

电动汽车电源管理策略分析

李 军 (上海汽车集团股份有限公司技术中心 , 上海 201804)

【摘要】 文章简要阐述了电动汽车高压与低压系统电源管理架构与功能 , 并针对当前电源管理系统和策略存在的不足 , 提出了相关的优化方案 , 以提高电动汽车电源管理系统的可靠性。

【Abstract】 In this paper , the high and low voltage power management system architecture and the function of electrical vehicles are introduced. For the current problem of the power management system and strategy , the optimization methods are proposed to improve the reliability of EV power management system.

【关键词】 BMS 蓄电池 电源管理 电动汽车

doi:10. 3969/j. issn. 1007-4554. 2018. 12. 01

0 引言

近年来 , 随着全世界各国政府加大对环境污染及温室气体排放控制的力度 , 全球交通系统向清洁能源转变的速度呈加快之势。全球各主要汽车消费大国和主要汽车制造商先后宣布传统燃油车的停售计划和电动汽车发展计划。据国际能源署报告 , 2020 年 , 全球电动汽车总量将上升至 1 300 万辆; 2030 年 , 电动汽车销量将以每年 24% 的平均增速增长。截止 2018 年上半年 , 中国市场贡献最大 , 产销量占全球 50% 以上。且中国政府仍在大力支持新能源车发展 , 包括推进动力电池技术研发、扩大充电站建设、加强财政补贴、不限行、送新能源牌照以及减免购置税等扶持政策。可以预见 , 未来几年中国电动汽车销量仍将保持强劲的上漲势头。随着电动车市场保有量扩大 , 售后报怨也随之增多 , 报怨问题主要集中在充电相关、行驶里程不足以及整车亏电等 , 导致这些问

题的原因大多与电动汽车能量管理技术策略相关 , 也说明电源管理系统对电动汽车的重要性。本文就当前市场主流电动汽车电源管理功能、技术特点、存在的问题以及潜在优化策略进行分析探讨。

1 电动汽车电源管理系统拓扑

电动汽车电源系统由高压电源系统和低压电源系统两部分构成 , 典型的电器网络架构组成如图 1 所示。图中除高低压电源控制相关模块外 , 省略其他控制器。为了实现网络隔离 , 高压控制部分单独接一路 CAN 总线 , 低压控制部分则接入其他 CAN 总线 , 两部分控制器通过车辆网关进行信息交互。

高压电源管理系统由高压电池控制系统 BMS (集成高压电池包)、高压 DC/DC、电机控制单元和充电器组成 , 主要实现高压锂电池的充放电管理、状态监测与安全管理、向 12 V 低压蓄电池充

收稿日期: 2018 - 09 - 25

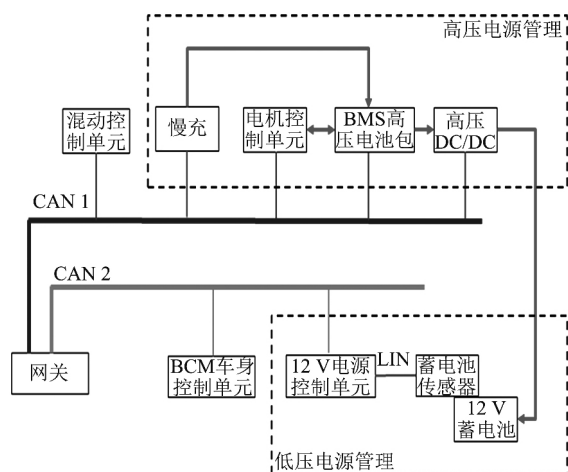


图1 电动汽车电源管理系统拓扑图

电等功能。12 V 低压电源管理系统由 12 V 电源控制单元、蓄电池传感器和 12 V 蓄电池组成,负责 12 V 低压蓄电池状态监控、充放电管理、整车电器负载管理以及整车静态耗电监控与报警。

高压系统间的能量与信息交互原则为: 高压系统由 12 V 低压蓄电池供电,12 V 电源控制单元根据蓄电池传感器信息决策进入相应充电模式,通过 CAN 网络发送电压、电流等请求信号给高压 DC/DC,高压 DC/DC 将高压电池包输入电流进行变压后,输出给 12 V 负载供电和蓄电池充电。

