

Simulation Analysis on PCB EMC of Electronic Switch from Auto Windows Based on Ansoft*

Peipei Yang¹, Hong He¹, Zhihong Zhang², Xing Su¹

¹Tianjin Key Laboratory for Control Theory and Application in Complicated Systems, Tianjin University of Technology, Tianjin

²Tianjin Broadcast and Television Development Company Ltd, Tianjin

Email: zuoankaifei@163.com

Received: Sep. 11th, 2011; revised: Sep. 17th, 2011; accepted: Sep. 21st, 2011.

Abstract: In the hardware design of automotive electronics, the most outstanding trouble is the electromagnetic compatibility problem caused by high frequency and speed. Due to lacking high-speed analysis and simulation guide, traditional PCB design can not guarantee signal quality. Contrary to the electromagnetic compatibility problem which is caused by high-frequency interference in PCB design of electronic switch from auto windows, this text proposes a new design technique called “Top-down”, combining the software Ansoft Designer with Protel 99SE to put simulation analysis on the electromagnetic field of the PCB board diagram. According to the simulation analysis curves, we can take optimization and improvement on the PCB in order to enhance the product’s electromagnetic compatibility.

Keywords: EMC; Auto Electronic; PCB; Ansoft Designer

基于 Ansoft 的汽车车窗电子开关 PCB 电磁兼容性的仿真分析*

杨培培¹, 何宏¹, 张志宏², 苏醒¹

¹天津市复杂系统控制理论及应用重点实验室, 天津理工大学自动化学院, 天津

²天津广播电视发展有限公司, 天津

Email: zuoankaifei@163.com

收稿日期: 2011 年 9 月 11 日; 修回日期: 2011 年 9 月 17 日; 录用日期: 2011 年 9 月 21 日

摘要: 在汽车电子电路硬件设计中, 最突出的问题是由于高频高速所造成的电磁兼容性问题。传统的 PCB 设计由于缺乏高速分析和仿真指导, 信号的质量无法得到保证, 本文针对汽车车窗电子开关 PCB 设计中高频干扰所带来的电磁兼容性问题, 提出了一种新的“自上而下”的设计方法, 采用软件 Protel 99SE 和 Ansoft Designer 相结合的方法对 PCB 板图进行电磁场仿真分析, 根据仿真分析曲线对 PCB 进行电磁兼容性能的优化改进, 通过优化改进以提高产品的电磁兼容性能。

关键词: 电磁兼容; 汽车电子; PCB; Ansoft Designer

1. 引言

高频高速的趋势给汽车电子电路硬件设计带来许多新的问题, 其中电磁兼容性问题最为突出。在 PCB

板的整体布局、芯片的选择、电路布线、过孔和通孔的分布、地线设计、各种接插件的影响、抗干扰设计、滤波设计以及地回路设计中无处不存在电磁兼容性问题。

传统的 PCB 设计由于缺乏高速分析和仿真指导, 信号的质量无法得到保证, 而且大部分问题必须等到制板测试后才能发现。这大大降低了设计的效率, 提

*基金项目: 天津市自然科学基金(05YFJMJC13100)、天津市社会发展重点基金(05YFSYSF033)和天津市复杂系统控制理论及应用重点实验室的资助项目。

高了成本, 在激烈的市场竞争下显然是不利的。于是针对高速 PCB 设计, 提出了一种新的设计思路——“自上而下”的设计方法, 这就需要用软件对设计的系统进行电磁兼容仿真与预测^[1]。本文针对某汽车车窗电子开关系统经电磁兼容测试存在电磁骚扰的问题, 提出用现有的仿真软件对其 PCB 板图进行仿真分析, 并最终找到优化措施进行改进, 从而大大缩短了产品的研发周期。

2. 汽车电子 PCB 设计中的 EMC 分析

2.1. 汽车电磁兼容概述

电磁兼容性就是器件、设备或系统在所处的电磁环境中良好运行, 并且不对其所处环境产生任何难以承受的电磁干扰的能力。

汽车电磁兼容性就是指车辆或零部件或独立技术单元在其电磁环境中能令人满意的工作, 又不对该电磁环境中的任何事物造成不应有的电磁骚扰的能力。即: 在汽车及其周围的空间中, 在其运行的时间内, 在可用的频谱资源的条件下, 汽车本身及其周围的用电设备可以共存而不至引起降级^[2]。

2.2. PCB 中的 EMC 分析

PCB 中的 EMC 分析主要考虑以下几个方面: 1) 频率: 问题出现在频谱的哪部分? 2) 振幅: 能量级别有多强, 导致有害影响的潜力有多大? 3) 时间: 出现的问题是连续的周期信号, 还是只在确定的操作循环内? 4) 阻抗: 源和接收机单元的阻抗是什么? 二者间传输媒质的阻抗是什么? 5) 尺寸: 导致辐射出现的发射设备的物理尺寸是多少?

