

电动汽车电磁兼容研究概述

韩永杰 傅振兴 张 恒 杨乐军 (上海捷能汽车技术有限公司 上海 201804)

【摘要】 从设计、安全、标准、验证等方面介绍了当前电动车电磁兼容(EMC)的研究现状。结合工程理论与实践,阐述了电动汽车电磁兼容研究工作中应遵循的一般原则和方法。

【Abstract】 EMC is introduced from the aspects of design, safety, standard and validation. Combined with engineering theory and practice, the general principles and methods in EMC research should be followed are described.

【关键词】 电动汽车 电磁兼容 抑制措施

doi: 10.3969/j.issn.1007-4554.2013.07.01

0 引言

当前,电动汽车的开发受到社会各界的重视和欢迎。相对传统汽车,电动车更加节能、排放更低,但也面临一些新的挑战,电磁兼容便是其中之一。电动汽车电磁兼容问题更为突出,解决问题的难度更大。

1 电动汽车电磁兼容研究现状

当前世界各国对电磁兼容(EMC)研究均非常重视,欧美等发达国家制定了一系列的标准,中国也在传统车电磁兼容的基础上,进一步增加了电动汽车电磁兼容的相关要求,电磁兼容是电动汽车深度研发过程中必然会碰到的一个技术难题,对整车制造商提出了非常大的挑战,其内容主要包括以下几个方面。

1.1 开发设计难度高

电动汽车相对于传统汽车,采用高电压大功

率的汽车电子部件,如电机控制器、直流/直流转换器、高压动力电池、驱动电机,而且电力电子器件还要进行变频调速控制或者高低压的直流变换,同时电动汽车较传统汽车采用了更多的控制、监控、显示和无线电等各种电子设备,如电动助力转向、电空调、电加热、电子水泵、电子制动等。高压电力电子开关器件非常容易通过传导、耦合或辐射产生电磁干扰,而车上密集装备的电子器件还容易受到来自整车及外部的干扰。另外,电动汽车基于节能的考虑往往采用一些轻量化的新材料,而这些材料的屏蔽性能却较差,因此电动汽车较传统汽车电磁骚扰频带更宽,易受干扰的部件更多,电动汽车电磁兼容的开发设计难度更高。

1.2 安全重要性高

电动汽车上大量采用高压和低压的电力电子器件,比如电机控制器、直流/直流转换器、电机、电池、高压线束、电动助力转向、车身电子稳定系统(ESP)、安全气囊等,都是涉及到整车运行安全的重要器件,而这些器件都与电磁兼容有着非常重要的联系,在运行中都有可能由EMC引起错误。如果电磁兼容性能不能满足要求,将会导致

收稿日期: 2013-05-09

上海汽车 2013.07

• 3 •

器件间断性失灵或者永久性损坏,这些关键零件的失灵或者损坏轻则引起部件不能正常工作,重则会导致整车重大安全事故。近几年陆续发生了一些汽车安全事故,如某款轿车在通过收费站时安全气囊突然引爆;某款轿车的 DVD、导航仪和倒车雷达的集成装置经常出现死机等问题,这类事故的潜在原因可能都与电磁干扰有关。

1.3 标准强制性高

现在许多国家,特别是发达国家对车辆制定了电磁兼容方面的法规,我国也陆续出台了零部件和整车强制性法规要求,电磁兼容标准日益完善,具体要求见表 1。零部件本身必须通过电磁兼容性测试,集成到整车后,整车也要通过电磁兼容性全面考核。电磁兼容性具有一票否决权,如果电磁兼容性不能满足相应法规要求,将导致产品不能上市,因此要求厂家投入大量的资金和设备进行电磁兼容的研发。整车企业和零部件企业在研发零件时,为了能够在一个国家和地区取得准入资质,必须通过当地相关电磁兼容的标准认证,而一款产品如果在开发过程中,没有在早期对电磁兼容设计进行充分考虑,则在产品开发后期将会花费非常大的代价进行整改,这将消耗企业大量的开发费用和时间,从而导致产品开发周期延长,甚至产品无法上市。

表 1 电磁兼容相关标准

国际标准	地区标准	美国国家标准	中国标准
CISPR 12	ECE 指令	SAE J551	GB 14023
CISPR 25	EEC 指令	SAE J1113	GB 18387
ISO 11451			GB 18655
ISO 11452			
ISO 7367			

1.4 测试验证的代价高

验证整车电磁兼容是否达标的一个重要工具是电波暗室。对于汽车等大尺寸设备和装置的 EMC 测试,需要有大尺寸的电波暗室,还要求有精准的测试天线、高速的测试数据处理系统、完善的自动化分析软件做配套,因此测试费用非常昂贵,比如在进行一些整车项目的测试时,1 h 的费用达到 1 万元,而且由于当前此类试验室资源非常稀缺(目前华东地区带转毂的电磁兼容测试试验室