2 电动汽车电源管理系统功能

2.1 高压 BMS 系统功能

目前行业内的 BMS 系统架构设计有分布式和一体式两种,分布式 BMS 结构适用于电池串数较多的动力电池组,采用主从控制逻辑,将动力电池包和电池模组进行分离控制,由一个主控制器和集成于模组的多个从控制器组成,结构相对简单。一体式 BMS 系统结构复杂,将单体数据采集、模组管理、电池状态分析计算、安全管理、均衡控制和通信等模块全部集成^[1]。图 2 所示为典型的集成式 BMS 系统图,外部接口有充电器、HV DC/DC 输出接口、通信接口以及物理安装接口。

高压 BMS 系统主要作用是采集和监控高压电池状态信息,对数据进行处理分析,估算高压电池

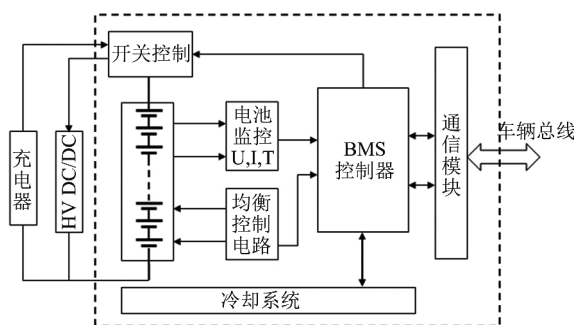


图2 高压 BMS 系统图

的 SOC、SOH、SOF 等参数,与外部控制器进行信息交互,并对电池组进行安全监控管理、动态均衡等。高压 BMS 电源管理软件功能主要包含监测、计算和控制 3 大模块,电源管理策略也围绕这 3 个方面展开。

监测功能分为对单体电池电压和温度监测、对电池模组的电压和极连处温度监测、对电池组总线电压、电流、绝缘性能等监测,以及测试信号处理与传输。计算功能块为 BMS 核心算法模型,主要推算电池组的 SOC、SOH 和 SOF 相关参数,并输出至控制模块。控制模块依据电池的状态进行充放电控制,对充放电过程进行安全监控并对系统进行冷却控制,以及在限定条件下对电池组实施主动均衡策略。

2.2 低压电源管理系统功能

12 V 低压电源管理系统功能主要由电源管理控制器 PMU 和蓄电池传感器实现,两者通过 LIN 线连接,蓄电池传感器从节点实时探测蓄电池状态信息,并通过 LIN 线发送到主节点。PMU 作为主节点集成了蓄电池状态管理、整车电器负载管理、静态电流、智能算法模型、DC/DC 充电控制策略、通信及诊断控制等功能模块。图 3 所示为 12 V 低压电源管理系统功能图。

蓄电池状态管理是整个系统的基础,基于蓄电池传感器的探测信息和后处理算法得到的二次电池状态参数,应用于其他各子功能模块,蓄电池状态参数估算准确性直接影响到其他功能是否能够正确实施。整车电器负载管理和静态电流管理模块是维持整车低压供电系统稳定性、保持蓄电池荷电状态和维持蓄电池健康状态的重要策略。

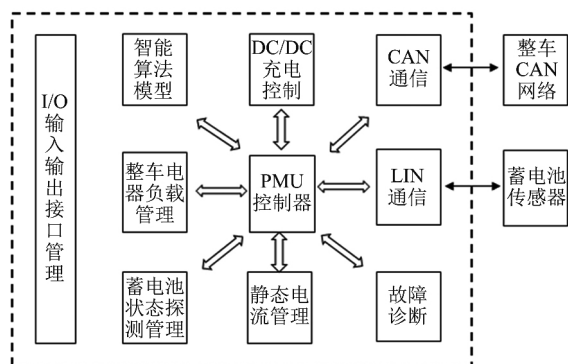


图3 低压电源管理系统功能图

智能算法模型是智能充电控制的核心,包含了各种充放电控制模型进入和退出机制、运行策略、各模型运行的优先级和输出参数。DC/DC 充电控制模块是 PMU 与高压 DC/DC 交互模块,在电动汽车架构中,高压 DC/DC 取代发电机作为供电源,其输出电压由 PMU 发送请求指令,控制参数由智能充电算法给出。高低压系统交互通过 CAN 网络实现。