解决 PCB 设计中的电磁辐射干扰问题的一个关键点在于找出电磁辐射的频率、幅度等来源于哪一个干扰源, 再采取措施将干扰源产生的电磁辐射限定在一定范围内。

汽车电子 PCB 上的辐射主要产生于两个源: 一个是 PCB 走线, 另一个是 I/O 电缆, 其中电缆占有重要的地位^[3]。

2.3. 常用的电磁仿真软件

目前, 电磁兼容数值仿真软件较多, 主要有 Ansoft

Designer, CST Microwave Studio, ANSYS(FEKO), FLO/EMC, EMC2000, IES 等^[4]。

其中, Ansoft Designer 是第一个将高频电路系统, 板图和电磁场仿真工具集成到同一个环境的设计工具。同时还实现了自动化板图的功能, 板图与原理图自动同步, 大大提高了板图设计效率, 是从事射频、EMC、信号完整性以及机电系统领域设计人员的首选工具, 目前广泛用于电子设备、集成电路、通讯、航空、汽车、船舶及国防军事部门^[5]。因此, 本文采用了美国 ANSOFT 公司的 Ansoft Designer 软件来对汽车车窗电子开关系统的 PCB 进行仿真分析。

3. 汽车车窗电子开关系统的工作原理

汽车车窗电子开关系统主要由电源、易熔线、断路器、主继电器、开关、电动机和指示灯组成。

电路或电动机内装有一个或多个热敏断路器, 用以控制电流, 防止电动机过载。主继电器的作用是接通或断开门窗电路。当接通点火开关电路时, 同时也接通了主继电器的线圈电路, 主继电器接通门窗的电路。当关断点火开关时, 主继电器同时也断开门窗电路, 以防损坏电气组件和发生意外。开关用来控制门窗玻璃升降。系统装有两套控制开关, 一套装在驾驶员侧车门扶手上, 为主开关; 另一套装在每一个乘员的车门上, 为分开关。指示灯是用来指示门窗电路的工作状态, 主要有电源指示灯、乘员门窗电路指示灯和驾驶员侧门窗升降状态指示灯。

本文以某种汽车车窗电子开关系统为例进行仿真。它的工作原理为: 左前窗为主开关, 右前, 左后和右后开关受继电器 K3 的控制。其中, 左后和右后为机械式开关需要手工推动来实现开关的通断。当开关导通或者断开后, 产生的开关信号经过整流和运算放大后输入 PIC 单片机, 产生输出控制信号, 通过继电器用小电流控制大电流的功能来实现控制车窗的动作。

4. 汽车车窗电子开关 PCB 电磁兼容性的仿真分析与改进

以该汽车车窗电子开关系统的 PCB 为例, 在设计初期采用软件 Protel 99SE 和 Ansoft Designer 相结合的方法对 PCB 板图进行电磁场仿真分析对其电磁兼容

性进行仿真分析。其流程图如图 1 所示。

4.1. 在 Protel 99SE 中绘制原理图并生成版图

4.1.1. 绘制原理图

首先设计该汽车车窗电子开关系统的电路图，根据电路图在 Protel 99SE 中绘制其原理图，生成的原理图如图 2。

4.1.2. 生成 PCB 板

保证原理图是完全正确的情况下，进行 ERC 检查无错，保存。在 Documents 目录下新建一个*.PCB 文件，在此文件中开始生成 PCB 版图。如图 3 所示。

4.2. 在 Ansoft Designer 中生成用于仿真的 PCB 模型

首先把生成的 PCB 版图转化成 DXF 格式文件，然后激活 Ansoft Designer，并建立工程，在工程中插入 Planar EM 项目。通过 Ansoft Designer 的 Layout 菜单中的 Import file 选项，将 Protel 软件中生成的 DXF 格式的文件分层导入到 Planar EM 项目中，生成 PCB 仿真模型的各层。如图 4 所示。