仅有 1 个),能够利用的时间非常有限,一旦整车电磁兼容出现问题,改制以及测试验证的成本非常高,周期往往也非常长。

2 电动汽车电磁兼容研究需要遵循的原则

当前电动汽车的发展还处于起步阶段,其要能够与传统汽车进行竞争,则必须在安全性、可靠性、舒适性方面具有竞争力,而这也正是一个企业实力和技术水平的重要体现。电动汽车不是简单地把电力电子、电机、安全气囊、DVD、倒车雷达、自动导航等简单地加在一起,而是需要提升这些设备的安全性、可靠性,使这些电子设备有良好的兼容性。为了保证电动汽车的电磁兼容性,在开发过程中,必须遵循以下原则。

2.1 全面正确认识和贯彻电磁兼容设计工作

电磁兼容设计工作是电动汽车深度研发过程中必须面临的问题,与整车各个电子器件都有联系,是一项系统工程。在电动汽车开发过程中,整车企业一定要对电磁兼容工作引起重视,把电磁兼容设计工作放在一个重要的地位,组建由各个关键零部件功能组组成的工程师团队,同时预留相应的预算和试验资源,在项目之初即介入整车开发工作,对零部件的电磁兼容和整车的电磁兼容设计进行规划设计,并在开发过程中跟踪电磁兼容设计状况,尽早采取措施解决开发过程中出现的电磁兼容问题。

2.2 从项目设计之初介入

在整车项目总体方案设计阶段,要求对产品的电磁兼容设计考虑,主要涉及产品销售的目标市场,以及需要满足的标准法规要求,同时注意后续潜在目标市场的电磁兼容标准和法规的要求。基于以上对产品 EMC 标准法规的要求提出产品的总体 EMC 设计目标,并详细制定产品 EMC 设计总体方案,如各个关键零部件的接地方案如何系统考虑、EMC 关键措施如何实施、各个零部件电磁兼容要达到的技术要求等。

在制定了总体方案以后,要能够尽早安排对整车系统电磁兼容性进行摸底测试,使产品可能

出现的问题在早期得到发现并及时解决。图 1 表明 EMC 的费效比曲线,坐标系的横轴为产品的开发设计流程,纵轴为解决产品 EMC 问题的费用。可见该曲线是一条指数曲线,在产品开发设计后期,解决 EMC 问题的费用大致呈指数增长。如果前期设计没有做好,且没有在整车项目早期进行摸底测试,到了整车开发中期,产品出现了 EMC 问题,付出的代价将会很大。轻则导致产品延期上市,重则导致产品研发失败。

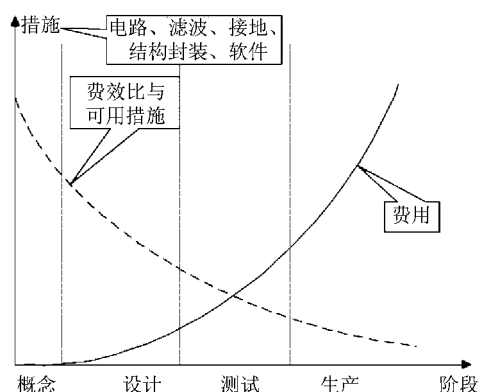


图 1 EMC 设计的费效比曲线

2.3 从零部件入手

零部件电磁兼容性是整车电磁兼容性的基础和前提,用于电动车上的零部件不仅应满足零部件电磁兼容性要求,同时,在整车电磁兼容性出现问题时,零部件供应商也有义务支持并进行相关整改。理论与实践证明,任何电磁骚扰的发生必须具备 3 个条件:骚扰源、传播骚扰的途径和敏感设备^[1]。作为电动汽车的零部件应该从两个方面尽可能地优化:一是尽量降低骚扰的强度;二是尽可能地提高抗骚扰的能力。

如作为潜在电磁骚扰源的电机控制器、直流/直流转换器、高压线束、高压蓄电池,可将外壳形成一个良好的密封体实现屏蔽完整性,防止电磁泄露,再通过多点接地的方式将电机外壳与整车可靠接地,降低电磁辐射的水平。

对信号电缆采取有效的屏蔽措施,可明显提高抗骚扰的能力^[2]。如对 CAN 总线信号电缆,采用双绞线方式以减小回路面积,可有效抑制磁场干扰。对电机传感器信号电缆,选用优质屏蔽电

缆且屏蔽层双端接地,可有效降低周围电磁环境对电缆信号线的容性和感性耦合。

2.4 注重采用系统的解决方案

作为电动汽车,零部件辐射能力相对较强,仅靠单个零部件本身的设计解决整车电磁兼容问题不仅成本非常高,而且难以实现,尤其是当前零部件本身电磁兼容设计还不完善,在进行电磁兼容设计时,应注重采用系统的解决方案,从整车角度解决问题^[3]。

首先要做到合理布局,比如布置车内线束电缆,分开大功率电路和小功率电路,不同类别的电缆之间保持建议的间距,尽量要求高压线束沿着车身布置,优化整车电磁辐射的环路,同时利用车身形成封闭的屏蔽舱。传感器安装位置、信号传递路线、执行部件的防护都可以结合整车特点进行针对性布置。良好的布局,不但可以避免强弱电设备间的相互干扰,还可以缩短主要干扰源布线的长度,减小对外发射干扰,提高产品的可靠性。

