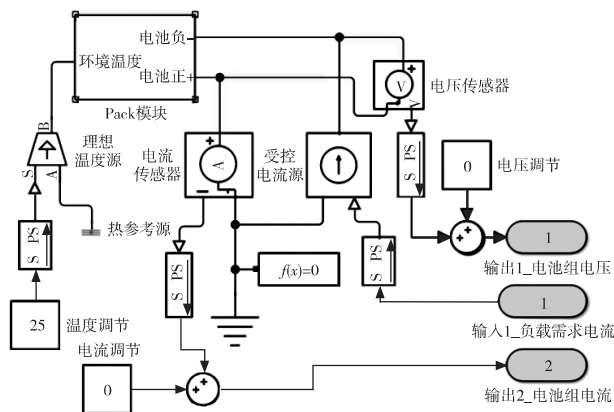


图 2 Simulink 电池组模型

模拟的电池 Pack 采用串联结构,共串联有 24 个电池模组,单个模组又由 12 个单体电池串联而成。因此,该电池 Pack 可以模拟 288 串单体电池组成的电池包。Pack 内部采用可以配置的均衡模型:如果 BMS 采用主动均衡,就按照能量转移的原理进行配置;如果 BMS 采用被动均衡,就仅对电压高的单体放电,放出的电能用分流电阻消耗掉。这样就实现了主动和被动的转化。

单体电池的电压、温度信息都通过 NI Veristand out 端口输出,单体仿真采用一阶 RC 模型,如图 3 所示。图 2 和图 3 中都包含了多个 Constant 模块,添加这些模块的目的是为了在线调整模型,比如将某个单体电池的电压调高,以测试 BMS 的过压保护功能。除此之外,Veristand 还提供了 Stimulus Profile Editor 工具,利用此工具,可以编写工况,输入信号序列,在模型运行时实时调用。

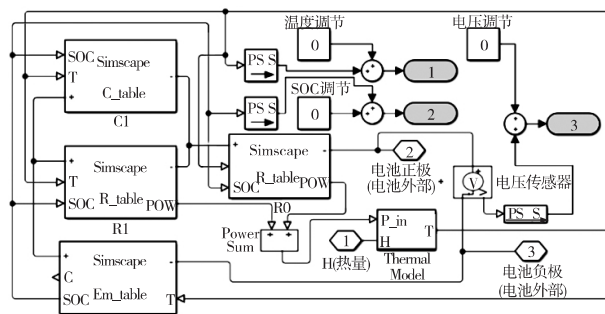


图 3 HiL 系统中 Simulink 电池单体模型

1.4 HiL 监控测试软件设计

利用 Veristand 连接模型和板卡,并加载 .dll 文件,配置模型端口和板卡的端口;向工控机部署模型文件,待自动跳出监控界面后,利用编辑模式,设计监

控界面,如图4所示。监控界面的左侧控件关联到模型的输入输出数据,比如,输出电压的信号可以通过更改 Constant 的值,在模型的输出电压基础上偏移一个值来进行更改。图中是对前12个单体电池的电压增加了偏移,即模拟了电压跳跃。监控界面的右侧是图表控件,该控件可以通过图形的方式展示信号的变化情况。通过手动或者自动地更改模型的配置情况,能够让模型模拟电池的工作状态,供BMS采集和管理。电池模型的状态和BMS估计的状态都可以通过图形控件形象地展示,这使BMS测试工作变得很直观。

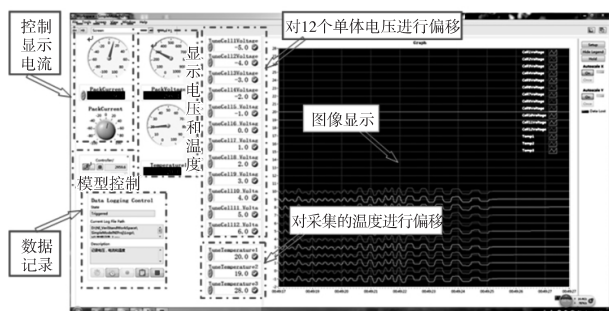


图4 Veristand 监控界面

2 HiL 实验台功能验证

利用上述实验设备,按照图1所示的系统架构,搭建BMS硬件在环测试平台。在NI PXI 仿真工控机中,部署整车动力模型和电池模型,并通过以太网口与上位机监控软件通讯,上报实时模型的运行状态,并接受监控界面 Workspace 发出的控制命令,实时改变整车动力模型运行工况和电池模型的状态情况。利用该实验台,按照供货技术条件对CATL 6.0_BMU_B3型号的BMS主控功能进行验证,结果如下:

1) 采集电压、电流和温度的功能验证。将该BMS接入到HiL测试平台中,开始测试后,该BMS能及时准确采集电压、电流和温度,并按协议的要求准时发送出电池的状态信息。

2) 电池SOC估算精度验证。通过仿真某商用车高速行驶C-WTVC工况进行验证,结果表明该BMS仿真计算出的SOC和模型本身SOC的误差小于5%,满足供货技术条件的要求。

3) 电池SOH估算功能验证。通过更改电池组的容量等参数来模拟电池容量衰减,然后再进行多次

C-WTVC循环仿真测试。在经过多次充放电循环仿真测试并满足电压稳定条件后,观察到BMS估算的电池容量进行了自动更新,趋近于模型中设定的电池容量,SOH估算功能满足要求。

4) 电池保护功能验证。对单体的保护功能通过在线更改模型的输出信号,该BMS检测到了电压过低或过高、电流过大、温度过高等状态,并发出了相应等级的故障报警,证明该BMS保护功能满足设计要求。

上述实验结果证明,该仿真测试平台能够快速对BMS功能进行检测。

3 结束语

本文设计并搭建了一套通用性较强BMS的硬件在环仿真测试系统,对待测的BMS进行了功能性验证。硬件在环测试系统实现了预期的功能,证明了本论文所设计的HiL测试系统是合理的。

参考文献:

- [1] 杨书华, 邹鹏, 石文荣, 等. 锂离子电池能量均衡系统研究[J]. 电子技术应用, 2013, 39(11): 60-62.
- [2] 李晓宇. 电动汽车电池管理系统测试平台的研制[D]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学, 2013.
- [3] 孙诚晓, 吴帅军, 霍艳红, 等. 基于RT-LAB的混动车BMS硬件在环测试系统[J]. 电源技术, 2017, 41(8): 1174-1176.
- [4] 张毅, 杨林, 卓斌, 等. 燃料电池汽车动力蓄电池管理系统硬件在环仿真应用[J]. 广西大学学报(自然科学版), 2006(4): 292-296.
- [5] HUNGY H, WU C H, LO S M, et al. Development of a hardware in-the-loop platform for plug-in hybrid electric vehicles [C]. 2010 International Symposium on Computer, Communication, Control and Automation (3CA). IEEE, 2010: 45-48.
- [6] 周荣宽. 电动汽车电驱动系统建模仿真及硬件在环测试[D]. 重庆: 重庆理工大学, 2015.
- [7] NABI S, BALIKE M, ALLEN J, et al. An overview of hardware-in-the-loop testing systems at Visteon [R]. SAE Technical Paper, 2004.
- [8] 王振中. 动力电池硬件在环仿真平台设计[D]. 洛阳: 河南科技大学, 2012.

收稿日期: 2019-11-08