

具有高耐压全温度采集的电池管理系统设计

雷代良

(中车时代电动汽车股份有限公司, 湖南 株洲 412007)

摘要: 由于电气化公路车辆的电池系统直接与超高压线网连接, 因此需要设计对绝缘耐压及可靠性要求更高的电池管理系统来满足整车的需求。本文设计一种高电压、高可靠性的动力电池管理系统, 其具有高耐压、全温度采集的功能。

关键词: 电气化公路车辆; 高耐压; 全温度采集; 电池管理系统

中图分类号: U463.63

文献标志码: A

文章编号: 1006-3331(2023)05-0019-04

Design of Battery Management System with High Withstanding Voltage and Full Temperature Collection

LEI Dailiang

(CRRC Electric Vehicle Co., Ltd., Zhuzhou 412007, China)

Abstract: The battery system of electrified highway vehicles is directly connected to the wired network of super high voltage, so it is necessary to design the battery management system with higher requirements for insulation withstanding voltage and reliability to meet the demands of the vehicle. This paper designs a high-voltage and high-reliability power battery management system with high withstanding voltage and full temperature collection.

Key words: electrified highway vehicle; high withstanding voltage; full temperature collection; battery management system

公路货运汽车由于载重大、运距长,若单靠动力电池驱动(纯电动)实现电动化,车辆需要配置的电池电量太大,既挤占运货空间,又增加电池成本,同时还需停车充电,续驶里程受限,影响运输效率。而采用电气化公路这种新型的公路货运方式,则能解决以上问题。电气化公路货车相比纯电动货车具有电池容量小(如某同吨位的纯电动货车的电池容量为900 kW·h,电气化公路货车只需配置190.51 kW·h的电池)、电压高、动力电池及其他电气与专用线网直接连接实现边走边充电、线网与大地存在耦合等效电容等特点,因此对相关系统的绝缘耐压和可靠性提出了更高要求。

1 电气化公路货车介绍

我国首条电气化公路示范线在湖南省株洲市,实现了重载公路货运新方式。电气化公路货车如图1所示,该车为半挂牵引车,整车尺寸为7 435 mm×2 550 mm×3 805 mm,整备质量11 t,总质量≤49 t。动力电池配置为550.62 V/346 Ah/190.51 kW·h。

电气化公路货车是通过在公路上方架设专用的直流线网进行供电^[1-2],车辆的动力来源于两部分(如图2所示):一部分是通过受电弓获取上方专用直流线网(本系统1 500 V)的电,经过非隔离DC/DC变压至500~600 V供电机控制器驱动电机,同时可给车上的动力电池充电;另一部分是车辆上装载的动

收稿日期:2023-05-09。

第一作者:雷代良(1979—),男,工程师;主要从事动力电池系统及电池管理系统的开发与研究工作。E-mail:27318345@qq.com。

力电池,在没有专用电网或降弓时,动力电池可供车辆短距离行驶。当车辆制动时,动力电池可回收制动能量。



图1 电气化公路货车

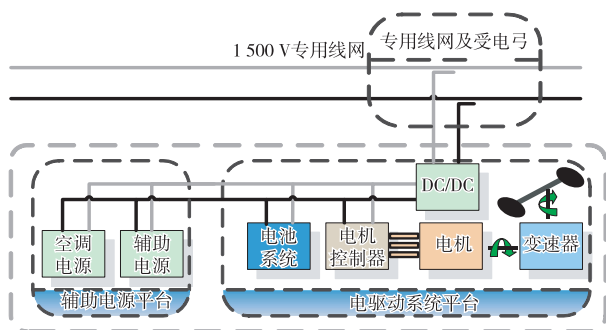


图2 电气化货车电气拓扑

本文DC/DC是非隔离型,可将从受电弓接收到的1500V电降压至500~600V供电气件用电和给电池充电,VCU根据当前车辆的需求情况通过CAN发送给DC/DC控制当前的输出电流和电压。由于DC/DC是非隔离型,因此需要对整车所有电气部件的耐压按1500V进行系统设计。