其次要有良好的接地和屏蔽。接地方面,不但要控制单个零件的接地电阻,还要关注由不同接地形成的环路。屏蔽层对电场的屏蔽效果比较明显,而对磁场的屏蔽作用与地环路的面积有关,布线设计时除了减小地线阻抗还要尽量减小地环路面积,这样可以有效降低外界磁场在地环路中产生的磁场干扰。屏蔽方面,电磁屏蔽的关键是保证屏蔽体的导电连续性,将零件外壳形成一个连续密封的导体,使耦合到内部电路的电磁场被反射和吸收^[4]。

3 效果验证

在上汽新能源汽车开发过程中,贯彻落实了上述设计理念,开发的电动车和混合动力汽车均能通过国家相关 EMC 设计标准,如图 2 所示。

4 结语

当前电动汽车电磁兼容的设计还处于起步阶段,但电磁兼容工作定将成为未来电动汽车开发

(下转第 11 页)

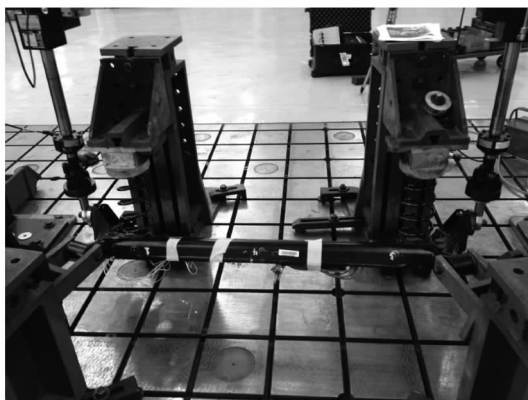


图4 后扭转梁扭转疲劳试验台架

动。首先液压缸使后扭转梁处于同一水平面,使缓冲弹簧的位移与自重产生的位移相同,然后左液压缸上行45 cm,右液压缸下行45 cm,称作位置+45,接着左液压缸下行90 cm,右液压缸上行90 cm,称作位置-45,最后左液压缸上行45 cm,右液压缸下行45 cm,至同一水平面位置,完成一个循环。

4 结语

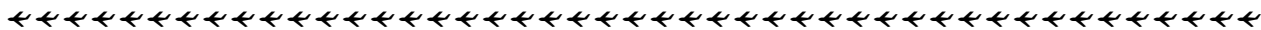
对于后扭转梁来讲,还必须通过总成单侧侧

向力耐久试验和总成单侧纵向耐久试验,才算考核完整。也可以按照同样的思路建立可靠性认证规范。

实践证明,在台架上通过可靠性规范考核的扭转梁在整车道路试验中没有在再现失效,当然可靠性认证方案是一种偏于安全的方案,可靠性数据分析也是一种预测。但是行业内各大主机厂的案例都充分说明在台架试验中制定可靠性认证方案对零部件开发早期就充分发现问题,及时指导设计及生产改进,有重要作用。另外要针对具体的零件制定合适的可靠性目标值。总之,合理的可靠性认证方案对缩短零件乃至车型开发周期,节省开发经费,都有重要的意义。

参考文献

- [1] 孙春方. T-CAR 后桥疲劳试验研究[J]. 汽车技术 2006 (1).
- [2] 田世明, 王霄锋. 失效件数很少的可靠性试验数据处理方法研究[J]. 汽车技术 2001(10).
- [3] 范培文. 威布尔概率密度纸在汽车零部件可靠性分析与评价工作中的应用[J]. 汽车科技 2002(4).



(上接第5页)

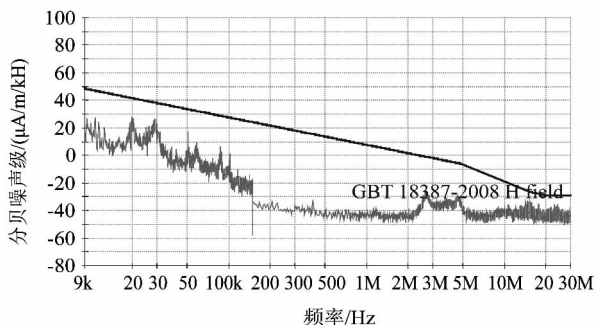


图2 整车 EMC 测试结果架

中的关键内容之一,本文主要是分析了电磁兼容的相关特点,并归纳了电磁兼容工作应当遵循的

相关原则,期望能够对电动车电磁兼容开发人员有一定的启示和帮助。

参考文献

- [1] 林国荣, 张友德. 电磁干扰及控制[M]. 北京: 电子工业出版社, 2003.
- [2] Guttowski S, Weber S, Hoene E. EMC Issues in Cars with Electric Drives [J]. Electromagnetic Compatibility, 2003 (2): 777-782.
- [3] 王伟, 周雅夫, 王健. 电动汽车电磁兼容性研究[J]. 汽车工程, 2008, 30(5): 399-402.
- [4] 徐立, 武建刚. 电动汽车电磁辐射骚扰测量技术研究与实践[J]. 汽车工程, 2006, 5(4): 40-42.