



Your True Partner for
CAE × CFD
ICSC2016

IDAJ CAE
Solution
Conference



ANSYS 整车电磁兼容解决方案



袁勇 博士

ANSYS 中国北区技术经理

ANSYS全方位的汽车行业解决方案

流体

结构

电磁

系统

ANSYS 跨行业全面解决方案

Advanced Materials Systems Design
先进的材料系统设计

Robust Electronics Systems Design
稳健的电子系统设计

Fluid-Mechanical Systems Design
流体机械系统设计

Electric Machine and Drive Systems Design
电机及驱动系统设计

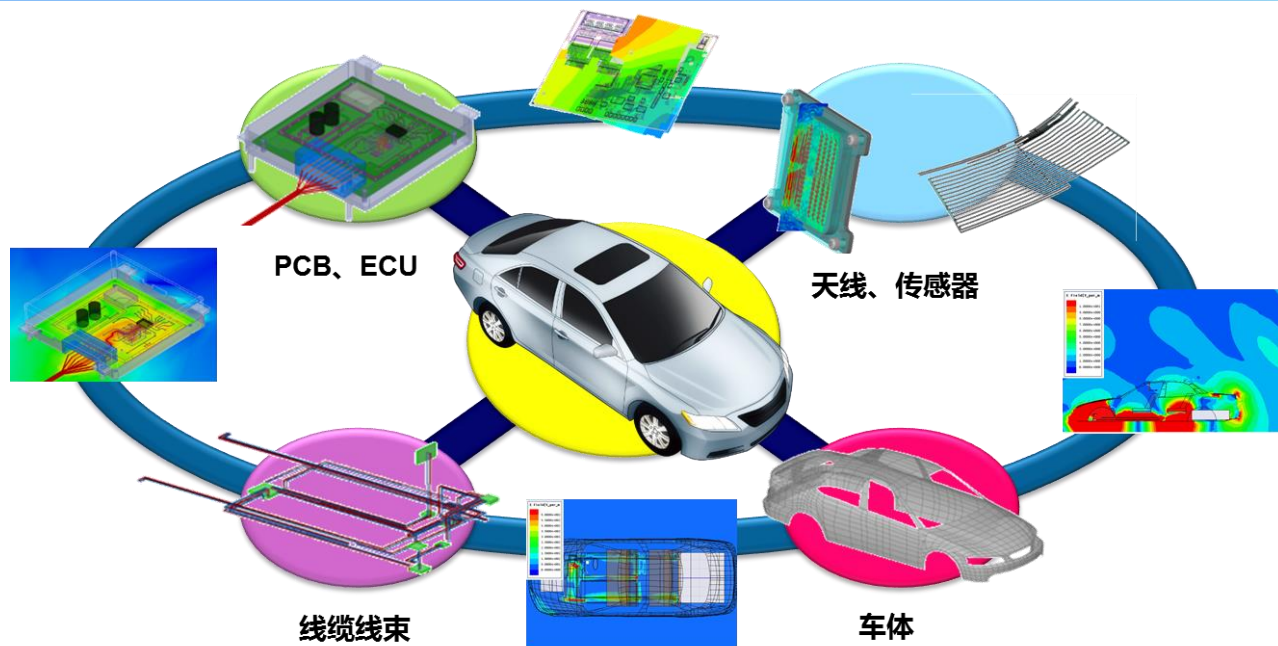
Fluid-Thermal Systems Design
流体热系统设计

ANSYS's AUTOMOTIVE Comprehensive Solutions

- Strong and Durable Composites Design 坚固耐用的复合材料设计
- Upfront Aerodynamic Optimization 前期气动优化
- Comprehensive Underhood Thermal Management 发动机舱热管理
- Efficient, Durable Engine Cooling System Design 高效耐用的引擎制冷系统设计
- Comprehensive I.C. Engine Flow and Combustion Development
- Robust Exhaust Aftertreatment Development 稳健的排气后处理开发
- High Pressure Fuel Injector Development 高压喷油器开发
- Robust Fuel Supply System Design 稳健的燃料供给系统设计
- Robust, Efficient Pump Development 稳健、高效泵的开发
- Efficient, High Performance Turbocharger Development 涡轮增压发动机
- Robust, Efficient Traction Motor Design 稳健高效的牵引电机设计
- Safe, Long-Lasting Battery Development 安全持久电池的开发
- Robust Power Electronics Design 稳健的电力电子设计
- High Performance Fuel Cell Development 高性能燃料电池开发
- Reliable Wireless Communication Systems Design 可靠的无线通讯系统设计
- Electronics Thermal, Structural, Signal Integrity and EMC Optimization
- Robust Automotive Lighting Development 稳健的汽车照明系统开发
- Model Based Design of Automotive Embedded Systems 汽车嵌入式系统
- Low-NVH, Durable Brake Design 刹车设计
- Low Wind-Noise Body Development 低风噪声车身开发
- Durable and Aesthetic Body Painting 耐用和美观的车身涂装
- Robust, Durable Chassis Component Development 稳健耐用的底盘组件开发
- Robust, Efficient Transmission Development 稳健高效的变速器开发
- Accurate Antenna and Range Sensor Development 天线和距离传感器开发



汽车电子化带来电磁兼容特性挑战



- 汽车已由传统的机械控制系统逐渐转变为电子控制系统
- 当今汽车电子部件成本接近汽车成本30%
- 今后十年，电子部件成本继续增加，预计将接近汽车成本40%，甚至更高
- 未来汽车将是电子化汽车

电磁兼容会严重影响汽车安全



新能源汽车电磁环境更加复杂



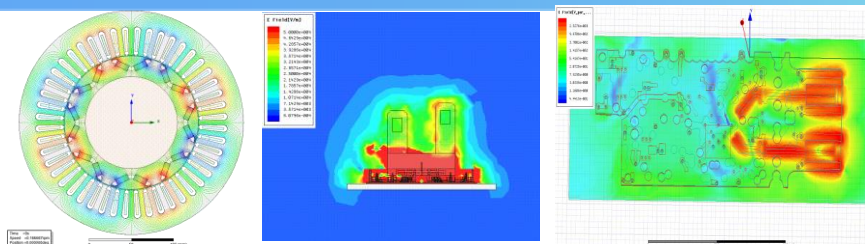
参考文献:《电动汽车高压系统电压等级技术规范》



汽车电磁兼容分析内容

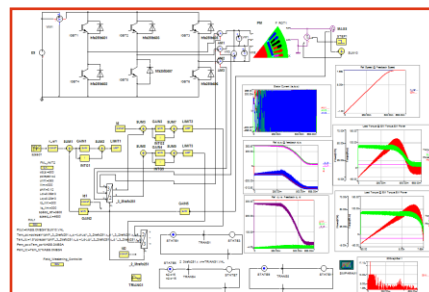
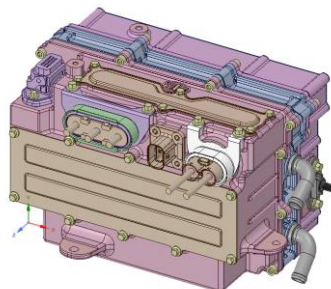
部件级

- 电源、电机、变流器、WPT
- 车载电子控制单元 (ECU)
- 车载天线、GPS、线缆



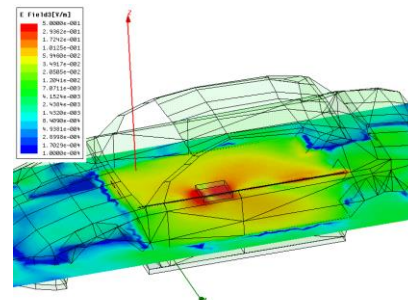
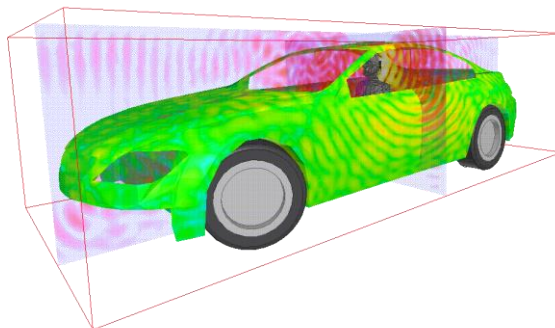
设备级/子系统级

- 各设备的辐射、抗干扰、ESD
- 功率电子、驱动控制子系统

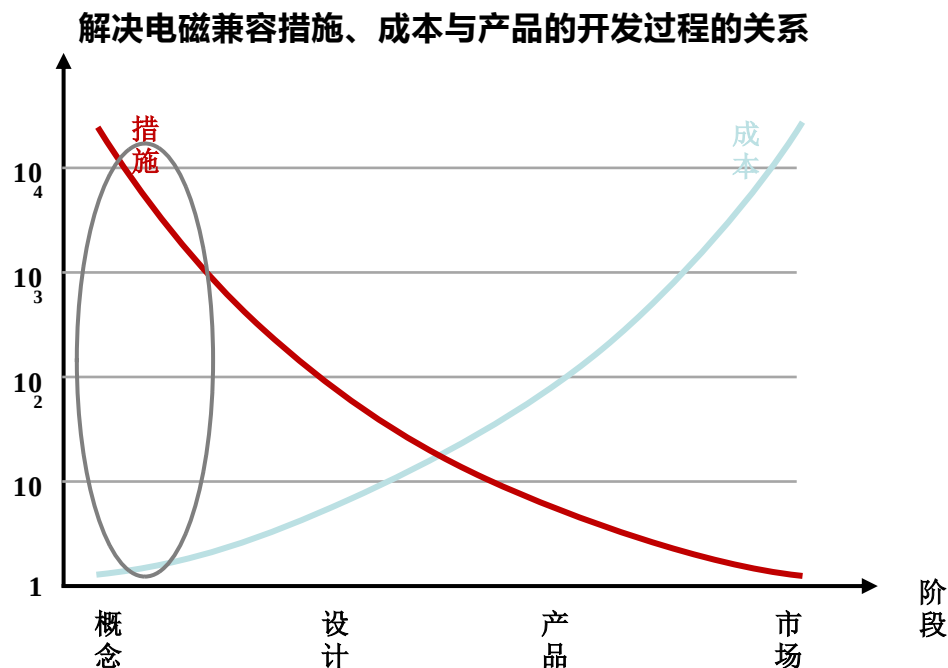


整车级

- 设备间电磁干扰
- 整车电气布局
- 整车辐射与屏蔽



共识：尽早解决电磁兼容问题十分必要



- 解决电磁兼容问题的成本随着开发过程的呈指数级增长
- 越早发现电磁兼容问题，解决方法就越多
- 若后期才发现问题，解决的措施就大大减少，难度也会大很多
- 基于虚拟原型的仿真，是在早期发现电磁兼容问题、研究解决措施的最佳手段

