

# The EMC Simulation and Defects Compensation Design of Network Switch Devices Based on Ansoft HFSS

Shihua TONG

Computer Application Department, Chongqing College of Electronic Engineering, Chongqing, China

Email: t198042sh@yahoo.com.cn

**Abstract:** According to Ansoft HFSS EMC simulation and analysis software, the industrial grade network switch devices is EMC simulated, meanwhile it is EMC tested. Some problems are exposed, such as wave shock, immunity, which is not found in the simulation. The defects compensation design is put forward.

**Keywords:** Ansoft HFSS, EMC, wave shock, immunity

## 基于 Ansoft HFSS 的网络交换设备的电磁兼容仿真及缺陷补偿设计

童世华

重庆电子工程职业学院, 计算机应用系, 重庆 401331

Email:t198042sh@yahoo.com.cn

**摘要:** 通过 Ansoft HFSS 电磁兼容仿真分析软件对现有工业级网络交换设备进行电磁兼容仿真, 同时对其进行实际的电磁兼容测试, 发现仿真设计中没有暴露出来浪涌冲击、抗扰度等缺陷, 并提出对此缺陷的补偿设计方案。

**关键词:** Ansoft HFSS、电磁兼容、浪涌冲击、抗扰度

### 1 引言

电磁兼容本身是一个相当复杂的电磁问题, 特别是在对系统设备进行分析时, 由于设备间连线错综复杂, 各个设备又都向外辐射电磁场, 构成了一个复杂的电磁环境<sup>[1]</sup>。在研究系统的电磁兼容时, 设备的屏蔽问题是一个重要的研究内容, 良好的屏蔽可以防止电子设备受到外界的干扰, 同时, 又可以防止电子设备向外无意辐射。在现代信息社会, 网络交换设备被大量使用, 若不能够很好地被屏蔽, 泄漏场将很可能被截获, 造成重大的损失。在对设备进行屏蔽时, 我们一般采用金属导体来进行屏蔽。如果我们用金属来封闭一个区域, 并假设金属为理想导体, 根据理想导体的边界条件, 容易知道金属内外的电磁场之间是不存在任何关联的, 即内部电磁场和外部电磁场将被完全隔离开来<sup>[2]</sup>。但由于通风、散热、电源和通信导线间的接口、设备的显示仪安装等原因, 被屏蔽的设备不可能是全部封闭的, 它必定存在孔缝, 此外, 用来屏蔽的金属导电率不可能为无穷大, 因此, 电子设备将不可避免受到外界电磁干扰的影响。

### 2 基于 Ansoft HFSS 的网络交换设备电磁兼容仿真

#### 2.1 Ansoft HFSS

Ansoft HFSS 采用的理论基础是基于有限元方法的一种电磁场仿真分析软件<sup>[3]</sup>。由于分析和测量真实网络交换设备的电磁兼容特性往往要花费很大的代价, 因此, 可以通过在 Ansoft HFSS 中建立所需研究的网络交换设备电磁兼容仿真模型, 并设置好相应的频率、激励源、辐射边界、精度等参数, 通过 Ansoft HFSS 仿真就能够得到网络交换设备的电磁兼容特性。下面就以工业级十六口交换机为例, 对其对偶极子天线远场、对偶极子天线近场的电磁兼容仿真结果进行分析。

#### 2.2 基于 Ansoft HFSS 的电磁兼容仿真及分析

采用 Ansoft HFSS 来进行高频电磁结构的仿真分析时, 首先应经过几何尺寸建模、模型材料设置、仿真频段设置、辐射边界设置、激励源设置以及仿真图像显示设置等几个步骤。该工业级交换机采用金属铝制壳体, 一个直流电源接口, RJ45 网络接口等构成; 其相对介电常数、磁导率、电导率分别为: 1, 1.000021,

38MS/m; 该辐射边界以一个长方体表示, 其材料设置为真空, 通过计算可知, 辐射边界的尺寸应为: 2400mm\*2200mm\*2100mm; 激励源为偶极子天线、平面波在完成其基本建模与设置之后, 开始进行仿真设计。

当偶极子天线中心位置为(0mm,500mm,0mm), 其载有的高频电流为 1A, 频率为 900MHz 时, 网络交换设备的近场分布如下图 1 和图 2 所示。

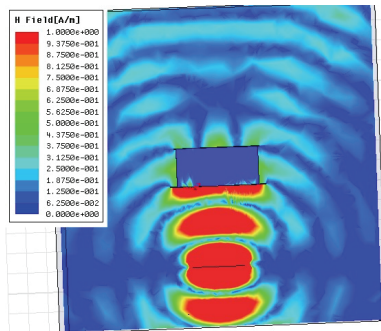


Figure 1. Network switch devices near magnetic field distribution  
图 1. 网络交换设备近区磁场分布图

