

# 电动汽车电池管理系统电磁兼容性分析与设计

余江 李庆飞 李瑞峰

(东莞市东电检测技术有限公司 广东 东莞 523808)

**摘要:** 在社会经济稳步发展中,为了正确应对地球资源过度匮乏的问题,科研学者提出运用电动汽车取代传统能源汽车,这不仅符合人们的生态环保要求,还可以引导汽车产业向着电动化和智能化的方向发展。中国作为全球最大的汽车销售市场,整合近年来新能源汽车的应用设计现状分析可知,电池管理系统的电磁兼容性分析至关重要。因此,本文在了解电动汽车内部电池环境的基础上,深层探讨电磁兼容的解决方案,并明确电磁兼容性检测技术的基本要求,以此为我国电动汽车行业发展奠定基础保障。

**关键词:** 电动汽车; 电池管理; 电磁兼容; 电磁干扰

## 0 引言

在经济全球化发展趋势下,各国政府为了在竞争越激烈的市场环境中,展现自身的技术优势,开始从长远发展角度入手,思考行业经济建设发展的主要内容。而电动汽车作为现代技术革新研发的全新内容,是指以车载电源为主要动力,利用电动机驱动车轮行驶,符合道路交通和安全法规的车辆。由于电动汽车对环境影响相比传统汽车较小,所以一经提出就受到了人们的广泛关注。现如今,常见的电动汽车分为三种:纯电动汽车、混合动力汽车、燃料电池汽车。随着现代技术的不断革新,电动汽车运用的电子设备数量和种类越来越多,这就导致车内空间电磁环境越发复杂,产生的电磁干扰问题越发严重。因此,本文主要研究电动汽车电池管理系统的电磁兼容性设计内容和相关标准。

## 1 电动汽车内部的电池环境分析

### 1.1 电力传动系统

这一部分是电动汽车系统中最大的干扰源,其中交流电动机需要利用变频调速设备实现无级调速,而直流电动机需要使用直流电源,相应的无级调速要选用可控硅调速设备,因此实际应用范围受到限制。由于整体结构设计和工作原理较为特殊,所以会利用屏蔽等方式来控制干扰的传播范围。

### 1.2 功率电子系统

这一部分作为主要的电磁干扰源,拥有较多的敏感设备。比如,PWM逆变器功率回路上的寄生电感在断开功率开关和续流二极管环流的状态下,极容易出现浪涌电压,瞬时的 $du/dt$ 将会产生大量的电磁干扰;火花点火圈利用高压放电点火,瞬时的 $di/dt$ 将会产生强烈的电磁干扰;不管是逆变器还是点火器驱动电路的大

功率晶体管控制极,在感应电压或浪涌电压的影响下,都极易出现错误触发,从而导致系统运行不稳定。

### 1.3 控制电子系统

电动汽车内部的控制电子系统属于非常关键的敏感设备,这些内容都是利用电压等级调低的数字芯片或模拟电路构成的,在发射大量控制信号时,很容易受系统内部电磁干扰所影响。同时,因为这些控制电子系统具备大量的数字接口,所以在系统设计时,不仅要预防外部干扰,还要解决系统本身的干扰信号。

### 1.4 系统关系

电磁干扰的耦合途径分为两种:一种是以空间传播为核心的辐射耦合方式,另一种是以电路传输为核心的传导方式。从当前电动汽车领域的发展情况来看,辐射耦合的方式分为近场耦合和远场耦合,而传导方式则包含传导耦合和公共阻抗耦合。根据电动汽车内部所有电气部分之间的电磁干扰关系分析可知,电动机和功率电路之间会利用三相动力线连接,逆变器控制电路和主电路之间会选用信号线电缆连接,电动机传感器会利用传感器信号电缆和逆变器控制电路相连。

## 2 电动汽车的电磁兼容性分析与设计

测试分析当前市场中的新能源电动汽车可知,电磁干扰源头在电控主驱、辅驱、转换电路、车载无线通信等电气设备中。根据最终测试获取的结果来看,现如今电动汽车系统出现的电磁干扰问题,90%都源自于电驱系统,其次在电动汽车的控制系统中,电源转换部件很容易出现辐射干扰,而在电动汽车的交互通信中,车载无线通信设备会在高频通信时产生辐射,这也是造成电磁干扰的主要渠道。结合上述研究掌握的电动汽车电池工作环境,深层探讨电动汽车的电磁兼容性设计方案,具体内容涉及以下几点。

## 2.1 控制电子系统及信号电缆

### 2.1.1 控制电子系统 PCB

这一系统包含电子娱乐、逆变器的控制部分、多种无线网络设备等内容。由于 PCB 电路板是系统的核心内容，所以电磁兼容设计要考虑以下几点内容：

第一，地线设计。在控制电路中选用多层电路板，其中中层用于电源线和地线，电源电路、模拟电路、数字电路，要在科学分区中各自接地。这种设计方案不仅能降低电源线和地线的阻抗，还可以控制电路的环路面积，避免不同电路之间出现公共阻抗耦合。