参考文献：朱立文，电磁兼容设计与整改对策及案例分析，北京：电子工业出版社，2012

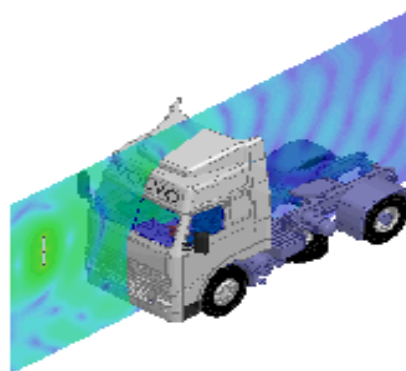
聖人不治已病治未病
不治已亂治未亂
——《黃帝內經》



测试 vs 仿真



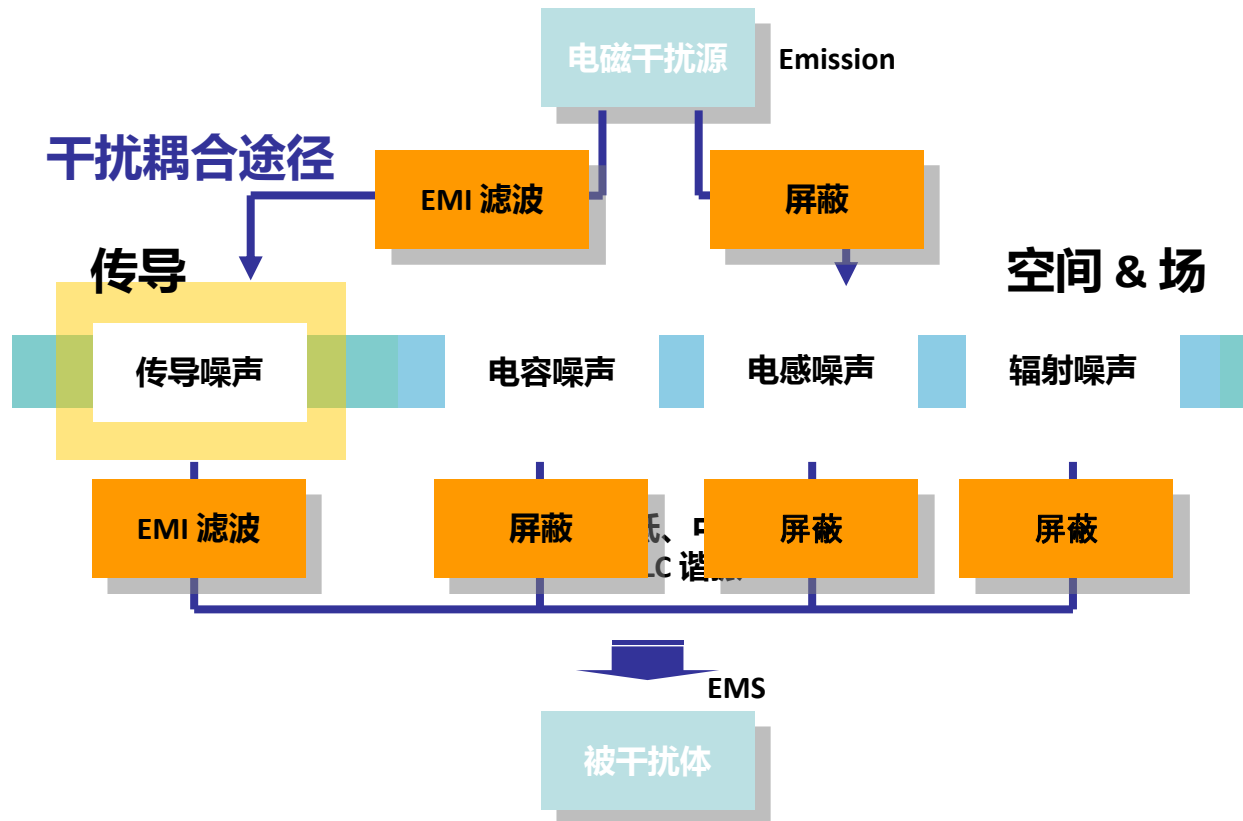
- 认证过程的必经之路
- 在样机完成之后进行
- 关注的是最终的结果
- 不提供解决问题方案
- 难点是定位问题所在