建立了汽车车窗电子开关系统的 PCB 仿真模型后，就可以对其设定各种解析条件。

4.2.1. 设定激励(Excitations)

右键单击工程框中的激励，在菜单上出现添加端口选项(Add Port)，在添加口之前，要选择需要添加激励的边缘。

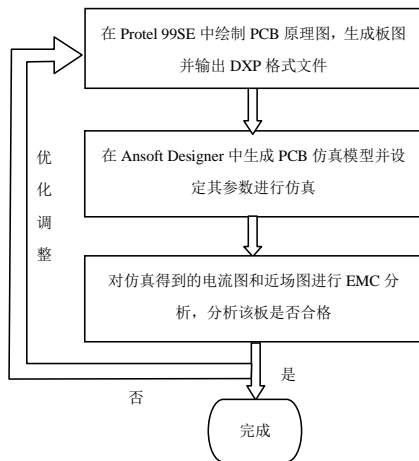


Figure 1. The flow chart of EMC simulation
图 1. 电磁兼容的仿真流程图

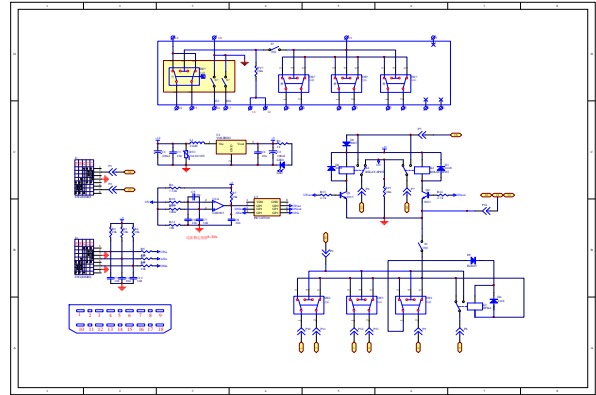


Figure 2. Schematic diagram for electronic switch system from car windows
图 2. 汽车车窗电子开关系统的原理图

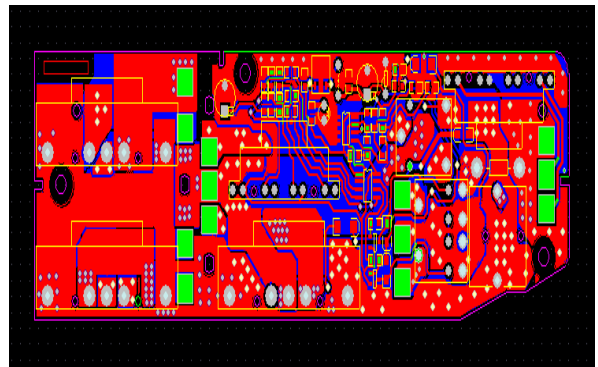


Figure 3. PCB board diagram for electronic switch system from car windows
图 3. 汽车车窗电子开关系统的 PCB 版图

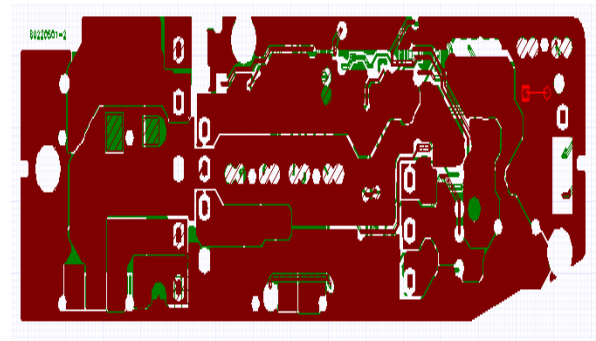


Figure 4. Simulation model for the PCB of electronic switch system from car windows
图 4. 汽车车窗电子开关系统的 PCB 仿真模型

4.2.2. 设定分析条件(Analysis)

右键单击工程框中的分析选项，在出现的菜单中选择添加解析方案设定(Adding Solution Setup)，在网络参数(Meshing Parameter)标签下，初始化网格设定为固定网格(Fixed Mesh)，频率设为 1 GHz；在网络精炼

(Mesh Refinement)标签下, 精炼参数(Refinement Parameters)接受缺省值。

4.2.3. 设定频率

右键单击分析项扩展项下的 Setup 1, 勾选(Mesh Overlay)和(Dynamic Mesh Updates), 选择频率扫描(Adding Sweep Frequency), 出现扫描(Sweep)参数设定对话框。设定其类型和扫描开始频率、停止频率及步长。扫描的开始频率设定 100 MHz, 停止频率设定为 0.9 GHz, 步长设定为 200 MHz, 总共 5 个频率点。