3 电动汽车电源管理系统问题

售后市场反馈的问题中,低压蓄电池亏电导致车辆无法上高压电,以及高压动力电池电量不足导致抛锚案例非常多,这给客户使用体验带来不好的影响,甚至会引起客户强烈抱怨。下面分析几个典型售后抱怨案例。

案例 1: 客户新购买电动汽车,一次行驶后停放车辆一周,再次使用时遥控钥匙无法解锁车辆,使用机械钥匙解锁后,整车仍然无法上电,请求救援。救援人员实施泵电救援后,车辆恢复正常,但客户用车约半个月后,又重复出现同类故障。

问题分析: 很明显这是由于车辆停放时 12 V 低压蓄电池电量耗尽导致无法解锁,无法上高压电。但实际车辆停放时间仅一周,且了解到客户每周开车 3~5 次左右,每次行驶时间不低于半小时,理论上不存在蓄电池充电不足问题,因此问题出在驻车静态电量消耗太快。导致此类问题根本原因有多种,如车辆本身静态电流大、TBOX 远程监控耗电大或动力电池均衡耗尽小电池电量等。

案例 2: 客户车辆使用频率低,且每次开车时间也较短,但是每次使用车辆后会及时插充电枪充电,动力电池充电完成后,客户反馈仍然会有系统提示 12 V 蓄电池电量低。

问题分析: 从现象上分析,这类客户的蓄电池在平时使用过程中得不到足够充电,蓄电池多处于半亏电状态,且在车辆充电过程中低压蓄电池电量也未得到补充,导致低压蓄电池电量不足报警,长此以往蓄电池寿命必然会缩短。

案例 3: 有些客户喜欢长时间在车上使用车载娱乐系统,在使用过程中会发现系统提示低压蓄电池电量低且限制功能使用,但客户观察到动力电池电量却是充足状态。甚至有时候客户发现低压蓄电池亏电后无法上高压电,在请求救援后发现高压电池电量充足,于是客户抱怨为什么车辆高压电充足,仍然还会报出亏电问题。

问题分析: 这类问题属于明显的系统设计不完善,电动汽车高低压系统电源管理策略上没有做好能量平衡策略,导致整车功能体验差。

以上 3 个案例是当前电动汽车行业内较普遍存在的电源管理策略问题,高压电源管理和低压电源管理分属不同部门设计,各方在设计策略上主要考虑各自子系统功能安全性,而忽视了高低压系统之间交互、能量平衡、功能安全方面协作的重要性,从而导致整车功能问题。此类问题完全可以从电源管理策略上改善和解决。

4 电源管理策略优化方案

4.1 驻车静态电流消耗优化

车辆在锁车停放时,部分用电器电源未完全切断,主要是一些控制器存在基本电流消耗,整车累加电量消耗即整车驻车静态电流消耗,这个值的大小决定了车辆所能持续停放的天数。影响电动汽车静态电流的因素很多,有周期性唤醒功能消耗,如防盗与钥匙检测时 BCM 唤醒、PEPS 检测、锂电池离线均衡、互联网功能手机 APP 操作唤醒 TBOX 进行数据上传、远程刷新功能等。下面针对影响较大的 2 个方面给出优化方案。

4.1.1 移动端 APP 操作策略优化措施

目前大部分电动汽车都装备有 TBOX 模块, 并为客户匹配移动端 APP, 客户可以通过手机 APP 随时随地进行远程操作查看车辆状态, 或者对车辆进行指令操作, 如解锁、关窗、亮灯报警等。实施流程如图 4 所示, 客户从手机 APP 发出操作指令, 指令上传 TSP 服务器, 服务器打电话给车载 TBOX, TBOX 应答 TSP 服务器后, 同时唤醒车辆网络, 读取相关车辆状态信息, 或给其他控制器下发指令, 然后将结果反馈给 TSP 服务器, TSP 服务器再将信息发送到手机客户端。