- 设计过程的辅助手段
- 在设计初期即可开始
- 不仅要结果更要过程
- 仿真就是为避免问题
- 难在建立完备的模型

测试与仿真的出发点不一样，使用手段有区别，无法互相替代

EMI/EMC 分析一般思路



仿真方案的建立基础：回归EMC三要素

干扰源

精确

有效

HFSS
SIwave
Maxwell
Apache
Designer
Simplorer
量测数据

干扰途径

更大

更快

HFSS, IE, TR
Q3D
Designer
Simplorer
Savant

被干扰体

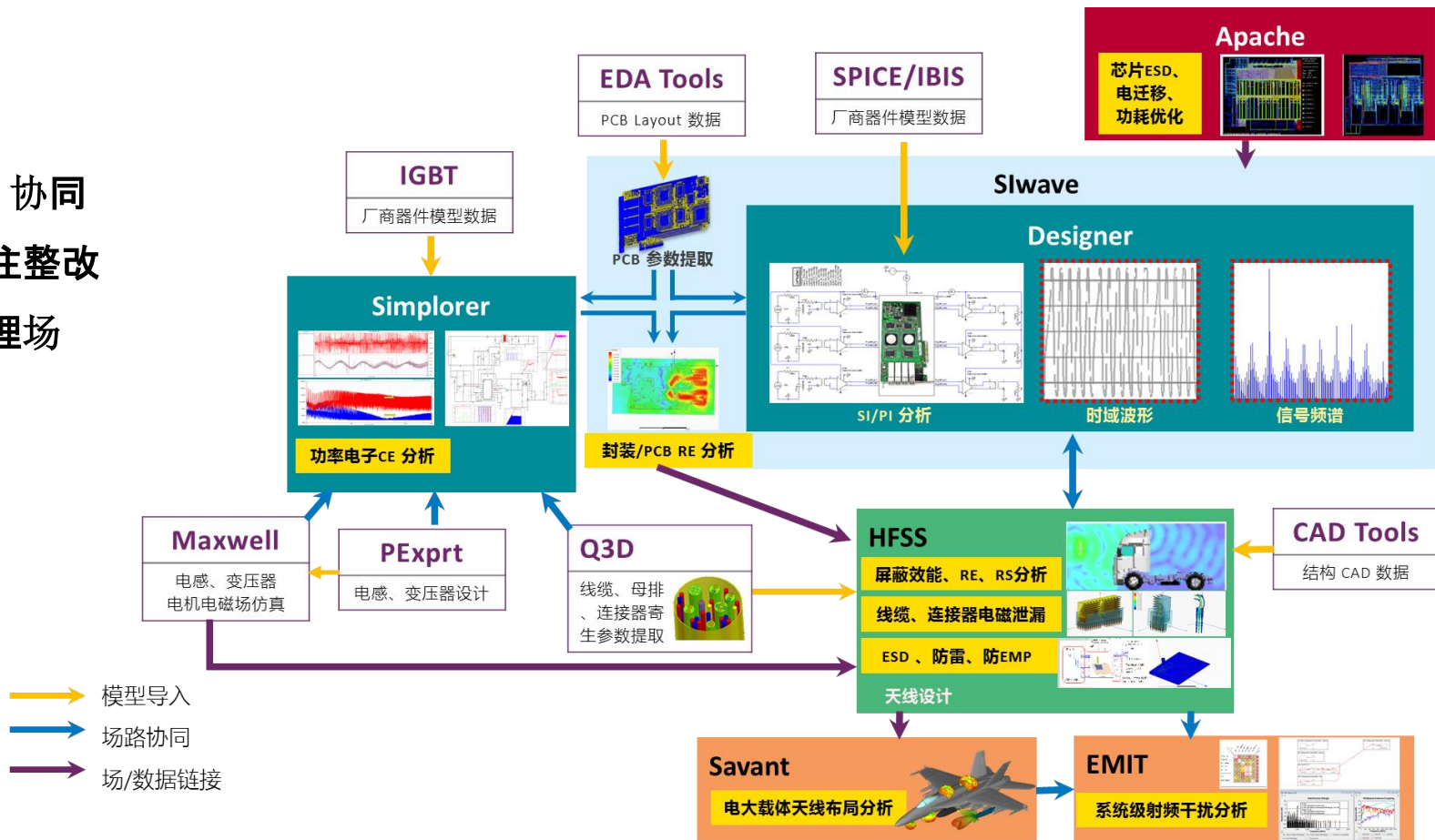
可量化

准确

HFSS
SIwave
Deisgner
Simplorer
EMIT

全方位 EMC 解决方案

1. 完备、协同
2. 更关注整改
3. 多物理场



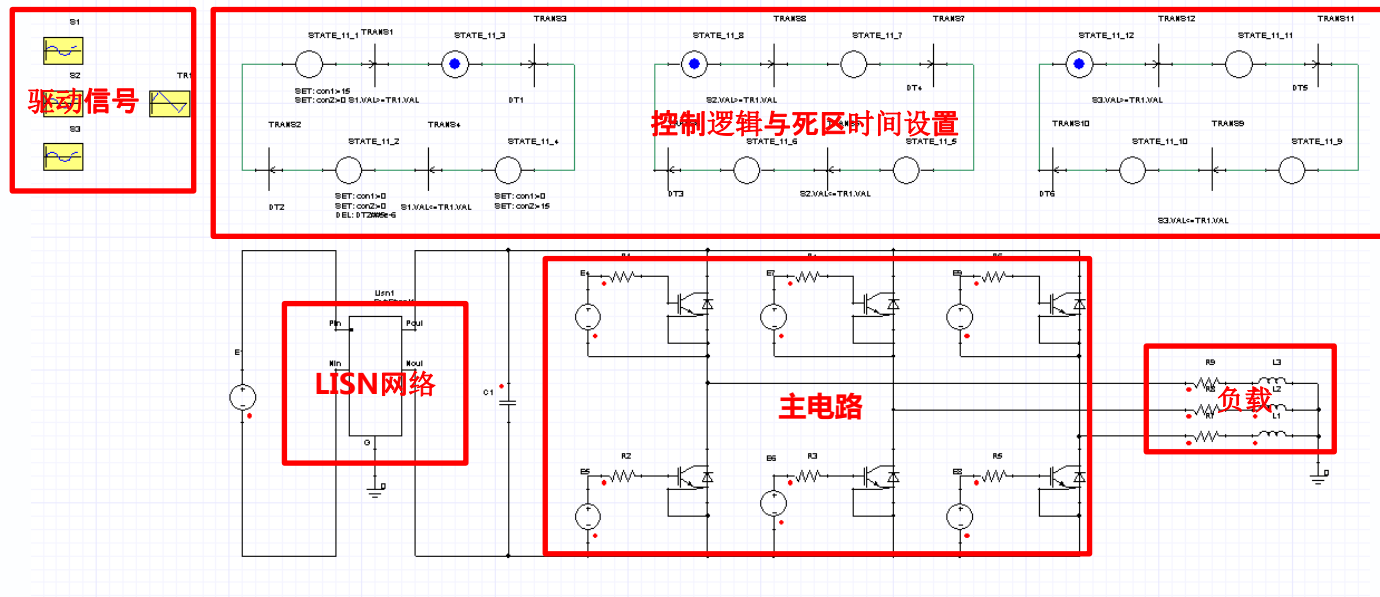


全系统仿真面临的主要困难——数据不全

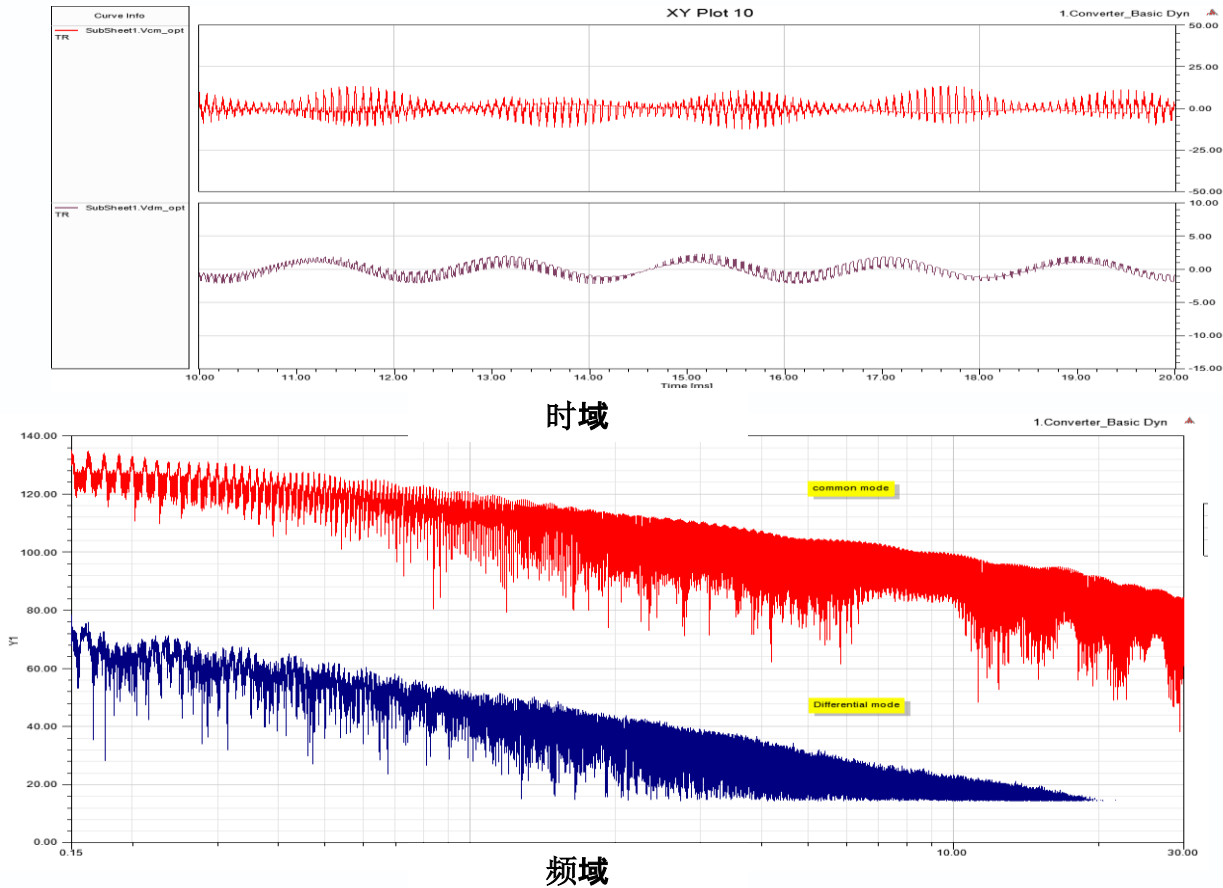


整车变流系统（CE分析）

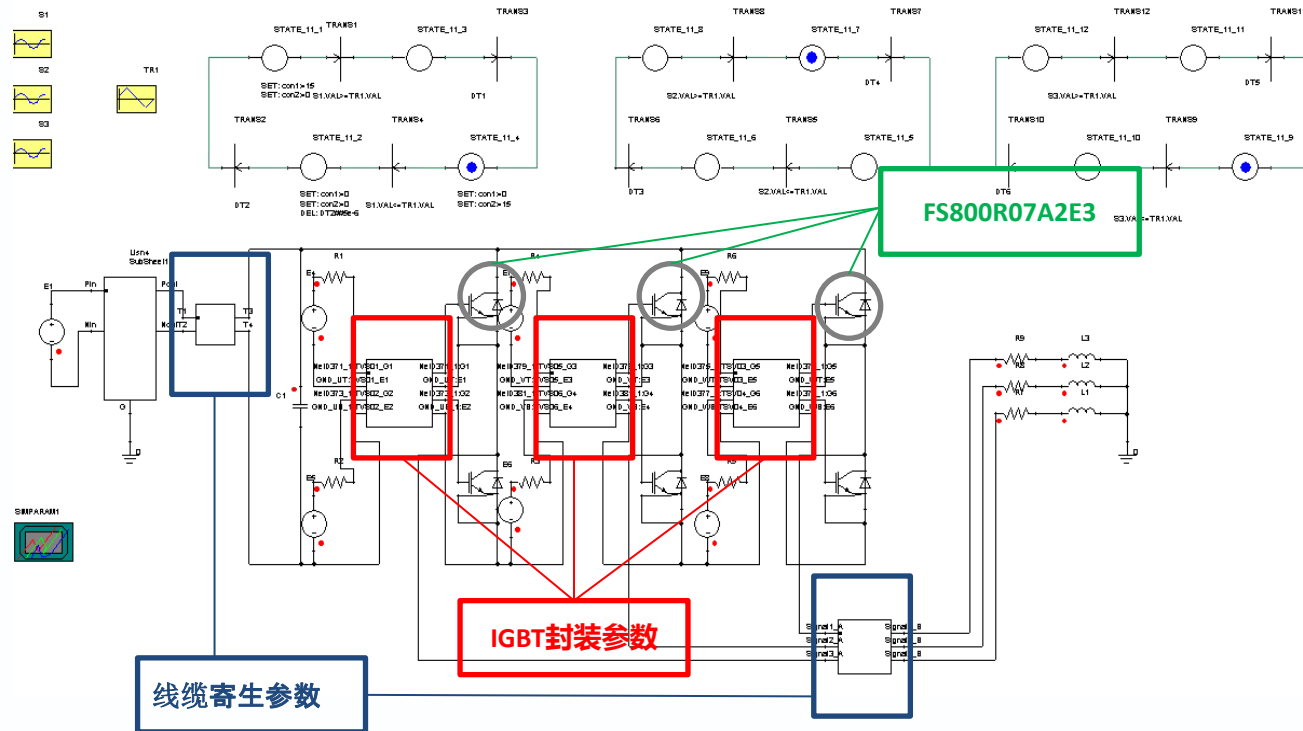
1.理想电路模型



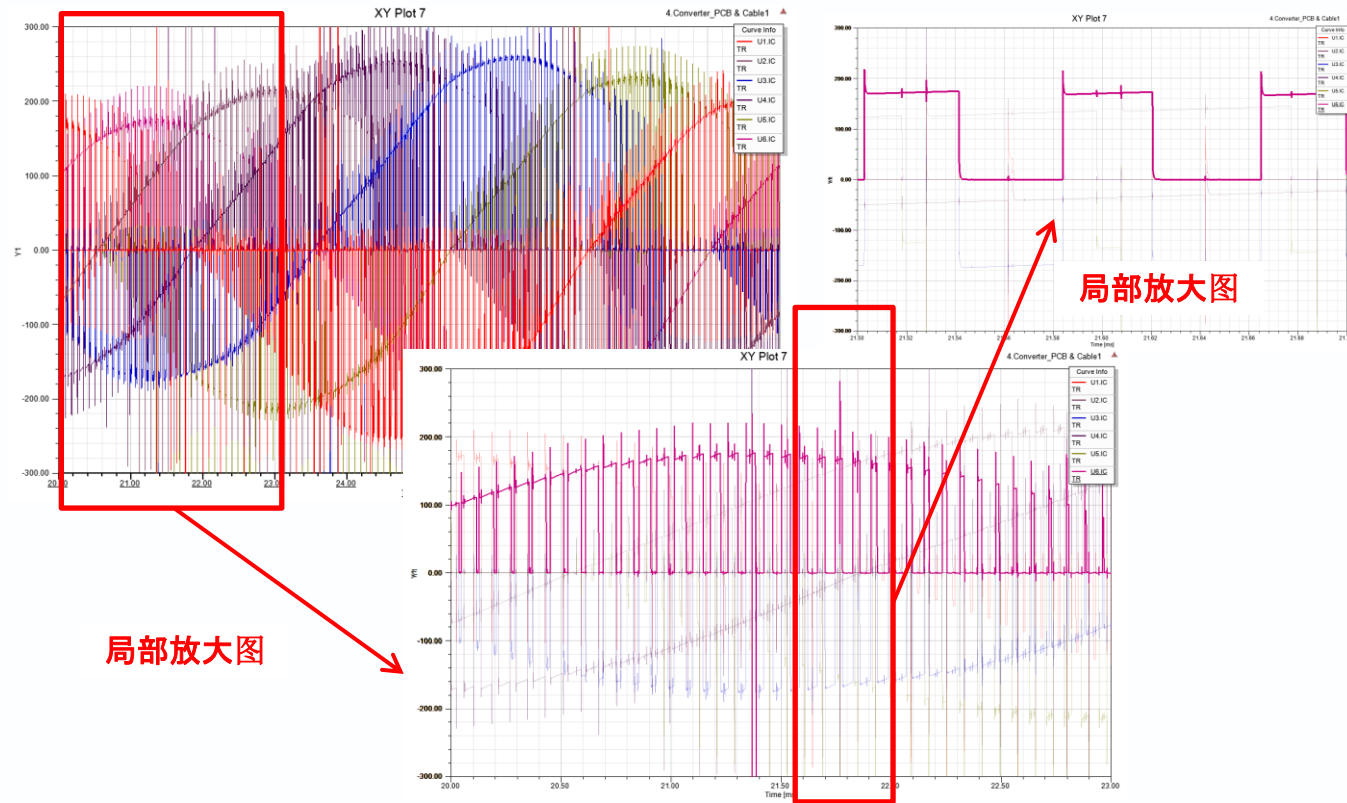
差模、共模干扰时域、频域结果