解析条件设定好后, 单击 Planar EM 菜单, 选择校验检查(Validation Check), 对所设参数进行校验, 若不合格, 根据提示修改错误, 再校验, 直到合格。成功校验后, 单击分析(Analysis), 开始对 PCB 仿真模型进行分析。

4.3. PCB 仿真结果及分析

通过对汽车车窗电子开关 PCB 模型仿真分析, 可以得到电流图和 PCB 的 EM 近场(包括电场和磁场)分布图。设定五个频率点, 记录对应的电流、电场和磁场的矢量值, 并绘制出最大电流强度、电场强度及磁场强度随频率的变化趋势分别如图 5~7 所示。

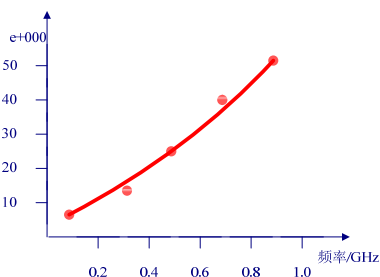


Figure 5. Current intensity
图 5. 电流强度分析结果

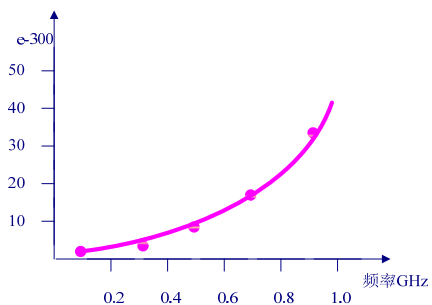


Figure 6. Strength of electric field
图 6. 电场强度分析结果

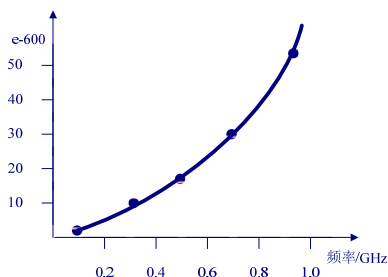


Figure 7. Strength of magnetic field
图 7. 磁场强度分析结果

由图 5~7 可以看出, 随着频率的增加, 电流强度、电场强度及磁场强度都会逐渐增大, 并且当频率增加到一定程度, 它们增强的幅度也会变大。由图 5 可以看到在 900 MHz 时, 形成的最大激励电流强度为 50 e+000, 对周围导线有较强的影响。可见其抗干扰设计并不是完全理想。根据较大的强度点对 PCB 的电流图和 EM 近场分布图进行分析, 发现在布线密集的地方, 近场强度就会变大; 在连线比较长的地方, 电流强度就会增加; 在场强较强的区域内, 存在易受干扰的信号线及敏感元件。

4.4. 对 PCB 的优化调整及仿真分析

从 EMI 角度来讲, 必须防止 PCB 布线、线圈、电缆等变成天线。当布线或电缆的长度与波长可比拟时, 就会出现天线效应, 形成辐射, 通过自由空间或连接电缆向外辐射能量。从 EMS 角度来讲, 必须防止 PCB 布线、线圈、电缆等变成接受天线。当 PCB 布线、电缆的长度或环路与波长可比拟时, 就会出现接收天线效应, 接收一些干扰信号, 影响设备内部电路的正常工作^[6]。要解决这个问题, 必须滤除无用的干扰信号。

另外, 根据布线规则, 适当地调整 PCB 板图上的走线。尽量减少布线密集的地方以及连线比较长的地方^[7]。

具体改进措施: 1) 在汽车车窗电子开关原理图中的继电器的电源处即第 5 个引脚加接了一个并联的去耦电容来进行对输出信号的滤波。2) 严格控制关键网线的走线长度, 合理规划走线的拓扑结构。3) 保证 PCB 板有很好的接地。4) 在传输线的末端对地和电源端各加接一个相同阻值的匹配电阻。