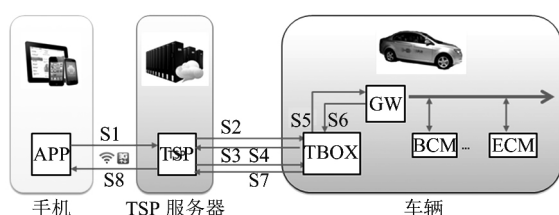


图 4 移动端获取车辆信息流程

由于每次操作会唤醒整车网络, 并产生相应的电流消耗, 所以在单次长时间停车时间段内, 如果客户频繁去操作 APP, 将会加速车辆亏电。假设电动汽车配置 50 Ah 蓄电池, 驻车前 85% SOC, 要求保留 35% 安全电量, 则可用驻车耗电量为 25 Ah(50% SOC), 如车辆唤醒操作时整车平均耗电 3 A, 表 1 计算的是在不同单次唤醒时间和单日 APP 操作次数下, 单日消耗蓄电池 SOC 占比。由此可见, 如果唤醒时长和操作次数不作限制, 电动汽车将会很快出现亏电情况。策略上可以尽量缩短车辆单次唤醒时间, 当 TBOX 给 TSP 服务器反馈结果后, 整车网络立即进入休眠。同时必须对客户操作手机 APP 的次数加以限制, 以减小总体消耗电量, 延长驻车时间。

表 1 操作手机 APP 电量消耗

单次网络唤醒时间 /s	单次消耗电量 /Ah	单日操作 APP 10 次 /Ah	消耗蓄电池 SOC 占比 /%	单日操作 APP 20 次 /Ah	消耗蓄电池 SOC 占比 /%
120	$3 \times 120 / 3600 = 0.1$	1	2	2	4
180	$3 \times 180 / 3600 = 0.15$	1.5	3	3	6
300	$3 \times 300 / 3600 = 0.25$	2.5	5	5	10
600	$3 \times 600 / 3600 = 0.5$	5	10	10	20

4.1.2 动力电池离线均衡与低压蓄电池状态关联

动力锂电池组中各单体电池的特性存在差异, 随着使用时间增加, 个体电池之间的差异会积累, 在后续的充放电过程中, 表现为个别单体电池发生过充或过放现象, 整个电池组容量和寿命下降, 车辆续驶里程缩短^[2]。所以锂电池均衡是电动车高压电池管理的重要环节, 目前大多采用主动均衡策略。主动均衡策略实施有两个场景: 一是插充电枪充电过程中实施均衡; 二是电动汽车长时间停放过程中启动离线均衡。

离线均衡策略由高压 BMS 系统控制实施, 进入条件为单体电池之间压差达到设定阈值, 退出条件为压差值达到退出阈值或一个均衡周期完成。在均衡过程中, 低压蓄电池需要给高压系统供电, 消耗电流一般为几安培, 如果 BMS 系统忽视低压蓄电池 SOC, 或均衡时间没有合理控制, 将引起整车亏电。

控制策略上可以将低压蓄电池 SOC 状态纳入开启离线均衡条件, 设定最低 SOC 阈值, 如 SOC 在 80% 以上开启。均衡过程中 BMS 与 12 V 电源管理控制器实时通信, 获取蓄电池 SOC 值, 当 SOC 降低至下限值, 则退出均衡。如果是通过周期来控制离线均衡, 可根据离线均衡消耗电流, 计算单个均衡周期消耗电量, 以便设定合理的周期和离线均衡的频次。

4.2 低压蓄电池实时监控与主动上高压电策略

在 12 V 低压电源管理系统中, 将所有用电器按类别划分为娱乐类、辅助类、舒适类、安全类, 将各类用电器分别对应于各用电安全等级, 再将蓄电池 SOC 状态划分为不同的电量安全级别, 将用电安全等级与电量安全级别进行匹配, 实现对电器负载功能开闭的管理, 达到维持整车供电安全和保护蓄电池寿命的目的^[3]。这种电器负载管理功能策略已经在 12 V 电源管理系统中广泛应用, 12 V 电源管理单元 PMU 会实时监控蓄电池的 SOC 状态, 根据 SOC 状态进入相应限制等级, 限制用电器功能, 减少整车电流消耗, 以延长蓄电池的维持时间。表 2 为电器负载管理等级划分示例。

该策略一定程度上延缓了蓄电池亏电, 但随着驻车时间的增加, 不能从根本上避免低压蓄电池亏电发生。如在电动汽车上实施主动上高压充

表2 电量安全等级与负载管理

蓄电池 SOC/%	限制等级	电器功能			
		娱乐类	舒适类	辅助类	安全类
80	0	√	√	√	√
60	1		√	√	√
50	2			√	√
30	3				√