第二，光电隔离。控制电子系统的外围处理电路和总线通信电路，要运用高速公路和微处理器进行连接，其中光耦器件的寄生电容要达到 2pF，能有效隔离外围处理电路和总线上的高频干扰。

第三，滤波器设计。在控制电子系统中，滤波器主要用于切断扰源沿着信号线和电源线的传播路径。按照噪声源的阻抗数值和负载阻抗数值，可以选择不同类型的电磁兼容滤波器电路拓扑图<sup>[1]</sup>。比如，在负载阻抗和源阻抗数值较低的情况下，可以选用梯形滤波器结构；在负载阻抗较高、源阻抗较低的情况下，可以选择 LC 型滤波器结构；在负载阻抗较低、源阻抗较高的情况下，可以选择 CL 型滤波器结构；在负载阻抗和源阻抗数值较高的情况下，可以选择其他类型的滤波器结构。

第四，铁氧体元件。不仅能利用电磁干扰控制扁平信号电缆的射频干扰，还可以抑制电缆铁磁环的传感器电缆的射频干扰。

第五，科学布线。由于时钟、PWM 等电路频率较高，所以在系统设计时，要考虑这些电路的回路面积，有效远离敏感的模拟电路，以此降低串扰。

### 2.1.2 控制电子系统信号电缆

在传统燃油汽车的电磁兼容设计中，并不需要研究汽车内部信号电缆的屏蔽对策，而电动汽车因为电动机运行状况较为复杂，系统内部的电池环境较为恶劣，所以必须要思考信号电缆的屏蔽对策。从总线信号电缆角度来看，可以选用双绞线的方式来减少回路面积，以此避免磁场干扰；从传感器信号电缆角度来看，会将速度、电动机温度、位置、信息等传送到控制器中。因此在整体设计时，一方面要缩短电缆长度，避免出现寄生电容或寄生电感，另一方面，要选择优质屏蔽电缆，预防周边电磁环境，对电缆信号造成负面影响。

## 2.2 功率电子系统

### 2.2.1 功率母线

电压又包含两种情况，一种是功率器件断开时产生的浪涌电压，另一种是续流二极管反向恢复效应形成的恢复浪涌电压。出现这两种情况的原因在于功率回路出现了寄生电感，在功率器件发生换流时，经过寄生电感

的电流会突然发生变化，寄生电感会形成阻止电流变化的电压  $L \times di/dt$ ，和直流母线电压相互重叠之后，直接影响功率器件的两边。这种瞬态的高压很可能损坏功率模块，并产生大量的电磁干扰。从实践工作角度来看，由于整体干扰能量较大，所以很可能直接毁坏电动汽车系统中的低电压设备。同时，在 PWM 逆变器功率电路回路中，因为浪涌电压的能量与回路电感、电流平方的乘积成正比，所以在功率电路电流等级较高的情况下，必须要减少寄生电感。在研究逆变器结构设计和功率器件散热设计时，会运用导线连接的方式，增加功率电路的寄生电感，但这样很容易影响吸收电路的设计效率，因此要运用特殊的母线结构处理大电流功率器件，最常见的就是叠层母线结构设计技术<sup>[2]</sup>。需要注意的是，整体设计的关键在于减少直流母线的寄生电感。

### 2.2.2 电压尖峰吸收电路

功率器件两边的电压尖峰吸收电路，能在获取部分浪涌电压的基础上，减少系统内部的电磁干扰。通常情况下，吸收电路不仅可以为每个功率器件模块设置缓冲电路，还能在直流侧安装一个总体的缓冲电路。

### 2.2.3 逆变器驱动电路

了解当前电动汽车应用情况可知，驱动电源电路包含三种干扰源：电源产生的干扰、主电路产生的干扰、驱动电路之间产生的干扰。由于逆变器驱动电路中的三个下桥臂共用一个电源，并且会和主电路同时共地，所以在主电流出现寄生电感，功率器件开关期间形成  $di/dt$  的情况下，回路上将会产生较大的感应电压，将其添加到功率器件的控制两边，很可能出现器件误导通现象。为了避免主电路受到过多干扰，要在控制器件两边添加电容滤波器，并直接接地，这样能减少公共阻抗耦合和引入开关电源产生的电磁干扰。整体设计的成本较低，且具有极高的抗老性。需要注意的是，因为整体设计共用电源，所以回路面积依旧较大<sup>[3]</sup>。在电磁兼容性较高的条件下，可以使用每一个驱动电路独立供电的设计方案，这样不仅能降低电磁干扰造成的影响，还可以保障整体系统运行的安全性和稳定性。

## 3 技术标准、发展方向和改善方法

### 3.1 技术标准

在我国新能源电动汽车技术革新发展中，有关电池管理系统的电磁兼容性检测分析工作受到了人们的重视。现如今常规汽车的电池兼容性测试工作已经形成了系统要求，比如我国在电动车电池兼容领域提出了 GB 14023、GB 18655 和 GB/T 18387 等多项标准，有关实验的实现条件也相对完善，因此可以严格按照国家的规定要求进行实验操作。在整体汽车行业向着电动化、智能化方向革新的背景下，车辆属性已经从单一个