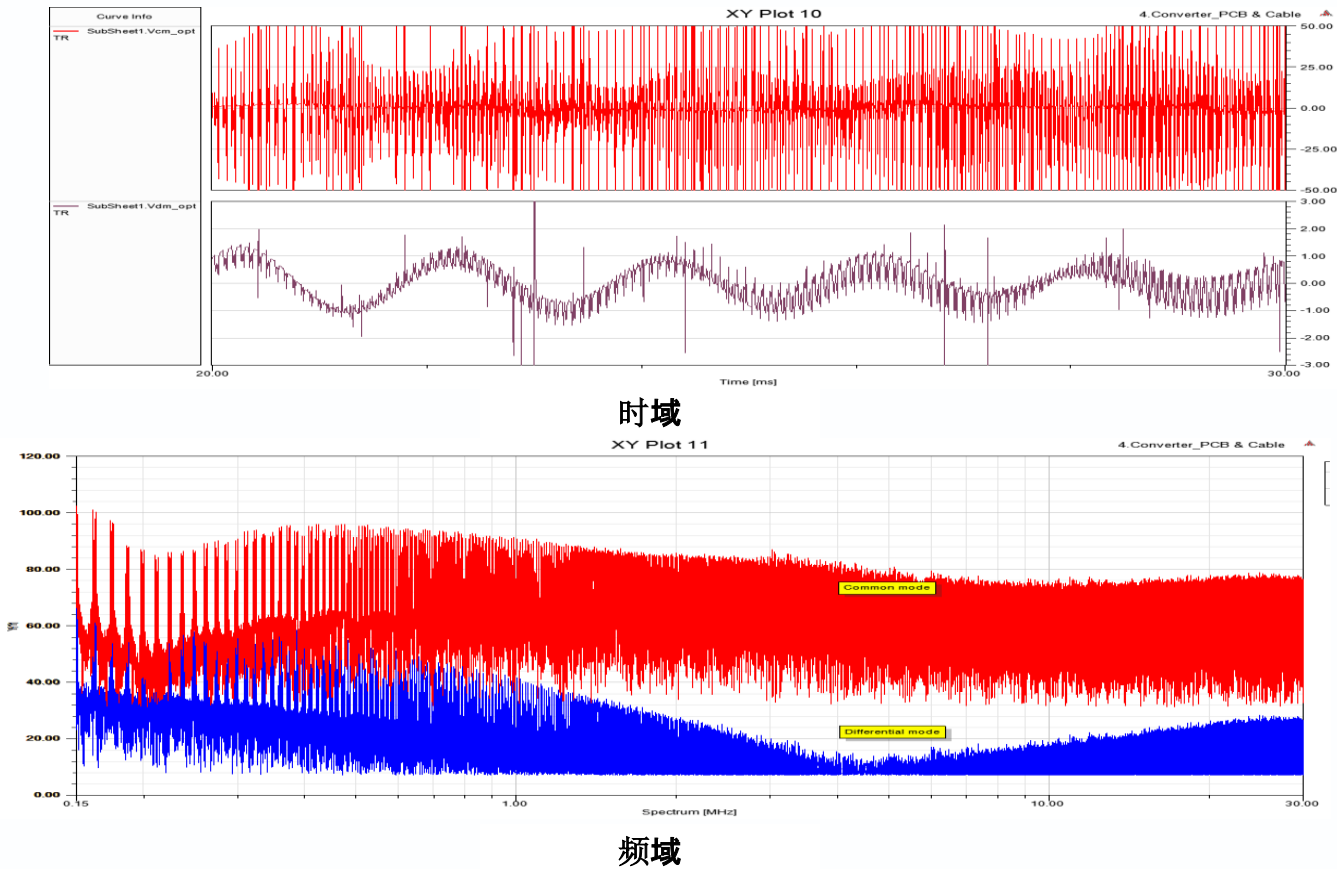
2.集成IGBT/寄生参数电路模型EMC特性



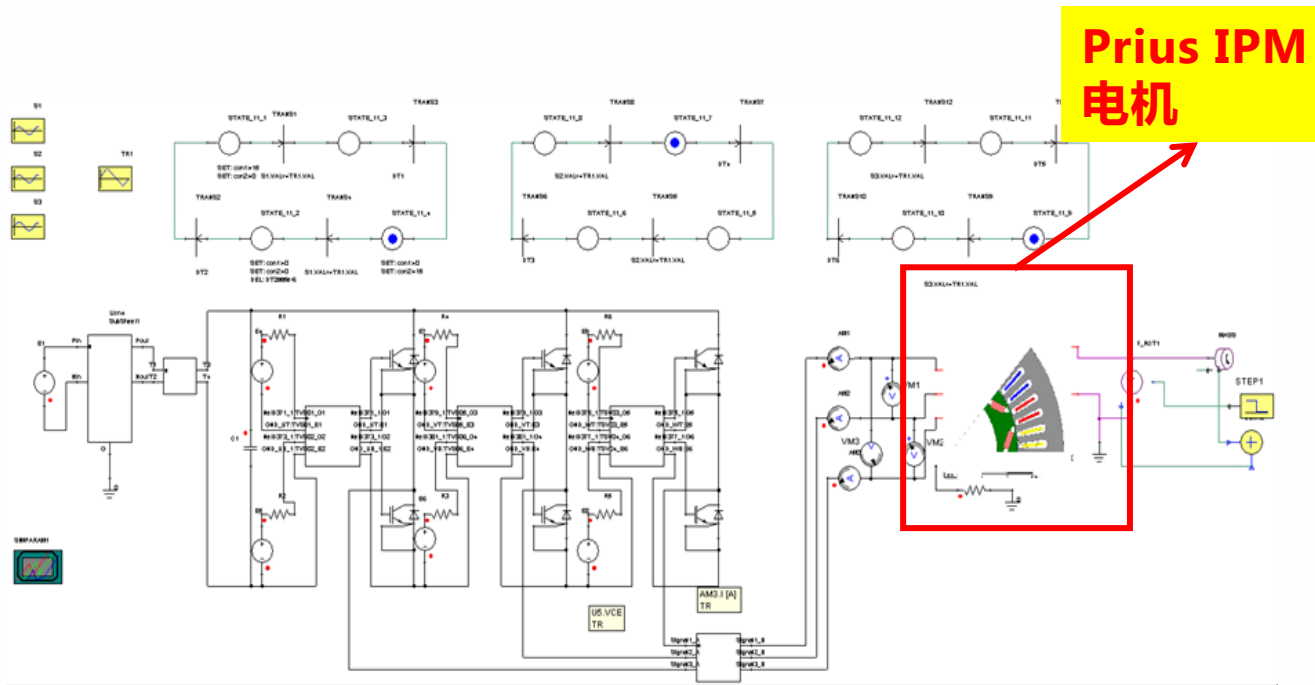
IGBT的 I_c 稳态电流波形



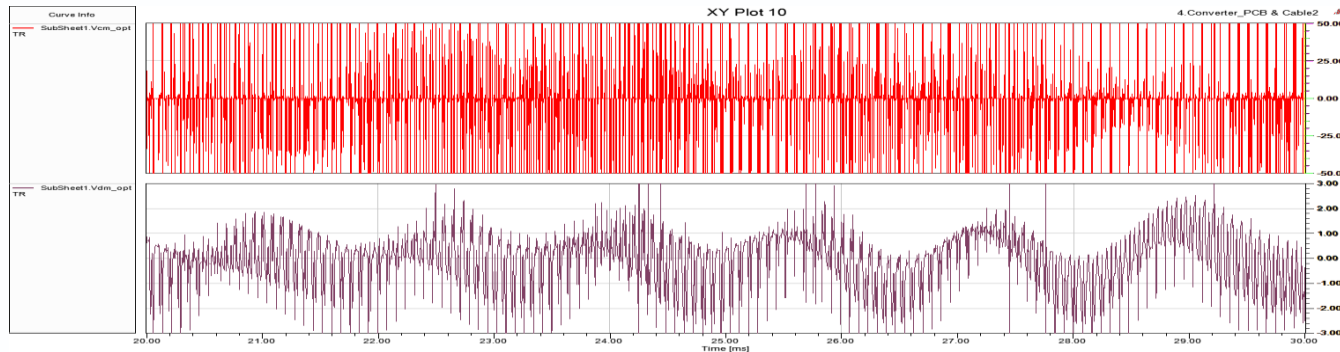
差模、共模干扰时域、频域结果



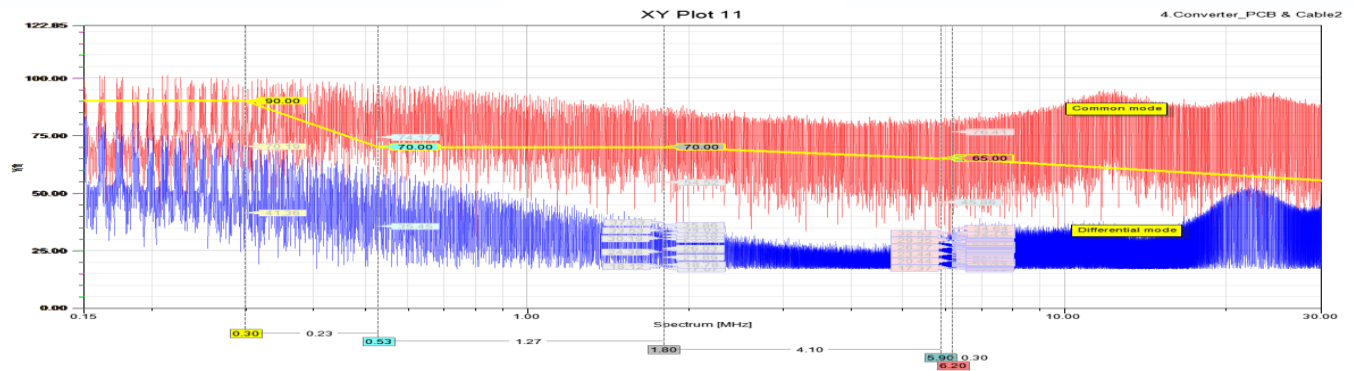
3.集成物理原型级电机电路模型



差模、共模干扰时域、频域结果

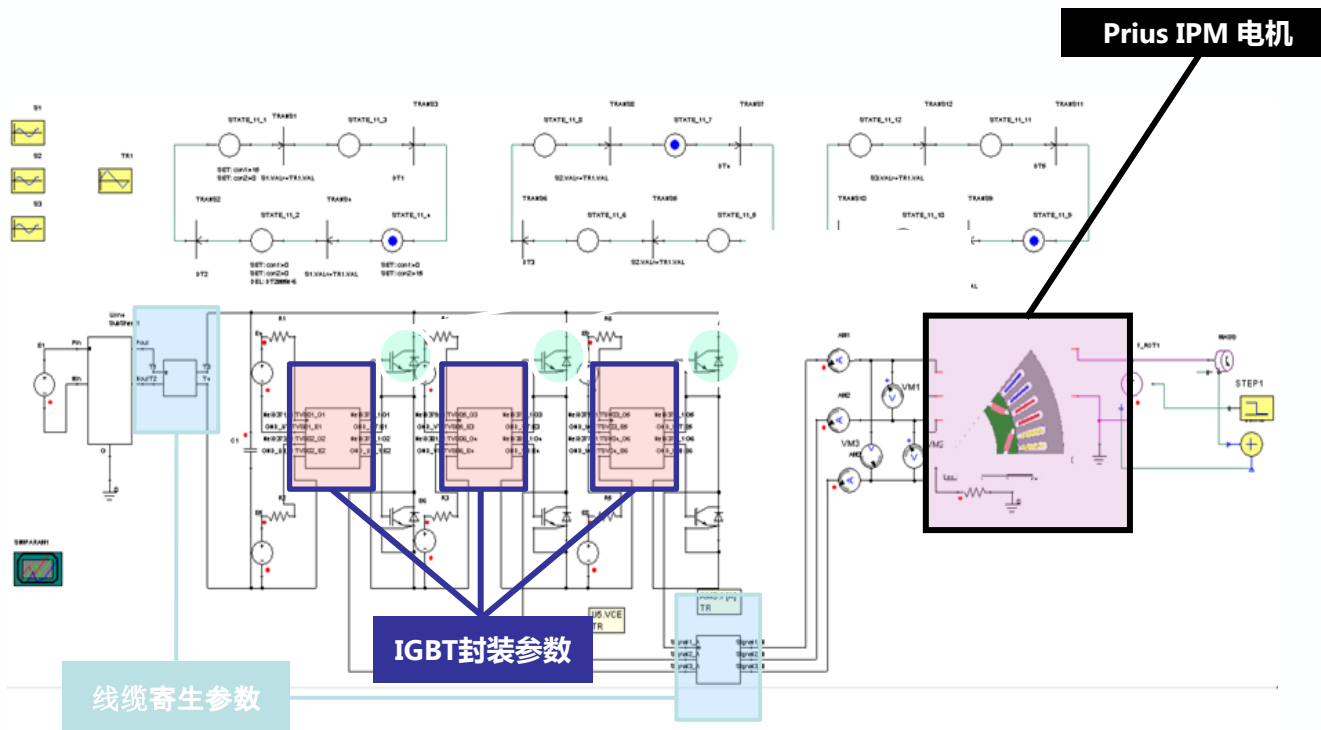


时域



频域

小结：集成高精度物理原型的电路模型

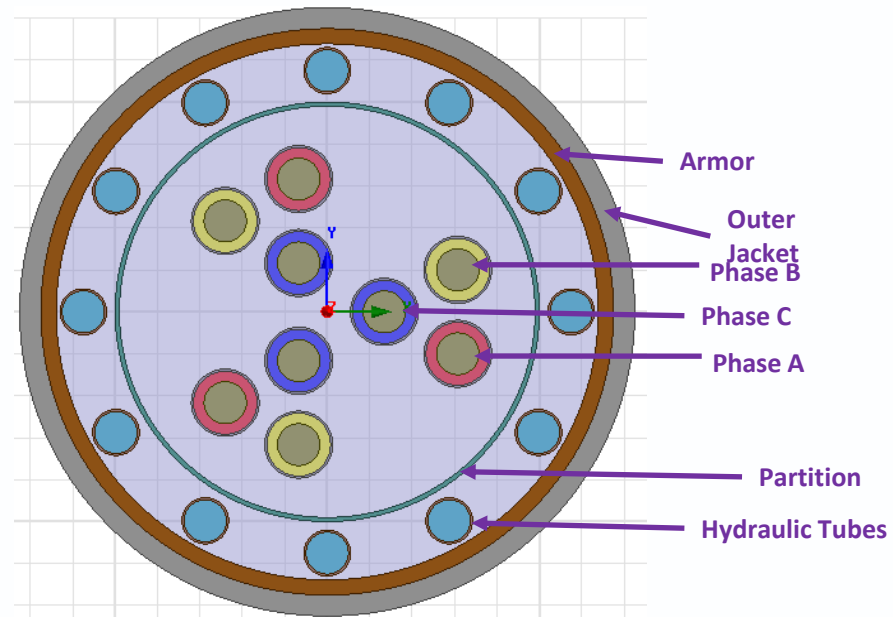


整车线缆布局

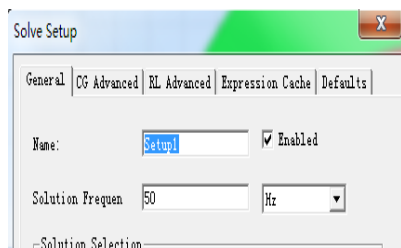
线缆线束建模工具

Cable Design Kit

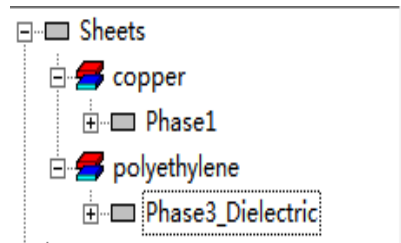
Power	Hydraulics
Number of Bundles: 3	Number of Tubes: 12
Conductor Configuration: ☒ Tri ☐ Quad	Position (mm): 11.5000