通过以上调整和优化, 再次对 PCB 板图进行建模

仿真并分析, 优化后的电流强度、电场强度及磁场强度随频率变化趋势对比图如图 8~10 所示。

针对以上图 5~图 10, 对改进前后的电流强度、电场强度及磁场强度做更进一步的比较, 具体见表 1。

由表 1, 以 900 MHz 频率点为例, 最大电流强度数量级由 50 e+000 降到了 20 e+000, 电场强度由 35 e-300 降到了 11 e-300, 磁场强度由 51 e-600 降到了 9 e-600, 减弱了大约 5.7 倍, 从而对周围导线的影响减弱了许多, PCB 电磁兼容性得到了改善, 而且通过提高产品的性能, 产生了更高的经济效益。

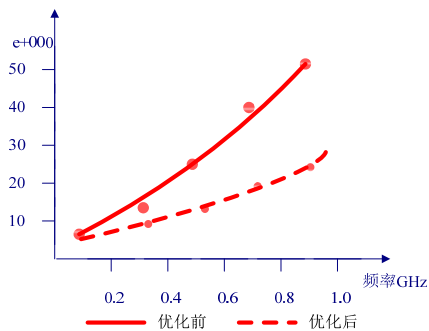


Figure 8. Current intensity
图 8. 电流强度分析结果

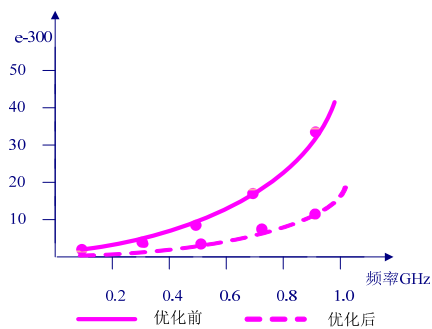


Figure 9. Strength of electric field
图 9. 电场强度分析结果

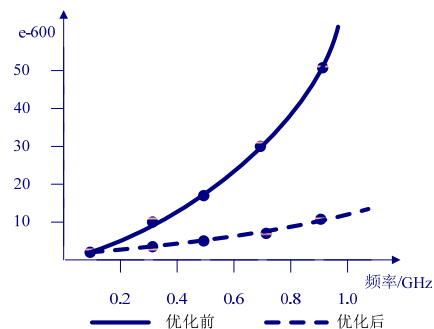


Figure 10. Strength of magnetic field
图 10. 磁场强度分析结果

Table 1. Comparison between before and after optimization
表 1. 优化前后的电流、电磁及磁场强度比较

频率(MHz)	电流强度(e+000)		电场强度(e-300)		磁场强度(e-600)	
	改进前	改进后	改进前	改进后	改进前	改进后
100	8	7	3	2	2	2
300	14	9	5	3	10	4
500	25	13	9	5	18	5
700	39	17	18	8	30	7
900	50	20	35	11	51	9

5. 结束语

本文针对某汽车车窗电子开关系统在设计初期由高频干扰所带来的电磁干扰问题, 应用 Protel 99SE 和 Ansoft Designer 软件相结合对其 PCB 板进行电磁场的仿真分析, 并经过多方面的分析和优化, 避免了绝大部分可能产生的问题。并提出“自上而下”的设计方法, 节省了大量的时间, 确保满足工程预算, 产生了高质量的印制板, 避免繁琐而高耗的测试检错等。

6. 致谢

本文是天津市自然科学基金(05YFJMJC13100)、天津市社会发展重点基金(05YFSYSF033)和天津市复杂系统控制理论及应用重点实验室的资助项目, 在此特别感谢天津市科委和天津市复杂系统控制理论及应用重点实验室。

参考文献 (References)

- [1] 冯源, 樊祥. 高速 PCB 设计技术及发展趋势[J]. 电子对抗, 2010, 33(5): 33-37.
- [2] 邹志星. 汽车布线对汽车电磁兼容的研究[D]. 重庆: 重庆大学, 2007.
- [3] 葛晶晶. 基于 PCB 板的电磁兼容分析与改进[D]. 太原: 中北大学, 2009.
- [4] 吴定超. 汽车电磁兼容仿真预测技术的研究[D]. 吉林: 吉林大学, 2009.
- [5] 高进, 韩军杰. 基于 EDA 软件的 PCB 电磁兼容分析[J]. 电子产品可靠性与环境试验, 2008, 26(1): 8-12.
- [6] 郑军奇. EMC 电磁兼容设计与测试案例分析[M]. 北京: 电子工业出版社, 2010: 201-224.
- [7] 马晓宇, 关丹丹. 汽车电子 PCB 的电磁兼容设计[J]. 印制电路信息, 2009, 5: 23-26.