本文旨在设计一款绝缘耐压高(简称高耐压)全温度采集的电池管理系统。高压与车身低压部分之间按耐压5750VAC进行设计,因电气化公路货车暂无相关标准,而纯电动货车绝缘耐压是按2500VAC进行设计,不满足电气化公路货车的绝缘耐压要求,因此参考CJ/T 5008—1993《无轨电车试验方法》^[3],按耐压试验电压($AC2.5U+2000$)进行设计;电池管理系统对电池包内每一只电芯及电连接点的温度进行监测(简称全温度采集),以提高动力电池系统的安全可靠性。

2 高耐压BMS方案设计

2.1 总体方案

因每一级的隔离能力为2500VAC,纯电动货车

只需一级隔离即可满足要求^[4]。而电气化公路货车需要满足5750VAC耐压隔离,所以需设计三级隔离电路来共同实现电池管理系统低压部分(24V)与高压部分的耐压隔离,其中每一级都为2500VAC。

2.2 第一级隔离电路设计

第一级隔离电路主要由网络隔离变压器T1实现,T1通过磁感应将信号由原边传递到副边,如图3所示。T1两端增加电阻电容起到滤波抗干扰的作用^[5],T1的原边连接到电池管理系统采集芯片高压部分的两线制SPI菊花链的通信线(ILM、ILP)上;T1的副边连接至第二级隔离电路的原边线(ILM1、ILP1)上,实现第一次耐压隔离。该网络隔离变压器可承受2500VAC耐压,频率为2MHz。

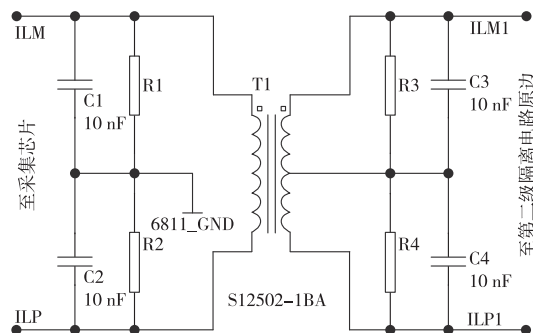


图3 第一级隔离电路

2.3 第二级隔离电路设计

第二级隔离电路主要由网络隔离变压器T2实现,同样,T2通过磁感应将信号由原边传递到副边,如图4所示。T2两端增加电阻电容起到滤波抗干扰的作用,T2的原边连接到第一级隔离电路T1的副边(ILM1、ILP1)上,T2的副边连接至二线转四线SPI电路线(A_N、A_P)上,实现第二次耐压隔离。该网络隔离变压器可承受2500VAC耐压,频率为2MHz。

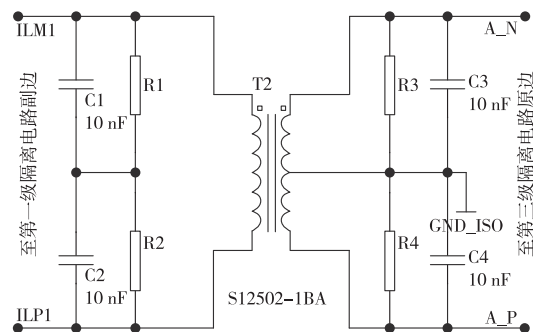


图4 第二级隔离电路

2.4 第三级隔离电路设计

第三级隔离电路主要由一个二线转四线 SPI 电路和一个光电隔离电路组成。二线转四线电路是将二线制的 SPI 信号转换成四线制的 SPI 信号,如图 5 所示。输入端连接到第二级隔离电路的副边(A_N、A_P)上,经过 LTC6820IMS 转换为四线制 SPI 信号,输出端再连接到数字光电隔离电路的原边(A1、A2、A3、A4)上。