体演变成庞大的智能交通网络节点。汽车内部功能设备在与环境交互运用的同时,开始全面渗透智能互联网<sup>[4]</sup>。智能网联汽车不仅引入了大量通信子系统和智能安全子系统,还基于多样化的外部传感器,收集了其他车辆的运行信息,比如视频图像采集系统、车载毫米波雷达、蜂窝移动天线等,这样既能获取超出视野范围内的交通信息,又可以帮助汽车用户准确判断周边环境。需要注意的是,这些传感器会对外辐射电磁波,而这些电磁波很可能影响国家无线电管理效率和质量<sup>[5]</sup>。因此,在电动汽车电池兼容实验分析中,要正确区分电动汽车用于发射和激活的外部设备,多角度分析发射设备工作频段的信号和非工作频段的谐波、杂散发射,这都是研究车辆辐射发射是否符合要求的主要内容<sup>[6]</sup>。

### 3.2 发展要求

从国际市场角度来看,有关电动汽车电磁干扰测试的技术标准和法律规定越来越多,而我国对电动汽车电磁兼容性的测试分析也越发严格。我国不仅要系统研究车辆及其零部件的电磁兼容性特征,还要在不同的电压状态下,分析零部件的性能特征,最终准确记录所测量出的数据信息,并交给专业人员进行归档处理,以此为我国新能源电动汽车领域发展提供有效依据。

### 3.3 改善方法

首先,要优化控制电动汽车的电力驱动系统。在电动汽车运行状态下,电力控制系统产生的电磁干扰非常明显,最常见的控制方法就是在控制面板内部添加接插件线缆滤波器,且保障两者尽可能接近。同时,还可以在电动机控制器外侧安装屏蔽层,这样才能保障电动机控制器处在封闭状态下,以此增强系统运行的兼容性。

其次,要优化电动汽车的电源变换器。了解电动汽车的内部构造可知,不管是DC-DC电源变换器还是DC-AC逆变器部件,都会影响电动汽车的电池兼容性。原因在于这些部件在工作状态下会产生较大的电磁干扰,情节较为严重的情况下,还可能导致电动汽车系统失去作用。整合以往累积经验分析可知,这些电磁干扰可以运用多种形式进行抑制,比如增加干扰吸收软件、安装滤波器、科学布局和布线、做好金属屏蔽等。上述几种形式都能有效控制电磁干扰对电动汽车造成的影响。

最后,要优化电动汽车的通信环境。我国对车载无线电发射设备、接入公用电信网的车载无线电通信

设备提出了型号核准和进网许可制度,因此要求设计人员在选择车载通信部件时,优先选择已经通过审核且入网的部件。同时,在接入车载通信部件时,要判断其是否符合车辆电子部件的电磁兼容需求,只有符合要求才能从基础上保障电动汽车运行的电磁兼容性。

## 4 结语

综上所述,由于电动汽车内部的电磁环境非常复杂,对整体系统运行造成的干扰较大,所以在电动汽车领域发展中,如何保障电磁兼容性设计具有安全性和科学性,是目前科研学者探究的主要问题。其中,控制电子系统、功率电子系统、动力电池电源系统和电力传动系统是电磁兼容设计关注的焦点,需要在整合实践工作经验的基础上,针对不同类型的电动汽车需求,选择适宜的抑制方案。因此,我国在加强电动汽车电池管理系统电磁兼容性研究力度的同时,不仅要重视专业技术人才的培养工作,积极引入国内外先进的技术研究成果,还要学会从多角度思考电动汽车的电池管理系统运行状态,并根据不同系统的电池兼容性进行实证分析。这样不仅能研究制造出性能水平更高的电动汽车,还可以提高我国社会经济和科技技术水平。

### 参考文献:

- [1] 许兵兵,宁杰.电动汽车电池管理系统设计[J].内燃机与配件,2021(19):214-215.
- [2] 王皆佳,王杰,王迎娜.电动汽车电池管理系统故障诊断[J].石河子科技,2021(05):44-45.
- [3] 朱永康,柏劲松.电动汽车电池管理系统中传感器技术应用研究[J].汽车电器,2021(08):17-20.
- [4] 乔旭彤,耿海洲,董峰.集中式电动汽车电池管理系统设计[J].电子测量与仪器学报,2015,29(07):1019-1027.
- [5] 王彩娟,朱相欢,田宏锦,等.解析电动汽车电池管理系统新国标GB/T 38661-2020[J].电池工业,2021,25(03):160-164.
- [6] 阮超鹏,敖银辉.电动汽车电池管理系统研究现状与分析[J].汽车文摘,2021(06):28-38.

**作者简介:**余江(1983.07-),男,汉族,四川内江人,本科,工程师,研究方向:机械电子、电子产品检测。