

机动车氢燃料系统电磁兼容测试方法研究

游元杰 罗 意 尹学斌 赵晓峰

上海机动车检测认证技术研究中心有限公司 上海 201805

摘 要: 本文根据机动车氢燃料系统运行原理及特性, 在电磁兼容测试环境搭建方面及测试方法方面进行探讨和研究。

关键词: 机动车; 氢燃料; 电磁兼容

Research on Electromagnetic compatibility Test Method for Hydrogen fuel system of motor vehicle

Yuanjie You, Yi Lou, Xuebing Yin, Xiaofeng Zhao

Shanghai Motor Vehicle Inspection Certification & Tech Innovation Center Co., LTD Shanghai 201805

Abstract: According to the operating principle and characteristics of hydrogen fuel system for motor vehicles, in this paper, the electromagnetic compatibility test environment and test methods are discussed and studied.

Keywords: Vehicle; Hydrogen fuel. Electromagnetic compatibility

1、引言

随着新能源车辆的发展, 氢燃料机动车逐渐成为了新能源车辆发展的重点方向。机动车氢燃料系统在电磁兼容方面, 对机动车内外接收机有较大的电磁影响, 同时随着车载用电器的增多, 也会影响机动车氢燃料系统。所以需要不断积累测试数据, 并进行分析, 才能建立和完善对氢燃料系统的电磁兼容检测评价方法。

本文根据机动车氢燃料系统运行原理及特性, 在电磁兼容测试环境搭建方面及测试方法方面进行探讨和研究。

2、机动车氢燃料系统电磁兼容特性研究

机动车氢燃料系统目前主要采用质子交换膜燃料电池 (PEMFC) 技术, 主要组成部分为燃料电池堆、氢气储存罐、动力电池、电力控制单元和动力驱动系统组成。(如图1所示)

其中燃料电池堆的工作原理是氢气通过燃料电池的正极当中的催化剂分解成电子和质子。其中质子通过质子交换膜到达负极和氧气反应变成水和热量。对应的电子则从正极通过外电路流向负极产生电能。其中氢气来自于氢气储存罐, 氧气来自于车辆外部环境。整个过程主要是将化学能转换成电能, 对周围的电磁干扰较小,

但是传输氢气和收集外部氧气需要泵机、电磁阀体和空压机等电机类部件都会对车辆内部和外部电磁环境造成干扰。

电力控制单元主要由DCDC模块和ACDC模块组成。由于燃料电池堆输出的电压较小、功率变化范围较大等特性, 需要DCDC模块将电压升压并稳定功率, 从而将部分电力输出至车辆动力电池及低压蓄电池中进行储能, 将另一部分电力输出至ACDC, 转换成交流电供用电器使用。

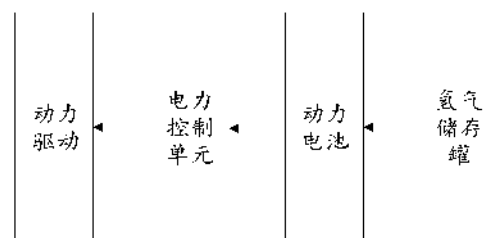


图1 机动车氢燃料系统

由于DCDC模块和ACDC模块功率转换器件在高电压、大电流及高频开关的方式下工作, 会产生丰富的谐波电压及谐波电流。这些谐波电压及谐波电流可通过电源输入线或开关电源的输出线传出, 会对外部电磁环境造成较大干扰。

动力驱动系统组成为驱动电机及电机控制器,电机控制器将动力电池提供的直流电,转换为交流电输入至驱动电机(或直接使用直流电机驱动胸筒)。主要器件为功率半导体模块、电子控制模块等。其中驱动系统在输出大扭矩的情况下,同样处于高电压、大电流及高频开关的方式下工作,会对外部电磁环境造成较大干扰。

