

新能源汽车自动充电系统优化与研究

梁大鸿 黄双凤 蓝佳 金卫明 李松

黔西南民族职业技术学院 贵州 562400

摘要: 针对新能源电动汽车长时间停放后铅酸电瓶亏电导致车辆无法正常上电的问题,以及现有自动充电系统成本高、充电时间判断不准确的缺陷,本文开展新能源汽车自动充电系统的优化研究。优化后的系统以IBS电流监测模块(智能电池传感器)为核心检测单元,通过IBS电流监测模块与BMS动力电池管理模块、DC/DC直流转换器的协同控制,实现铅酸电瓶电压、电流、温度的精准监测与自动充电。实验与逻辑验证表明,优化系统可有效避免铅酸电瓶亏电(电压低于11V),控制逻辑上构建“监测-触发-充电-停止”闭环流程,延长铅酸电瓶寿命,同时降低系统成本、提升充电时间控制精度,为新能源汽车铅酸电瓶充电问题提供高效、经济高效解决方案。

关键词: 新能源汽车;自动充电系统;IBS电流监测模块传感器;BMS动力电池管理模块控制;铅酸电瓶亏电

前言

随着全球新能源汽车产业进入高速发展期,车辆低压系统作为保障灯光、中控及高压系统唤醒等核心功能的关键环节,其供电可靠性直接决定车辆高压能否正常上电的关键因素。铅酸电瓶作为低压系统的核心电源,却面临长时间停放时的自放电难题——车辆静置状态下DC/DC直流转换器停运无法补电,当电瓶电压低于10.8V时,将导致低压系统启动失败、高压系统无法唤醒,最终引发“车辆无法上电行驶”的故障,不仅给用户带来极大不便,频繁亏电更会缩短电瓶寿命,增加维护成本。当前新能源汽车自动充电系统存在显著技术痛点:功能上,亏电检测滞后、依赖人工预设触发条件,且缺乏温度、电流等异常联动处理;成本上,因需额外配置独立检测模块与控制单元,单套系统成本高,难以在中低端车型普及;精度上,传统传感器误差大、固定时长充电模式易致“过充”或“充电不足”。这些缺陷制约了低压供电系统的稳定性与经济性。为此,本研究聚

课题或基金项目: 课题:黔西南民族职业技术学院第二批院级教学创新团队课题任务书编号:院办通【2025】-4

备注: 黄双凤、蓝佳、金卫明、李松

作者简介: 梁大鸿,出生年:1978年3月,性别:男,民族:汉族,籍贯:贵州兴义,单位:黔西南民族职业技术学院,职称:副教授,学位:工学士,主要研究方向:主要从事新能源汽车技术,智能网联汽车技术,汽车电子技术教学与研究。

焦“新能源电动汽车自动充电系统装置”优化设计,通过采用IBS电流监测模块传感器实现精准参数采集,构建“IBS电流监测模块-BMS动力电池管理模块-DC/DC直流转换器联动控制逻辑,构建“监测-触发-充电-停止”闭环流程,实现电瓶电压低于11V时自动启动充电、充满后精准停止,解决现有技术瓶颈,铅酸电瓶使用寿命,提升低压系统供电可靠性,降低用户维护成本,为新能源汽车产业的高质量发展提供技术支撑。

一、现有新能源汽车自动充电系统缺陷分析

1.1 功能实现缺陷,自动化程度不足:一是亏电检测滞后,低压系统异常耗电时无法及时响应;二是依赖人工干预,需预设充电条件,无法动态匹配电瓶实际容量;三是故障处理缺失,仅通过电压判断,未联动BMS动力电池管理模块监控的温度、电流数据,过流过热时盲目充电易致铅酸电瓶损坏。三是硬件冗余推高成本:需额外配置独立检测模块(如电压传感器)和控制单元(外置MCU),未使用车辆现有BMS动力电池管理模块、VCU模块;额外布线固定增加装配工序,还需投入抗干扰设计成本。四是充电控制误差显著:电压检测精度低($\pm 0.5V$),10.8V亏电电压可能误判为11.3V正常状态;采用固定时长充电,满电后继续充会导致过充让铅酸电池鼓包,亏电严重时则充不满,缩短电池寿命。