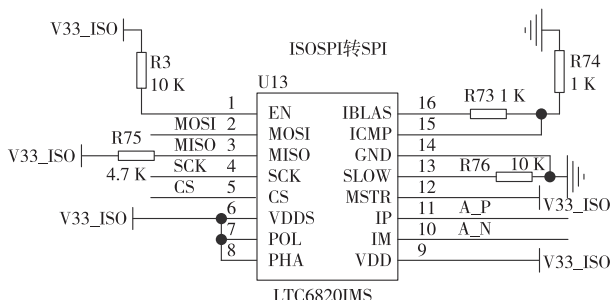


图5 二线转四线 SPI 电路

光电隔离电路是将四线 SPI 信号通过光电隔离器进行信号隔离,隔离耐压为 2 500 VAC,如图 6 所示。数字光电隔离电路的输入端连接到二线转四线 SPI 电路的输出端(CS、SCK、MISO、MOSI)上,光电隔离器通过光电感应将信号由原边传递到副边(B1、B2、B3、B4),光电隔离器的副边连接到主芯片 MPU 的四线 SPI 上,实现第三次耐压隔离。

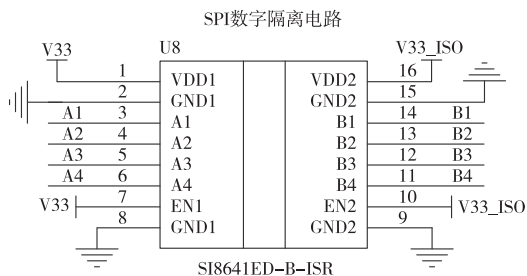


图6 光电隔离电路

经过上述三级隔离,最高耐压可达到 7 500 VAC,经过实际测试与应用,能够保证满足 5 750 VAC 耐压要求。

3 全温度采集 BMS 方案设计

3.1 总体方案

全温度采集 BMS 电路^[6-7]由温度采集电路、全温

度采集通道选择电路、温度模数转换电路芯片组成。由于温度模数转换芯片采集通道有限,通常情况下芯片采集通道一般不超过 6 路。本项目中采用的芯片为 LTC6813,温度采集通道为 4 路,无法实现对所有单体电芯及连接点的温度采集。因此,需要设计一款能够扩展多路温度采集电路来满足系统中多电芯、多电气连接点的所有温度点采集,以确保系统的安全。

3.2 温度采集电路设计

本方案温度采集电路如图 7 所示。外部温度传感器经过 R1 连接至 VREF 引脚,R1 的作用是与外部温度传感器进行分压;温度采集点 TEMP 通过稳压二极管 D0、电容 C0 滤波^[8]限压后,再经过 R0 限流连接至温度采集通道选择电路的输入引脚。