Bundle Position (mm): 5.0000	Tube Inner Radius (mm): 1.0000
Conductor Spacing (mm): 4.0000	Tube Outer Radius (mm): 1.1000
Conductor Radius (mm): 1.0000	Tube Material: steel_stainless
Dielectric Thickness (mm): 0.5000	
Shield Thickness (mm): 0.1000	
Conductor Material: copper	
Dielectric Material: polyethylene	
Shield Material: steel_stainless	
	Armor
	Armor1 Radius (mm): 1.0000
	Armor2 Radius (mm): 2.0000
	Number of Armor1: 3
	Number of Armor2: 4
	Armor Material: steel_stainless
	Outer Jacket
	Thickness (mm): 1.0000
	Outer Radius (mm): 14.5000
	Outer Material: polyethylene
Partition	
Outer Radius (mm): 10.0000	
Thickness (mm): 0.2000	
Partition Material: polyethylene	



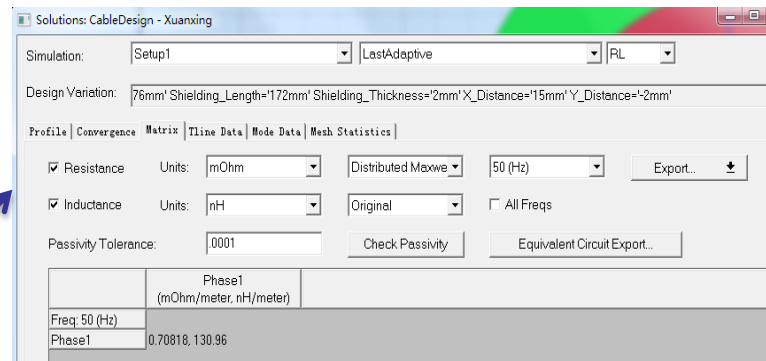
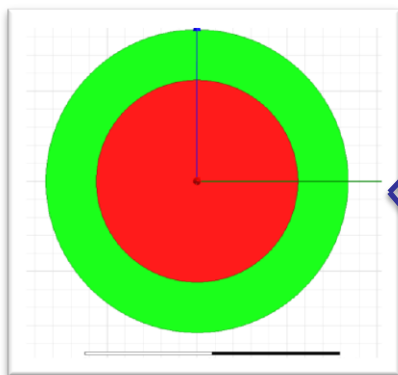
线缆选型分析



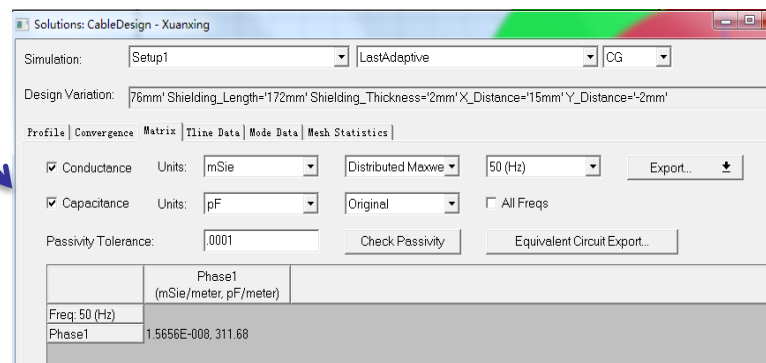
工作频率



材料属性



单位长度的R/L

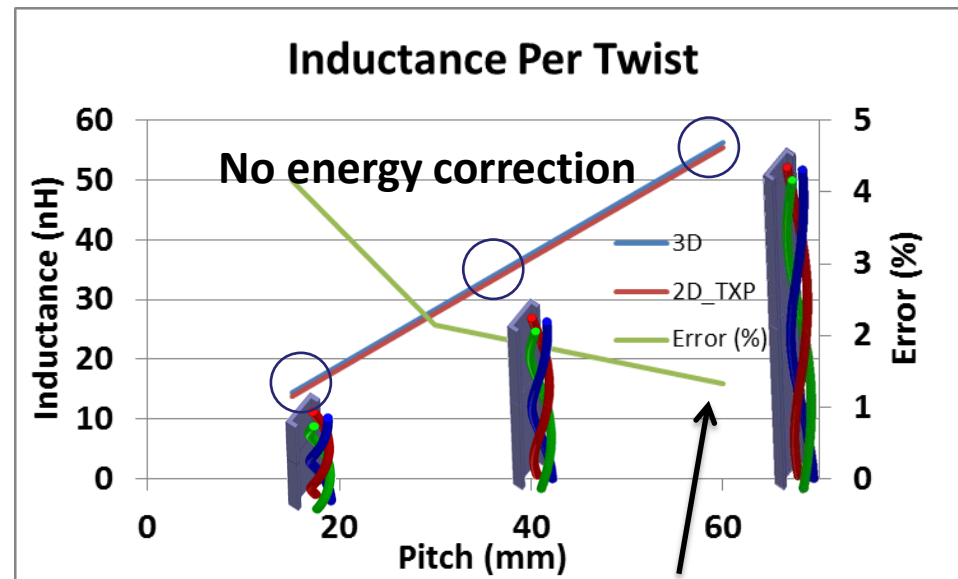
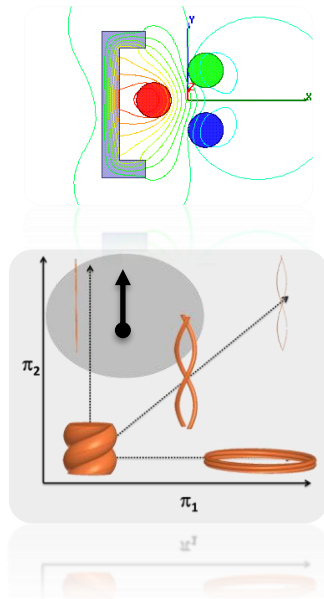


单位长度的C/G

双绞线线型对比选取

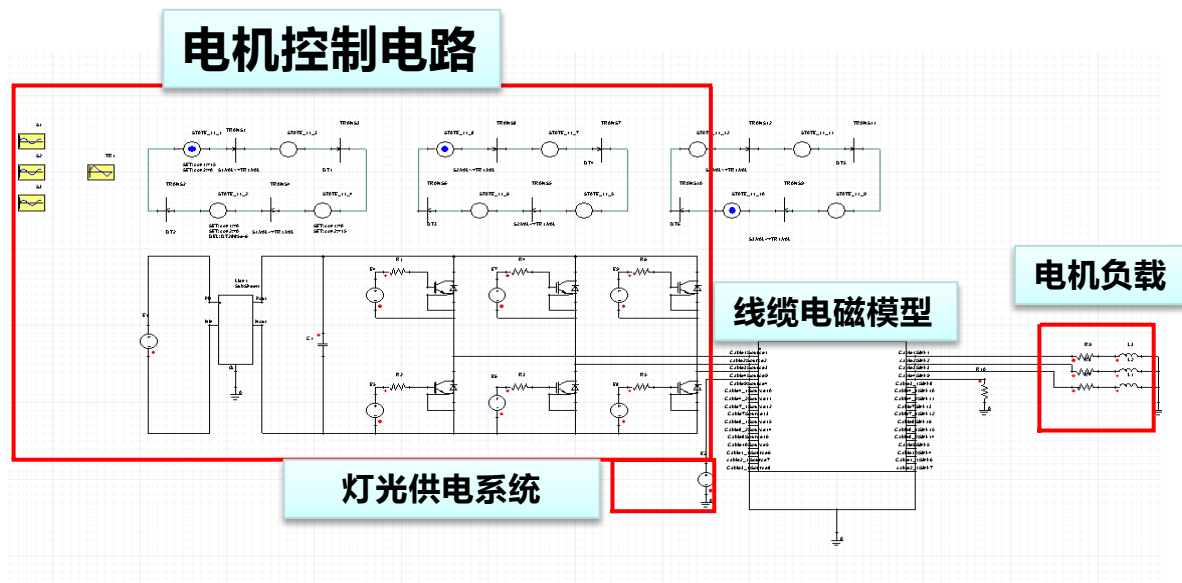
To account for twisting in 2D, requires:

- Averaging across different cross sections, (e.g. $L = L_{av} * L_p$)
- Correct for missing energy in Z (for typical power cables <1%)
- Strictly valid as impedance per twist. Good per unit length measure if Length $\gg L_p$, which is commonly valid.