二、新能源汽车自动充电系统优化设计

基于现有技术缺陷,本文从“硬件模块优化”“控制逻辑优化”“精度与成本优化”三个层面进行优化,确保

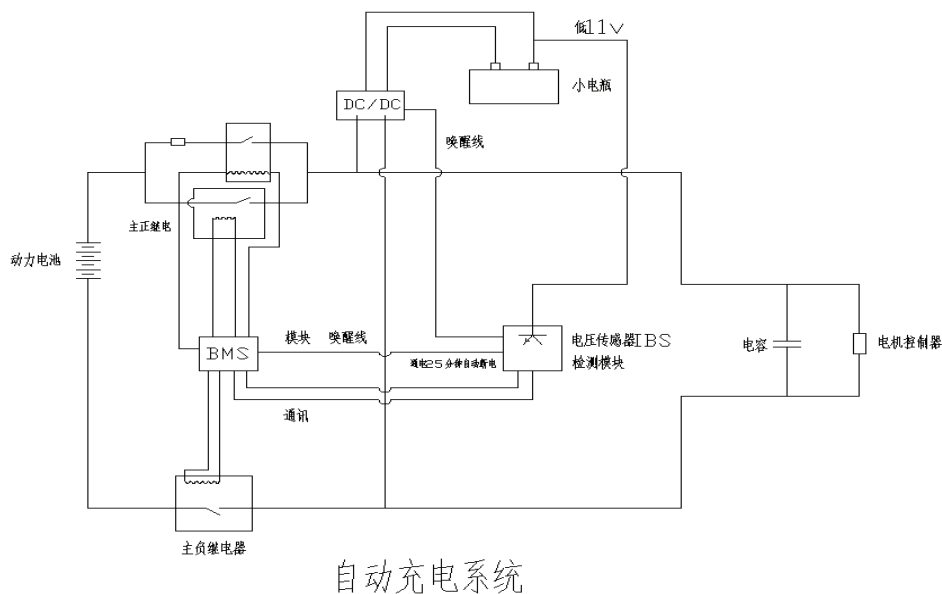


图1

自动充电系统准确性的提升。

2.1 优化新能源汽车自动充电系统，核心架构包括五大模块：IBS电流监测模块检测模块、IBS电流监测模块控制模块、BMS动力电池管理模块、DC/DC直流转换器模块、继电器组（预充继电器、主正继电器、主负继电器），各模块通过CAN总线或唤醒线实现数据交互与控制指令传输，系统总体架构如图1所示。

系统核心逻辑为：当电动汽车铅酸电瓶亏电时，IBS电流监测模块传感器能精确检测铅酸电瓶的电压、电流、温度数据给IBS电流监测模块控制模块，IBS电流监测模块控制模块自动输出数据给动力电池BMS动力电池管理模块控制系统，BMS动力电池管理模块控制系统自动上电控制动力电池预充继电器、主正继电器、主负继电器，让动力电池给DC/DC直流转换器供电，DC/DC直流转换器给铅酸电瓶充电，保证铅酸电瓶不会亏电，防止铅酸电瓶亏电让车辆无法上电，保证了车辆的正常行驶。

工作原理，当车辆长期停放铅酸电瓶电压低于10.8v时，电压传感器IBS电流监测模块传输信号给IBS电流监测模块控制模块，IBS电流监测模块控制模块唤醒BMS动力电池管理模块和DC/DC直流转换器控制模块，给BMS动力电池管理模块和DC/DC直流转换器控制模块供电，同时通过CAN线与电池控制模块BMS、DC/DC、VCU模块进行通讯，BMS动力电池管理模块控制动力电池预充继电器、主正继电器、主负继电器接通，自动让动力电池给DC/DC直流转换器供电，DC/DC直流转换器给铅酸

电瓶自动充电，当铅酸电瓶电压达到12.5V时，充电停止，IBS电流监测模块控制模块自动下电，BMS动力电池管理模块、DC/DC直流转换器控制模块收不到IBS电流监测模块的信号自动下电，BMS动力电池管理控制模块控制主正继电器、主负继电器断电，让动力电池停止向DC/DC直流转换器模块供电，DC/DC模块自动停止向铅酸电瓶充电。

2.2 硬件模块优化：用IBS电流监测模块传感器替代传统检测模块，并使用车辆现有动力电池管理模块、DC/DC直流转换器控制模块，具体优化如下：

2.2.1 利用IBS电流监测模块电压传感器准确检测铅酸电瓶的电压、电流、温度，IBS电流监测模块（智能电池传感器）相比传统电压传感器，具备“多参数采集”“高精度”“低功耗”三大优势，直接安装于铅酸电瓶电极，实时采集以下参数（铅酸电瓶电压10.8~12.5V，铅酸电瓶电流0A~+50A 铅酸电瓶温度10~30度），IBS电流监测模块通过CAN总线连接，确保铅酸电瓶状态数据无延迟传输，为精准判断提供基础。