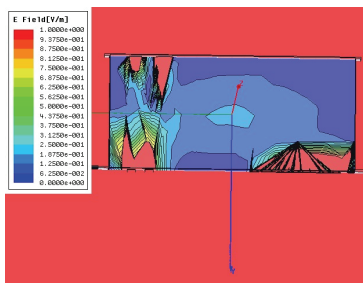


Figure 2. Network switch devices near electric field distribution  
图 2. 网络交换设备近区电场分布图

以上两个近区电磁场分布图均是相位为 0 度时的近场图。图 1 的仿真结果表明: 近区磁场是很难进入网络交换设备的, 仅在其接口处耦合进小部分磁场, 且该磁场的强度均很弱。从图 2 可知, 通过网络交换设备的直流开关接口和 RJ45 网口耦合到网络交换设备中的电场强度也是相当弱的。

考虑偶极子天线对网络交换设备接口的辐射影响, 此时我们把偶极子天线置于网络交换设备的接口附近, 其中心位置为(-100mm,150mm,0mm), 载有的高频电流为 1A, 频率为 900MHz, 仿真可得网络交换设备的近场分布图 3、图 4 和图 5 所示。

以上三个近区电场分布图均是相位为 0 度时的近场图。由于网络交换设备的直流开关接口和 RJ45 网口处于其中部, 因此分别选取 xy 平面内的不同高度作

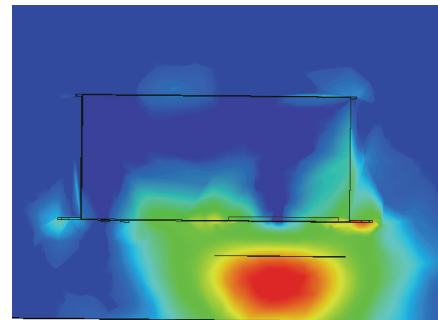


Figure 3. Network switch devices near electric field distribution (z=-22.5mm, xy plane)

图 3. 网络交换设备的近区电场分布(z=-22.5mm, xy 平面)

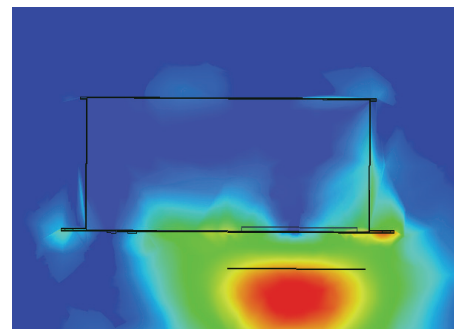


Figure 4. Network switch devices near electric field distribution (z=0mm, xy plane)

图 4. 网络交换设备的近区电场分布图(z=0mm, xy 平面)

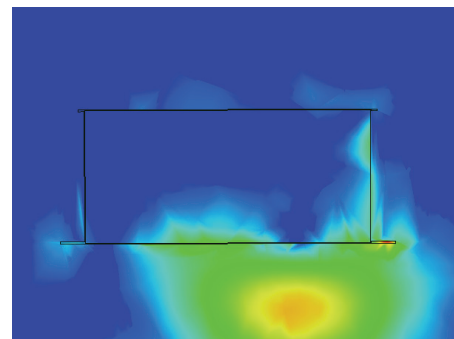


Figure 5. Network switch devices near electric field distribution (z=22.5mm, xy plane)

图 5. 网络交换设备的近区电场分布图(z=22.5mm, xy 平面)

为参考面, 仿真了网络交换设备底部(z=-22.5mm)、中部 (z=0mm)和顶部(z=22.5mm)的 xy 平面内的电场近区分布图。由图 4 可知: 近区电场主要是通过网络交换设备的 RJ45 网口进入其内部的, 电场在网络交换设备 RJ45 网口的两端边缘处强度较大, 随着场向网络交换设备内部的传播, 其幅度衰减较快, 当电场传播至网络交换设备的中部时, 其强度减弱了一半。从图 3 和图 5 可以看出, 偶极子天线对网络交换设备的底部影响要比对其顶部影响较强, 原因是网络交换设备的

顶部盖板较厚，从而有效地屏蔽了偶极子辐射场对它的干扰。

### 3 缺陷补偿设计

参照国标 GB-T17626[1]-1999 电磁兼容抗扰度试验和测量技术实际测试了该网络交换设备的电磁兼容性能，测试内容及试验数据如表 1 所示。

Table 1. EMC test results  
表 1. 电磁兼容测试结果

试验内容	试验数据	
静电放电抗扰度试验	空气放电	8kV
	接触放电	6kV
浪涌(冲击)抗扰度试验	共模方式	+2500V/-2000V
	差模方式	+1000V/-1000V
电压暂降、短时中断的抗扰度试验	电压暂降	降 40%、降 2s、维持 2s、升 2s
	短时中断	降 100%、维持 1s、间隔维持 10s
电快速瞬变脉冲群抗扰度试验	电源线	重复频率 5kHz、+500V/-2000V
	信号线	重复频率 5kHz、+1000V/-1000V
工频磁场抗扰度试验	持续稳定磁场	400A/m
	1s-3s 短时试验	400A/m
射频电磁场辐射抗扰度试验	80MHz-1GHz	10V/m

