

Related Research on Energy Storage System for Tram Test

Zejing Deng

Guangzhou Electric Locomotive Co., Ltd., Guangzhou, Guangdong, 510800, China

Abstract

At present, the commissioning cost of trams is high, so it needs to have a suitable power supply voltage catenary test line, and the test process needs to be transported manually as the test load, and the labor intensity of repeated load handling is high when the vehicle completes the test under different loads. The paper proposes a kind of energy storage system for tram test. By designing the energy storage system suitable for charge and weight, it meets the performance requirements of the test vehicle. Meanwhile, in order to ensure the safety of the energy storage system, a perfect energy storage charging and discharge control logic and fault processing system are designed. Finally, through the loading and loading application of the energy storage system, the test cost and labor intensity of the tram prototype are effectively reduced.

Keywords

test vehicle; energy storage type; storage cabinet layout

关于有轨电车试验用储能系统的相关研究

邓泽靖

广州电力机车有限公司, 中国 · 广东 广州 510800

摘要

目前有轨电车调试成本较高, 需要有适合的供电电压接触网试验线路, 同时试验过程中需要人工搬运沙包作为试验载荷, 车辆在不同载荷下完成试验时反复的载荷搬运劳动强度大。论文提出一种有轨电车试验用储能系统, 通过设计适宜带电量 and 重量的储能系统, 满足了试验车辆的性能需求, 同时为了保证储能系统的使用安全, 设计了完善的储能充放电控制逻辑和故障处理系统。最终, 通过储能系统的装车应用, 有效降低了有轨电车样车的试验成本和劳动强度。

关键词

试验用车; 储能式; 储能柜布置

1 引言

目前的储能式有轨电车及受电弓取电的有轨电车调试方式大多为采用受电弓供电。其中储能有轨电车采用受电弓取流调试的原因是因为受储能柜功率、电压下降的限制, 储能柜只能满足正线运营的需求, 无法满足试验的条件需要。针对这种情况, 主机厂都需要建设一条试验线来对有轨电车进行试验, 或者把车辆运输到具备试验条件的地点开展试验。前者需要投入大量的资金, 对于样车来说由于市场因素不确定, 建设新的试验线路有资金浪费的风险。后者则需要车辆的运输和人力、资金的投入。论文以某低地板有轨电车作为研究对象, 设计一款有轨电车试验用储能系统。让试验车无需试验接触网, 能够方便地完成各项动态试验, 极大地降低了样车的试验成本。

2 概况

搭载该储能系统的有轨电车试验用车, 由三节车厢编组, 其中包括拖车和位于拖车两端的动车, 拖车与动车之间通过连接件相互连接; 动车车顶靠近拖车的一端设有动车储能柜, 拖车车顶设有两台拖车储能柜, 动车储能柜在动车车厢内的水平投影面积所占的乘客站立区摆放试验仪器, 其余乘客站立区摆沙包^[1]。

3 技术优势

传统采用受电弓试验用车中, 动态调试过程中会有概率出现过流、短路等故障, 若采用受电弓的方式调试, 严重时会导致接触网供电中断, 影响范围广^[2]。

论文介绍的有轨电车试验用车以储能系统代替受电弓进行动态调试, 不使用接触网, 仅需要有足够长的铁路轨道就能满足, 该方法适配于主机厂进行有轨电车样车调试。采用的储能系统与接触网隔离不会影响网测安全。储能系统采用模块化设计, 可及时切断电源供电。通过合理的设计储能系统的重量可代替一部分试验用沙包, 以减少搬运沙包的劳动强度^[3]。

【作者简介】邓泽靖(1990-), 男, 中国广东广州人, 本科, 工程师, 从事电气及其自动化研究。

4 储能系统技术方案

储能系统重点在储能柜的模组设计、储能柜体设计、充放电控制逻辑设计和整车电气布线设计,合理的设计可以使储能柜既不占用车顶设备空间,也能保证轴重、轮轴不超出设计范围,同时保证柜体功率能够满足试验需求^[4]。