2.2.2 使用现有模块，使用BMS动力电池管理模块控制系统，无需额外配置独立控制单元，利用BMS动力电池管理模块已有的“动力电池状态监测”“继电器控制”功能，通过软件升级增加“响应IBS电流监测模块唤醒指令”，车辆原有DC/DC直流转换器控制模块，仅在系统触发时由BMS动力电池管理模块控制其启动，无需额外增加DC/DC直流转换器控制模块硬件，使用动力电池的

预充继电器、主正继电器、主负继电器为车辆原有部件，无需额外增加继电器，自动充电系统成本大幅降低。

2.3控制逻辑优化：按照系统在“全自动、无人工干预”的控制逻辑，控制流程分为监测阶段、触发阶段、充电阶段、停止阶段四个步骤，实现铅酸电瓶亏电的“实时检测-自动响应-精准充电-安全停止”闭环控制。

2.3.1监测阶段：IBS电流监测模块检测模块实时采集铅酸电瓶的电压、电流、温度数据，通过CAN总线传输至IBS电流监测模块控制模块；IBS电流监测模块控制模块对采集数据进行处理，判断铅酸电瓶电压是否低于10.8V亏电阈值，同时辅助判断“电流是否正常”（无过流漏电现象）、“温度是否正常”（无过热/过冷）。若电压 $\geq 10.8V-12.5V$ 且无异常，系统保持监测状态；若电压 $< 10.8V$ ，进入触发阶段；若存在过流/过热，立即通过CAN总线发送故障信号至VCU，触发预警机制，提示用户检修。

2.3.2触发阶段，IBS电流监测模块控制模块通过“唤醒线”输出唤醒信号，同时通过CAN总线发送“铅酸电瓶亏电数据”（电压、电流、温度）至BMS动力电池管理模块控制系统；BMS动力电池管理模块接收到唤醒信号与亏电数据后，首先检测动力电池状态（电压、电量是否满足供电需求），若动力电池无异常，进入充电准备；若动力电池异常（如欠压），则发送信号至VCU，触发预警机制，提示用户检修。

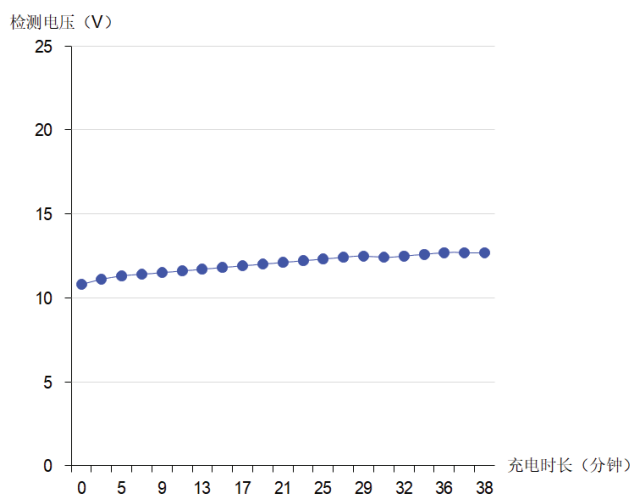
2.3.3充电阶段，BMS动力电池管理模块按照“预充继电器→主正继电器→主负继电器”的顺序控制闭合先闭合预充继电器，预充完成（BMS动力电池管理模块检测预充电流稳定）后，闭合主正继电器与主负继电器，DC/DC控制模块转换器接收到动力电池的高压电后，转换为适合铅酸电瓶的低压电（13.5-14.5V，适配12V铅酸电瓶），为铅酸电瓶充电。

2.3.4停止阶段，IBS电流监测模块控制模块监测铅酸电瓶达到12.5V后，发送“停止充电指令”至BMS动力电池管理控制模块，BMS动力电池管理模块控制断开电源，切断动力电池与DC/DC控制模块转换器的供电回路，系统复位，DC/DC控制模块停止输出，IBS电流监测模块控制模块停止唤醒信号，BMS动力电池管理模块与DC/DC控制模块转换器恢复休眠状态，系统重新进入监测阶段。