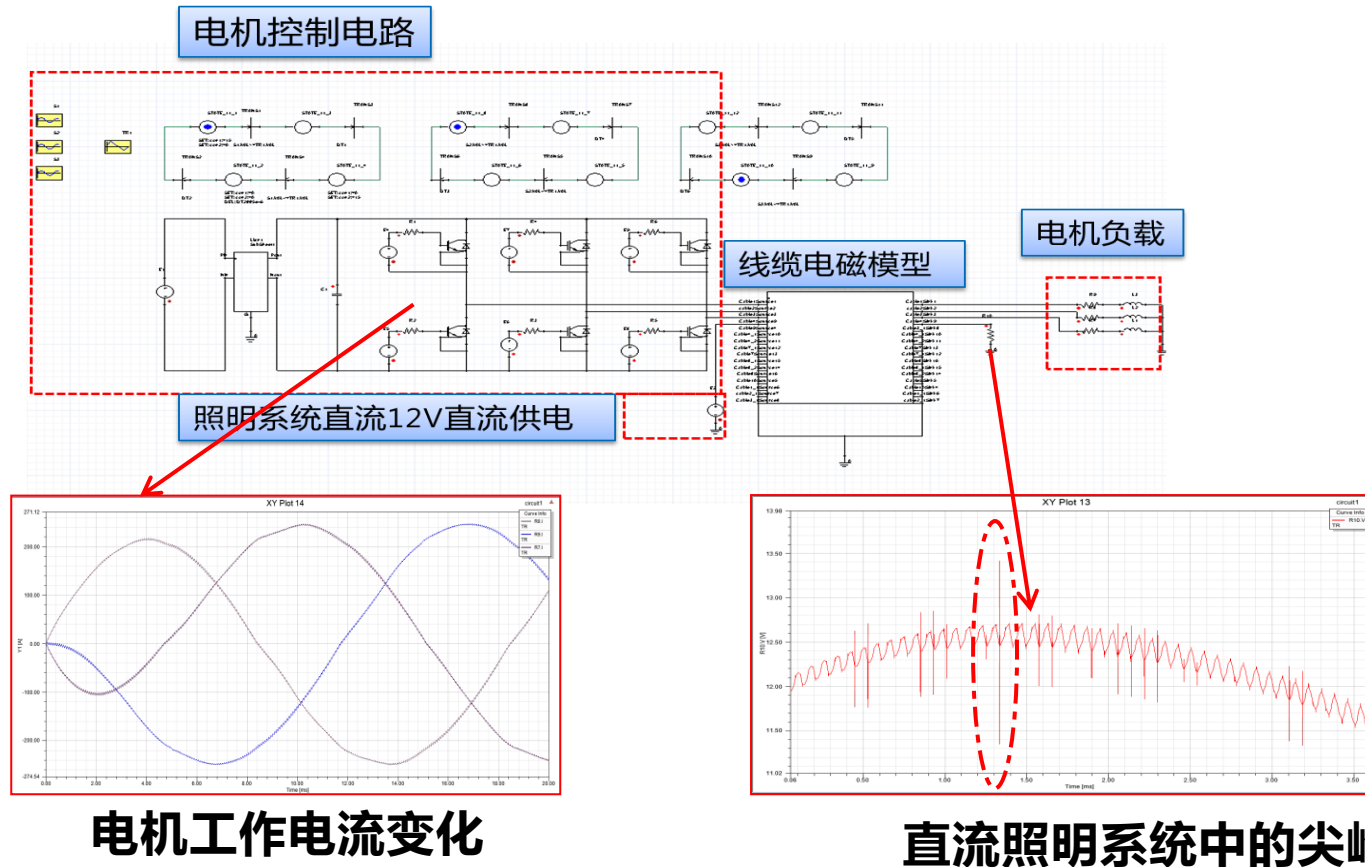


Large π_2 have less energy in z

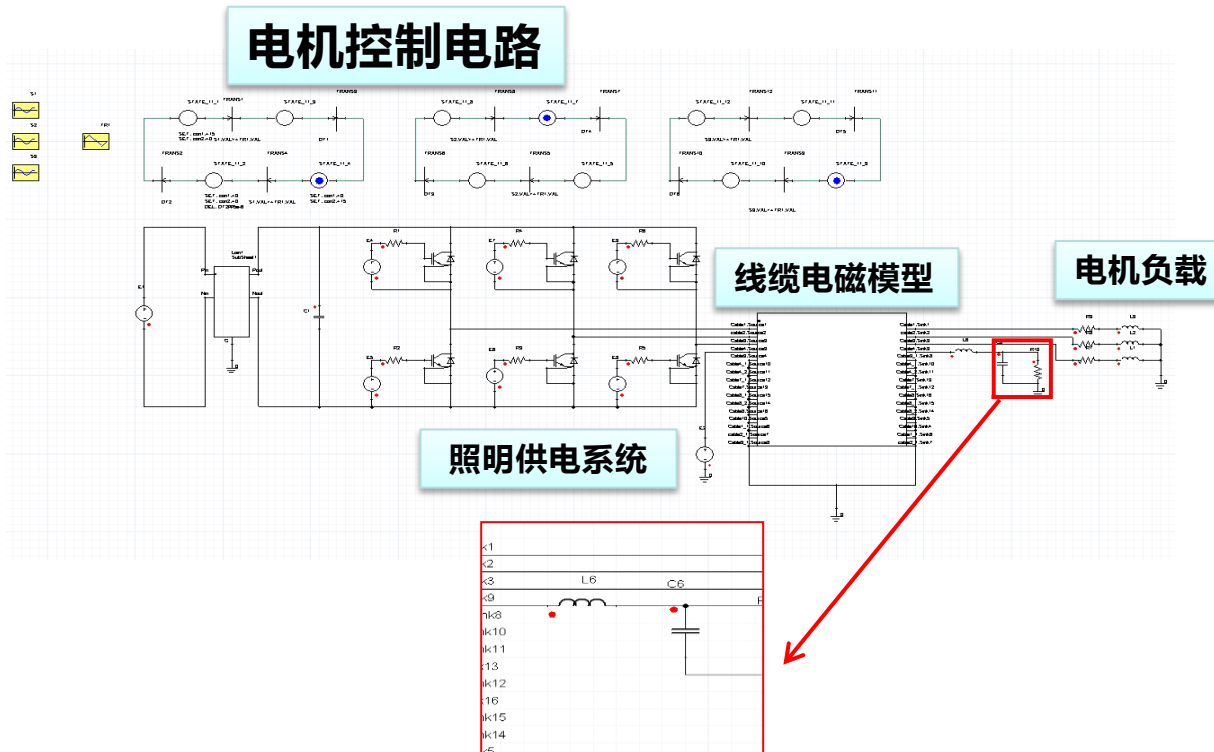
系统电路仿真



系统电路仿真结果

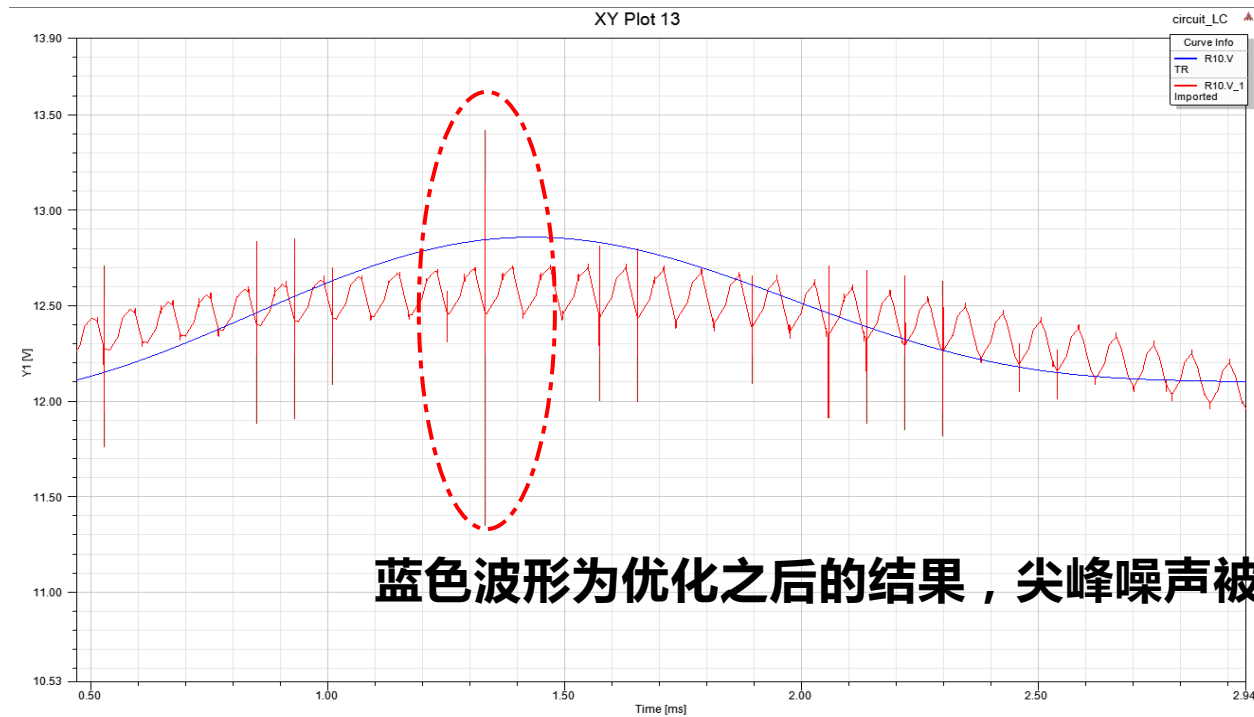


线缆干扰优化---LC滤波



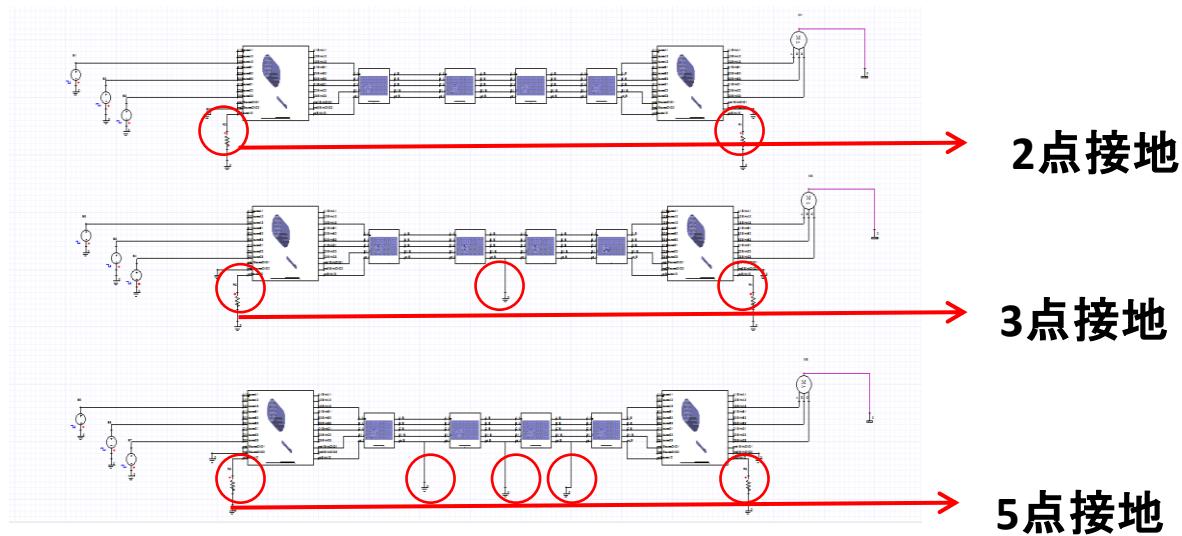
在系统中增加LC滤波器件

线缆干扰优化---LC滤波