由此可见,机动车氢燃料系统与其他种类新能源汽车系统一样,需要考察电磁兼容性具体指标,为了满足机动车氢燃料系统能在不同工况下进行全面测试,并考虑测试开展的环境安全性,需要在现有整车和部件实验室搭建技术的基础上新增一些特殊的设计。

3、机动车氢燃料系统电磁兼容实验室搭建研究

按理论计算,当氢气体积浓度达到4.0%~75.6%,遇火源就会爆炸。而整车电磁兼容测试主要在半电波暗室这个封闭环境内进行,并且为模拟整车运行工况,半电波暗室内配置符合电磁环境本底要求的整车转鼓,在车辆运行时,轮胎和金属转鼓摩擦会产生静电。

从表面上来看氢燃料机动车电磁兼容测试的开展有一定危险性,但在实验室搭建初期可以通过前期设计来降低风险。

进行电磁兼容发射类测试时,可建立全面的氢泄露侦测系统。在半电波暗室新风系统、空调系统等空气置换系统中加入氢燃料侦测传感器,实时监控半电波暗室中的氢气体积浓度。当侦测系统预警时,快速置换半电波暗室内的空气,降低空间内氢气体积浓度。

进行抗扰度测试时可能导致氢燃料系统出现异常状态,由于半电波暗室空间较大,氢浓度侦测系统发出预警时,空气置换系统无法及时降低整个半电波暗室内的氢气体积浓度。为了安全性,使用特殊材料制作隔离罩,将氢燃料系统部件放入隔离罩,并在隔离罩之外设置独立空气置换系统、氢燃料侦测传感器,由于空间体积的减小,空气置换效率将大幅提升,从而能够确保测试开展的安全性。

隔离罩的设置对于电磁兼容中的传导类抗扰度测试没有影响,但会提升辐射类自由场法抗扰度的不确定度。为了降低此类影响,隔离罩制作材料需使用可透波材料,保证空间中的电磁波能以较小的损耗穿透隔离罩,对氢燃料系统有效施加干扰。隔离罩的损耗验证方法可以使用类似于屏蔽效能测试的方法进行验证。

首先使用同类型的两个天线,其中一个天线作为接收天线,另一个天线作为发射天线,在一定频率内按照一定功率进行收发测试,记录此时接收天线读值。然后

在两个天线之间放置可透波材料,再次进行收发测试,并记录接收天线读值。将两组数值进行比较,即可得知可透波材料对电磁的损耗的具体数值。(如图2、3)

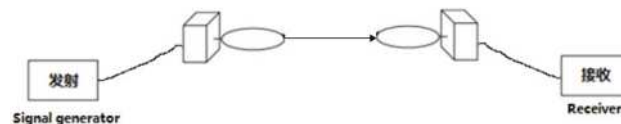


图2 可透波材料验证 示意图1

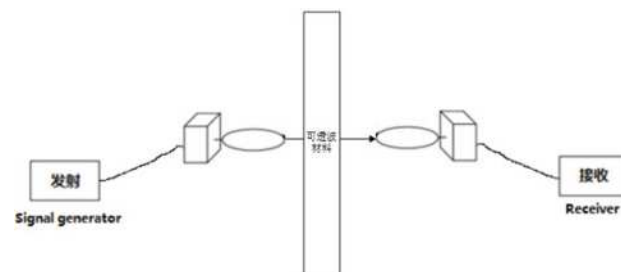


图3 可透波材料验证 示意图2

隔离罩的设置必然会增加辐射类自由场法抗扰度的不确定度。根据CANS-GL07:2015《电磁干扰测量中不确定度的评定指南》^[1]最新修订版中所示,辐射类自由场法抗扰度评估数学模型如下:

$$FS=FS_M+FS_{AW}+P_D+P_{AH}+F_D+R_S+R_{EUT}$$

其中隔离罩的设置将直接影响B类评定中 F_D (场地扰动影响系数),具体不确定度和概率分布可根据辐射类自由场法抗扰度测试中的闭环法测试进一步研究和确认。当场强值不确定度不满足 $\pm 2\text{dB}$ 或25%要求时,应考虑更换防护罩材料或者评估设备能力,提升替代法校准场强值。