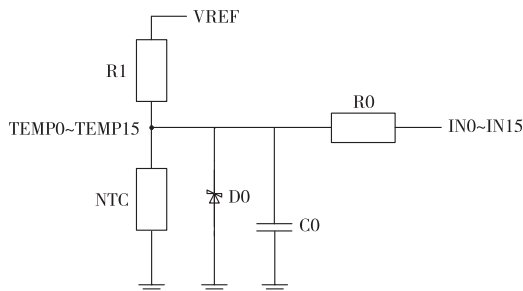


图7 温度采集输入电路

3.3 全温度采集通道选择及模数转换电路设计

温度采集通道选择电路是通过采用多通道模拟多路复用器经过片选实现,如图 8 所示。多通道模拟多路复用器 A、B 引脚接至电池监控单元采集芯片 LTC6813 的 GPIO6、GPIO5 引脚,通过采集芯片 GPIO6、GPIO5 引脚的高低电平进行通道的选择;多通道模拟多路复用器 A 的 1Y0-1Y3、2Y0-2Y3 连接至温度采集电路 IN0-IN7 引脚,多通道模拟多路复用器 B 的 1Y0-1Y3、2Y0-2Y3 连接至温度采集电路 IN8-IN15 引脚,实现对 16 个温度采集点数据的获取;多通道模拟多路复用器 A 的 1-COM 引脚及 2-COM 引脚接至电池监控单元采集芯片 GPIO1、GPIO2 引脚,通道模拟多路复用器 B 的 1-COM 引脚及 2-COM 引脚接至电池监控单元采集芯片 GPIO3、GPIO4 引脚,将多通道模拟多路复用器的采集数据接至模数转换采集芯片。多通道模拟复用器可采用多个,实现更多单体电芯的温度采集,本方案采用 2 个多通道模

拟多路复用器,实现对16个单体电芯的温度采集。

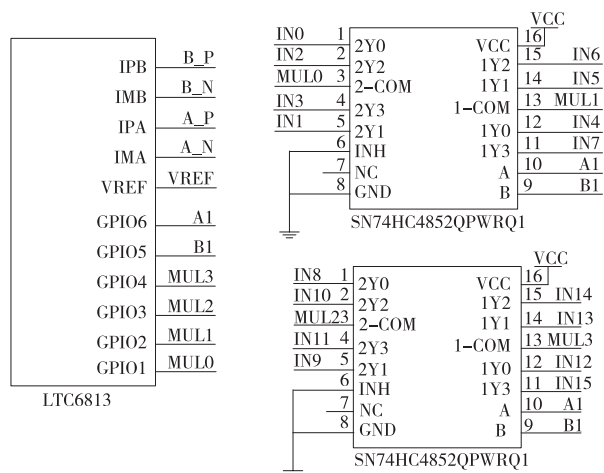


图8 温度采集通道选择电路

在原有通用温度采集方案的基础上,加入温度采集通道选择电路,电路简单可靠,温度采集通道选择电路无需其他额外的隔离电路,降低了电路的成本,通过扩展多路温度采集,可实现对所有电芯及电气连接点的温度采集,进一步提升了动力电池系统使用的安全性^[9]。

4 结束语

电气化公路货车配置的动力电池系统,具有电压平台高、长期与线网高压连接、线网与大地共地等特点,因此对电池管理系统的安全性和可靠性也提出了

更高的要求^[10]。提高电池管理系统高、低压部分之间耐压隔离和所有电芯、电连接点温度监控的全覆盖,确保了整车的安全性和可靠性。

参考文献:

- [1] 中华人民共和国建设部. 无轨电车技术条件: CJ/T 5007—1993[S]. 1993: 538.
- [2] 全国城市客运标准化技术委员会. 无轨电车配置要求: JT/T 1053—2016[S]. 北京: 人民交通出版社, 2016: 5-7.
- [3] 中华人民共和国建设部. 无轨电车试验方法: CJ/T 5008—1993[S]. 1993: 26-28.
- [4] 中华人民共和国工业和信息化部. 电动汽车用动力蓄电池安全要求: GB/T 38031—2020[S]. 北京: 中国标准出版社, 2020: 3-4.
- [5] 毛楠. 电子电路抗干扰使用技术[M]. 北京: 国防工业出版社, 1996: 20-25.
- [6] 刘灵芝. 锂离子电池管理系统研究[J]. 安庆师范学院学报(自然科学版), 2008, 14(2): 50-52.
- [7] 靳尉仁. 锂离子动力电池性能及其仿真研究[D]. 北京: 北京有色金属研究总院, 2011.
- [8] 张松春. 电子控制设备抗干扰技术及其应用[M]. 北京: 机械工业出版社, 1995: 155-161.
- [9] 张华辉, 齐铂金, 袁学庆, 等. 锂离子电池组合前后的特性研究[J]. 电池, 2007, 37(4): 294-296.
- [10] 王震坡, 孙逢春. 电动汽车电池组连接可靠性及不一致性研究[J]. 车辆与动力技术, 2002(4): 11-15.