电策略,可以很好解决该问题。策略流程如图5所示,具体判定条件可根据实车进行标定。根据策略设定,只要动力电池电量充足,可保证低压蓄电池电量较长时间维持在安全水平,支持用户车辆长时间停放而不引起亏电抱怨。

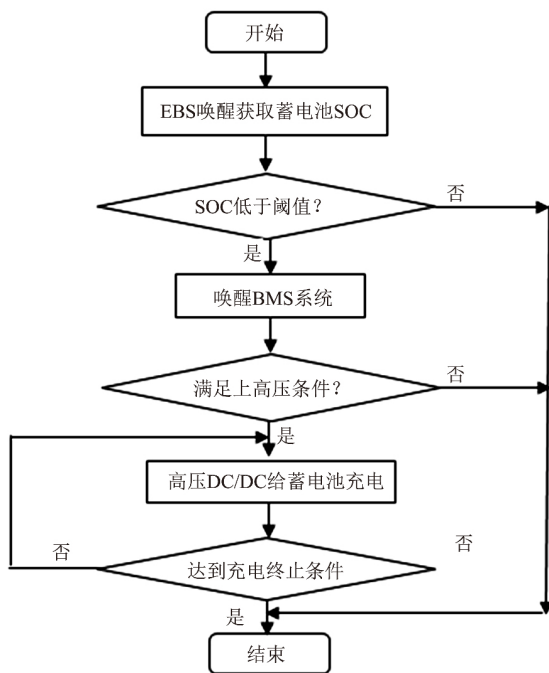


图5 主动上高压充电流程图

4.3 高低压系统充电兼顾策略

目前电动汽车外接充电枪充电,策略设计上主要考虑给动力电池进行电量恢复,而较少考虑对低压蓄电池进行充电。在高压充电过程中,或是没有预留12V充电接口,或是预留12V充电功率不足,这就会出现文中提到的案例2抱怨问题。针对这个问题,有2种优化方法。

方法1:增大充电枪输出功率,增加辅助低压输出接口给低压蓄电池直接充电,已有低压充电接口功能的可提高辅助低压输出端的电流输出能力,以增加低压蓄电池充入电量。

方法2:优化充电管理策略,在高压电池充电过程中,如检测到低压蓄电池SOC低于设定阈值,则启动高压DC/DC给低压蓄电池充电,充电的电压和电流参数须提前标定。

4.4 车辆亏电紧急处理模式

为避免低压电蓄电池亏电导致无法上高压电的问题,在系统方案设计时可考虑优化供电回路设计和控制策略,这涉及到高压BMS系统和高压DC/DC硬件改动,且须预留物理应急启动开关。一旦发生亏电,客户可通过机械钥匙解锁车门,再手动闭合紧急启动开关,激活BMS系统自给供电和高压DC/DC输出,这样可解决客户寻求救援的麻烦。

4.5 由高压系统维持驻车电量消耗

从近几年电动汽车发展趋势来看,新增控制器和配置功能越来越多,车辆在驻车后耗电量成倍增加,仅从增加蓄电池容量角度已经不能满足需求。所以最终解决方案,须由高压动力电池系统维持驻车电量消耗,再辅助于其他的节电策略,并且通过手机APP提醒方式告知客户及时为车辆补充电,以实现长时间驻车的可能性。

5 结语

本文针对电动汽车电源管理系统策略存在的不足之处,所提出的一系列解决方案和控制策略优化方案能够提高电动汽车电源系统可靠性。这些方案可以单独或者结合起来实施,如辅助以车载TBOX主动信息提醒功能,可以最大程度地减少由于蓄电池亏电造成客户抱怨。当然,这些方案实施须兼顾安全、成本、系统复杂度等因素,须由电器架构、高压系统、低压系统以及互联网开发团队共同协作实现。

参考文献

- [1] 陆柯伟,王林,曹建华,等.基于LabVIEW的BMS测试监控平台设计[J].上海汽车,2018(4):8-13.
- [2] 朱玉凤.电池管理系统的均衡设计[J].客车技术与研究,2015(2):22-24.
- [3] 孔伟伟,杨殿,李兵,等.汽车蓄电池管理方法的研究[J].汽车工程,2015(5):576-581.