4.1 储能柜技术方案

储能柜技术方案根据安装位置不同设计动车储能柜和拖车储能柜。

动车储能柜整体为方形设计,由外壳柜体和柜门组成,柜门设计为对开设计,通过螺栓与柜体连接。柜体四角设计四个吊耳,用于柜体吊装。柜体侧面安装有百叶窗及散热风扇用于储能散热(见图1)。

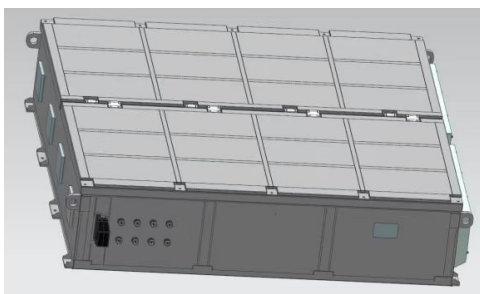


图1 动车储能柜

柜体内部安装主要部件有储能电芯、均衡模组、BMS控制器、连接铜牌及主接触器(见图2)。储能电芯在均衡模组的作用下控制电芯的充放电,BMS控制器统一管理各均衡模组,保证电芯均衡的一致性符合设计要求。动车储能柜通过连接铜排将模组并联后给有轨电车供电。



图2 动车储能柜内部

拖车储能柜整体为矩形设计,由外壳柜体和盖板组成,盖板设计有把手,通过螺栓与柜体连接。柜体四角设计四个吊耳,用于柜体吊装,柜体侧面安装有百叶窗及散热风扇用于储能散热。内部安装电芯模组数量较动车储能柜少,排布结构相似(见图3),模组通过线束连接到动车储能柜BMS中统一管理,柜体内部电芯通过高压电缆分别与两端动车电源柜电芯连接^[5]。

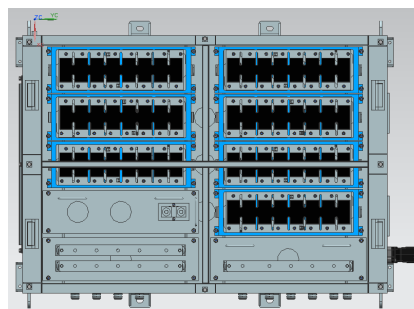


图3 拖车储能柜内部

4.2 储能模组方案

储能模组(见图4)采用16只超级电容单体2并8串的结构,由控制单元对超级电容的电压、温度、均衡进行采样和管理。

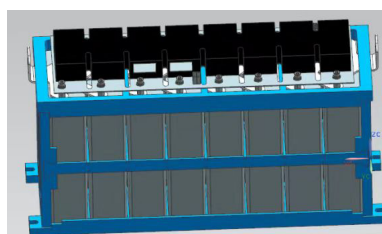


图4 储能模组

储能模组由铜排将16只超级电容单体按2并8串的连接方式成组,模组支架采用工程PC塑料加玻纤,具有抗振、抗老化、阻燃特性。模组间均衡线由串联中点处引出连接,通过均衡模块实现高电位向低电位补能,保持单体之间的高一致性,满足车辆试验时极限工况对充放电的需求。

4.3 储能控制

储能控制系统对超级电容进行集中控制和管理,满足试验要求的同时,有效保护试验用电的安全,设置有以下功能:

电压采样:控制单元对每个超级电容单体进行电压采样,实时监测超级电容的工作状态。

温度采样:控制单元对每个储能模组进行温度采样,实时监测每个模组发热情况。

电压均衡:控制单元对每个超级电容进行电压均衡,均衡策略为主动均衡。保证在充放电过程中,每个超级电容单体在工作状态一致。

总电压采样:采集储能模块的总电压,了解电源系统的工作状态。

高压接触器控制:控制储能模块对外通电与失电。

散热风扇控制:控制储能模块散热风扇的得失电,使风扇根据系统的工作状态调整系统的工作环境。

荷电状态(SOC)估算:实时估算SOC,了解系统工作状态。

故障诊断及报警:实时监测电压、温度、SOC等数据,分析数据,判断系统是否出现故障,及时报告给整车控制系统。

4.4 系统故障诊断及处理

根据控制单元和控制器采集的实时数据，在控制器里进行计算、分析作为电源管理系统故障诊断的依据。主要的故障及处理如下：

系统电压过压：上报告警数据，30S后未接到VCU命令，且故障依旧存在，系统断开高压接触器。

系统电压欠压：上报告警数据，30S后未接到VCU命令，且故障依旧存在，系统断开高压接触器。

模组、单体过压或欠压：上报告警信息。

模组过温：降功率输出并上报告警信息。

通讯故障：关闭高压输出并上报告警信息。

散热风扇故障：状态参数与命令参数不符，并上报告警信息。

系统检测电压故障：计算总电压与测量总电压误差超过规定电压，上报告警数据。

一致性差：单体一致性及模组一致性超出规定百分比，上报告警信息。

4.5 储能柜布置方案

图5为储能式有轨电车试验车的设备分布图。该车由三节车厢编组，其中包括拖车2和位于拖车2两端的动车1，拖车2与动车1之间通过连接件相互连接。动车1车顶靠近拖车的一端设有动车储能柜3（动车储能柜），拖车2车顶设有两台拖车储能柜4（拖车储能柜）。

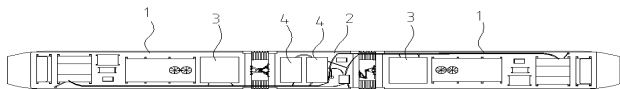


图5 试验用车设备分布图

该调试使用的储能柜储能单体选型采用大容量超级电容，通过单体串并联使柜体具有2400A短时过流能力，一般的过流故障不会损坏储能柜零部件。动车储能柜3和拖车储能柜4基本参数见表1。

表1 储能柜参数

序号	名称	规格	重量	数量
1	动车储能柜3	1883 (L) × 1783 (W) × 456mm (H)	1.2t	2
2	拖车储能柜4	1360 (L) × 788 (W) × 368mm (H)	324kg	2

由表1可见，动车储能柜3重量及地面投影面积与试

验工况AW2（6人/m²，人均重量60kg）站立人数面积相当。可减少搬运沙包劳动强度2.4t，同时为动车车辆共腾出6.7m²空间用于摆放试验仪器。拖车则可以减少搬运沙包劳动强度约500kg。

动车储能柜3与其靠近的拖车储能柜4串联，动车储能柜3与拖车储能柜4各自串联后两两并联组成整车储能系统。储能系统最高电压为900V，可承受最大2400A的牵引或制动电流，动车储能柜3和拖车储能柜4采用模块化结构，通过接触器可实现故障隔离。

5 实际检验

该试验用车在某铁道试验上已完成全部考核试验，车辆0~70km/h整车牵引加速度大于1.1m/s²，紧急制动减速度大于2.5m/s²，其余各项指标数据合格，试验过程储能系统满足了整车牵引和回馈制动大电流的需求，未出现储能柜过流导致器件损坏的情况。储能系统带电量满足约6小时的连续调试电量需求，车辆后续还开展了续航试验，取得良好效果^[6]。

6 结语

有轨电车调试成本较高，需要有适合供电电压的接触网线路。论文提出了一种有轨电车试验用储能系统，从储能系统的柜体设计、模组设计、控制设计、柜体布置介绍了系统的组成，最终系统通过装车试验验证了系统的设计的正确性和可靠性，让有轨电车试验车无需试验接触网，方便完成各项动态试验，极大地降低了样车的试验成本。

参考文献

- [1] 田炜,常鹏飞,林婵娟.现代有轨电车供电方式的研究与对比[J].现代城市轨道交通,2018(8):13-15.
- [2] 赵芳.超级电容在有轨电车中应用的关键技术[J].交通世界,2018(15):166-167+176.
- [3] 高云,陈永真,王春霞.超级电容器组单体电压动态均衡[J].辽宁工学院学报,2005(6):354-356.
- [4] 钟云,张建成.基于超级电容器储能的电压暂降补偿分析[J].电力自动化设备,2005(6).
- [5] 叶芹祿.有轨电车的现状与未来[J].都市轨道交通,2013(5).
- [6] 韦绍远,姜久春,张维戈,等.有轨电车载混合储能系统效率优化控制[J].电源学报,2017,15(2):77-84.