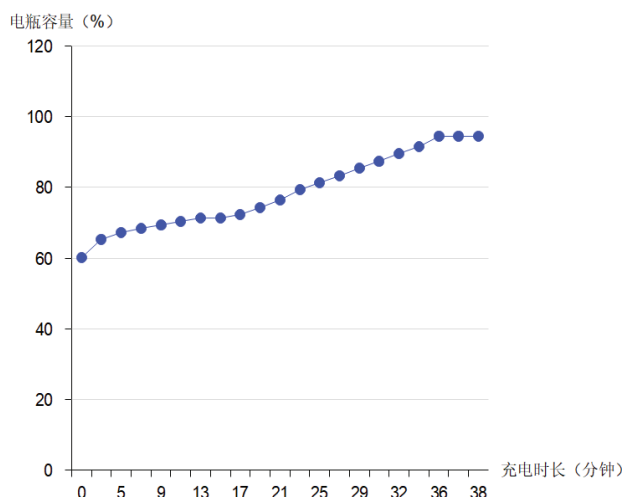
三、优化系统性能验证

3.1充电时间精度控制：从“功能指标”“成本指

标”“可靠性指标”三个维度进行验证。选取3辆同型号新能源汽车（配置12V铅酸铅酸电瓶，容量60Ah），车辆静置停放40天，监测参数，实验数据表格如下：



充电电压变化曲线



充电容量变化曲线

通过以上数据检测到，当充电时间为33分钟后，铅酸电池的电压、容量都不会改变，确定充电时间为33分钟为最佳充电时间，确保充电误差 ≤ 2 分钟，避免过充和不能充满的现象。

3.2安全保护机制过流保护：IBS电流监测模块检测到铅酸电瓶充电电流超过20A时，立即发送故障信号至BMS，BMS控制继电器断开，停止充电；过热保护：IBS电流监测模块检测到铅酸电瓶温度超过35℃时（在25℃~30℃的环境下，铅酸电瓶的化学反应活性最稳定，充电时，电解液的离子迁移速度适中，保证充电电流有效转化为化学能，不会因反应过剧烈导致极板损伤；电池内阻处于较低水平，充电过程中产生的热量少，无需

额外散热,也不会因过热引发鼓包、漏液等问题,此温度下充电,电池能充至额定容量的95%以上),触发停止充电,防止铅酸电瓶热失控,同时延长铅酸电瓶寿命,降低用户维护成本。

四、结论与展望

针对新能源汽车自动充电系统的现有缺陷,从“检测模块”“控制逻辑”“成本精度”三个维度完成优化设计,得出以下结论:1.采用IBS电流监测模块传感器替代传统检测模块,可实现铅酸电瓶电压、电流、温度的精准采集,解决现有系统检测精度低的问题;2.构建“IBS电流监测模块控制模块BMS动力电池管理模块-DC/DC控制模块转换器的全自动联动逻辑,实现充电流程的无人工干预,解决现有系统响应滞后、依赖人工的缺陷;3.使用现有BMS动力电池管理模块-DC/DC控制模块转换器、继电器等模块,大幅降低系统成本,提升充电时间精度,有效避免铅酸电瓶亏电,延长铅酸电瓶寿命,为新能源汽车低压系统供电可靠性提供技术支撑。4.未来优化方向,结合新能源汽车技术发展趋势,未来可从以下方向进一步优化:1.自适应充电调整:根据铅酸电瓶使用年限(如旧电瓶自放电快)动态调整亏电触发电压(如旧电瓶调整为11.5V,新电瓶保持11V),提升系统适配性;2.优化IBS电流监测模块控制模块的休眠策略,在铅酸电瓶电压正常时降低IBS电流监测模块检测频率(如从1各小时降至5个小时),进一步减少铅酸电瓶自耗;3.远程监控,通过VCU与车载T-BOX联动,将铅酸电瓶状态与充电记录上传至用户APP,实现“远程查看异常预警功能,提升用户满意度,进一步提升系统的智

能化与适应性,为新能源汽车低压系统供电可靠性提供更完善的技术支撑。

参考文献

- [1]文滨.电动汽车充电的智能控制策略及系统集成设计研究[D].湖南大学[2025-09-25].
- [2]未倩倩,孔治国,李川,等.无线充电系统的测试平台搭建与试验验证[C]//2020中国汽车工程学会年会论文集(4).2020.
- [3]张成利.新能源汽车充电系统常见故障维修技术[J].内燃机与配件,2025(6).
- [4]张俊佳.新能源汽车充电系统运行分析[J].大众汽车,2024(3):0091-0093.
- [5]杨新新.新能源汽车充电系统常见故障维修策略研究[J].汽车测试报告,2024(3):52-54.
- [6]林楚怡,邓金华,罗迪.新能源汽车充电系统维护与故障排除技术探析[J].汽车测试报告,2024(20):53-55.
- [7]胡梦飞.新能源汽车动力电池快速充电技术的研究进展[J].汽车画刊,2024(7).
- [8]鲁建华.试论基于智能感应的新能源汽车充电桩检测技术[J].时代汽车,2024(10):107-109.
- [9]张世佳.新能源汽车充电系统故障检修实践研究——以北汽新能源汽车为例[J].汽车维修技师,2024(18):62-63.
- [10]郑世欣.新能源电动汽车充电系统节能设计要点探讨[J].电器工业,2024(12):29-31.