整车半电波电磁兼容测试暗室通常均配置尾气排放系统,但由于氢燃料机动车会有少量氢气和水排出,所以在实验室搭建过程中,需在传统尾气排放的基础上,增加水气分离装置,将泄露的少量氢气快速排放至室外空气中,将水通过暗室内水波导排放至室外。

4、机动车氢燃料系统电磁兼容测试方法研究

机动车氢燃料系统的安全性是电磁兼容考察的重要项目。车内涉及安全性的氢浓度侦测系统一般由小型传感器和接收机设备组成,这些设备的抗干扰能力,直接影响到车辆的安全。

对车内部件来说,干扰能量主要来自于两个方面,一个是车辆外界存在干扰源,车辆在行驶过程中受到周围用电器的影响,导致车内部件无法正常工作,这种干扰一般通过空间辐射到车辆内部部件。所以开展车外源辐射抗扰度测试是非常必要的,目前国内强制性认证标准GB 34660-2017《道路车辆 电磁兼容性要求和试验方

法》^[2]以及基础技术类标准GB/T 33012.2-2016《道路车辆 车辆对窄带辐射电磁能的抗扰性试验方法 第2部分:车外辐射源法》^[3]已经明确了相关测试方法和要求。需要注意的是,如果氢浓度侦测系统是采用无线通讯的方法进行传输,应重点考察此通讯频段内的车辆抗干扰能力。

另一个方面是车内存在干扰源,机动车氢燃料系统存在多种高压大功率用电器,不可避免会对车载氢浓度侦测系统。这种干扰辐射于车内空间,传导于线束和端口。要正确评估车内其他用电器产生的电磁干扰对车载氢燃料侦测系统的影响,需要先明确车载氢燃料侦测系统的敏感度。

可使用大电流注入法或CDN,通过调整干扰频率、对线束和端口注入电流和电压强度,判断氢燃料侦测系统的敏感度,制订保护氢燃料侦测系统接收机的限值线,根据CISPR 25:2021《用于保护车载接收机的无线电骚扰特性的限值和测量方法》^[4]中整车测试方法进行测试,在其他用电器工作时,是否会超出制订限值线。确保车内其他用电器不会对系统造成影响。

对于车内其他用电器工作时所产生的传导干扰,根据目前新能源机动车情况来看,车辆运行时,电驱动系统对其他用电器电源端口产生震荡脉冲,氢燃料机动车处于发展阶段,仍需累积数据和典型波形,才能准确进行评估。

静电放电抗扰度测试,同样是机动车氢燃料系统重要的测试项目,测试方法可参考GB/T 19951-2019《道路车辆 静电放电产生的电骚扰试验方法》^[5],处于安全性考虑,在进行测试时,应在隔离罩内注入惰性气体,并时时监控环境内氢气体积浓度,制作远程测试系统和工装能进一步降低测试风险。

5、结语

机动车氢燃料系统在电磁兼容性方面,鉴于车辆整体用电器设计的复杂性,仍需要积累大量测试数据和经验,目前国内已有几个实验室具备氢燃料部件级的检测能力,随着电磁兼容检测技术的发展,相信日后能全面准确地进行评估。

参考文献:

- [1] CANS-GL07:2015《电磁干扰测量中不确定度的评定指南》
- [2] GB 34660-2017《道路车辆 电磁兼容性要求和试验方法》
- [3] GB/T 33012.2-2016《道路车辆 车辆对窄带辐射电磁能的抗扰性试验方法 第2部分:车外辐射源法》
- [4] CISPR 25:2021《用于保护车载接收机的无线电骚扰特性的限值和测量方法》
- [5] GB/T 19951-2019《道路车辆 静电放电产生的电骚扰试验方法》