网络交换设备在实际测试中绝大多数测试项目都能达到工业电子通信产品的电磁兼容性能要求。在测试中也发现了一些在设计初期没有解决、在有限元仿真分析中也未发现的问题，由测试数据可以看出浪涌(冲击)抗扰度试验及电快速瞬变脉冲群抗扰度试验未能达到工业环境下的电磁兼容设计要求。

浪涌(冲击)抗扰度试验及电快速瞬变脉冲群抗扰度试验未能达到设计要求需研究产品的硬件电路原理图及外壳的抗干扰能力。在对网络交换设备产品观察分析后发现可以使用浪涌抑制器件来降低浪涌对网络交换设备的破坏及干扰。解决电源线电快速瞬变脉冲群抗扰度问题的主要方法是在电源线入口处安装电源线滤波器，阻止干扰进入设备<sup>[4]</sup>。快速脉冲通过电源线注入时，可以是差模方式注入，也可以是共模方式注入。对差模方式注入的一般可以通过差模电容和电感滤波器加以吸收。若注入到电源线上的电压是共模电压，滤波器必须能对这种共模电压起到抑制作用才能使受试设备顺利通过试验。

电子设备提高抗击雷击浪涌干扰性能的手段主要是通过选择在电路适当选用浪涌抑制器件及设备的有效接地来实现，在最初设计及仿真分析器件已经对设备的安全接地进行了较好的优化，当下主要是在电路中选择浪涌抑制器件来实现设备的抗雷击浪涌性能的提升。

网络交换设备中电源模块在浪涌(冲击)抗扰度试验中被烧毁的现象，可以对电源模块及通信模块都加入过压保护和浪涌保护电路，有效保护网络交换设备及其挂接的现场设备的安全可靠运行。前端电源接入电路中使用 310v 的 TVS 管，并接两个 3000v 的高压电容，同时连接上屏蔽外壳，电源造成冲击时，过电量会通过过压电容流向设备的外壳，设备外壳通过接大地处理，有效的保护电源免遭冲击。后端的电源部分辅以 <100v 的 TVS 管，接两个 3000v 高压电容。浪涌抑制器件运用电路设计方案如图 6 所示。

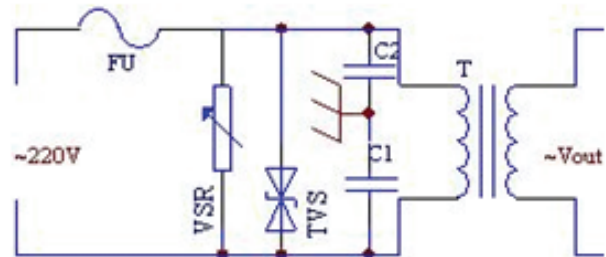


Figure 6. The solution of power overvoltage and wave shock  
图 6. 电源过压、浪涌的解决方案

解决电源线干扰问题的主要方法是在电源线入口处安装电源线滤波器，阻止干扰进入设备。快速脉冲通过电源线注入时，电源回路加电源线路滤波器能有效抑制电网瞬变脉冲干扰。这种滤波器是以电网频率(50~60Hz)为通带的低通滤波器，不仅能抑制共模干扰，也能有效抑制噪声源产生的串模干扰。试验表明：加电源线路滤波器后。电子设备电源线抗瞬变脉冲群型式试验能顺利通过 3 级严酷等级考核因此，在电子产品设计中，应把电源线路滤波器考虑进去。

### 4 小结

设计研发的前期阶段广泛应用电磁有限元分析法，可直接指导以后的设计进程。本文通过现有的网络交换设备对其进行了简易的有限元仿真建模及分析。但同时按照国标电磁兼容抗扰度试验和测量技术对网络交换设备进行了相关测试，在测试中暴露出了一些在现有设计中没有考虑到的问题，在测试后进行了相关项的研究，并进行了有针对性的解决。

## 致 谢

感谢重庆电子工程职业学院计算机应用系的所有领导和同事对我科研工作的鼓励和认可，感谢机器人创新团队的所有同事，特别感谢付蔚同志对本文的指导。

## Reference (参考文献)

- [1] Douglas Brooks. Signal Integrity Issues and Printed Circuit Board Design Lebanon: Prentice Hall, 2005.
- [2] Howard Johnson, Martin Graham, High-Speed Digital Design A Handbook of Black Magic, Publishing House of Electronics Industry, 2007.
- [3] Dilian Reyes, Fully Autonomous IEEE 802.3af Power over Ethernet Midspan PSE Requires No Microcontroller, 2006.
- [4] Jacob Herbold, Avoiding Power over Ethernet Pitfalls, World Electronic Component, No.8, 2008.