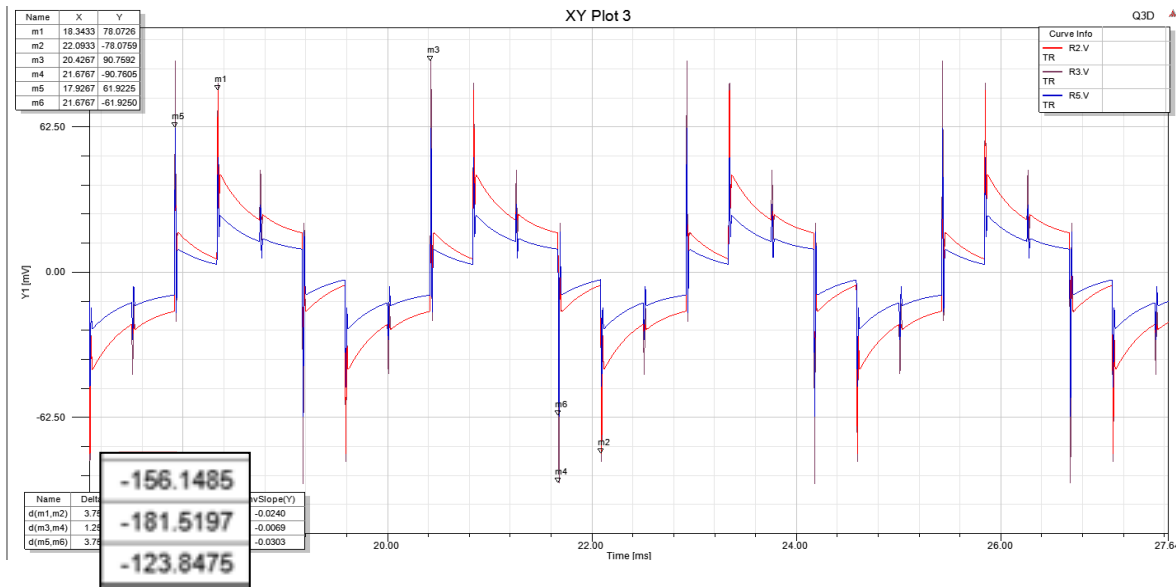


蓝色波形为优化之后的结果，尖峰噪声被明显抑制。

线缆干扰优化---接地点变化



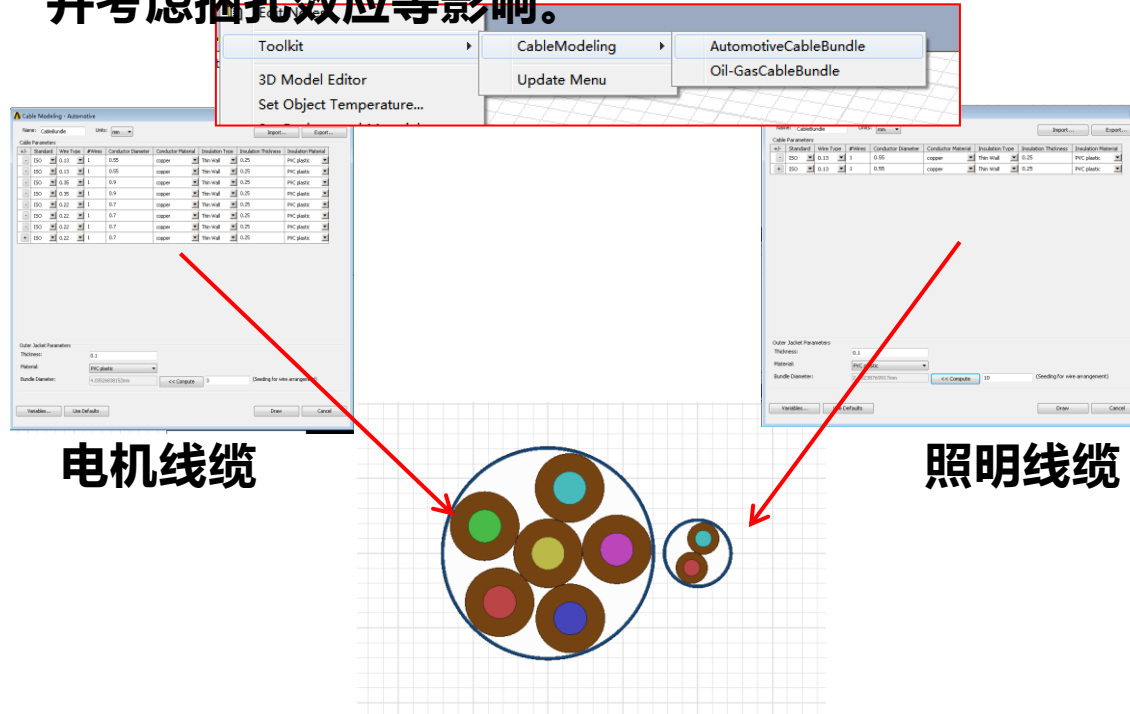
线缆干扰优化---接地点变化



表格中由上至下，分别为2/3/5三种接地方式的噪声波形，5点接地的噪声明显最小。

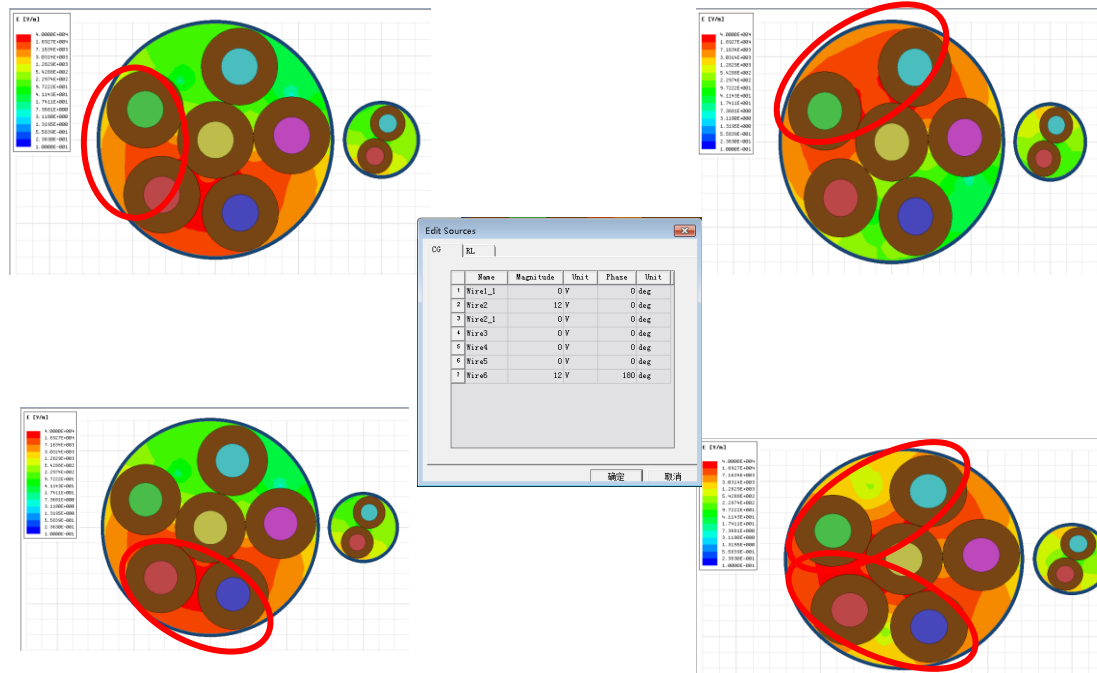
线缆干扰优化---信号分配

ANSYS软件集成的线缆库可快速进行线缆建模，并考虑捆扎效应等影响。



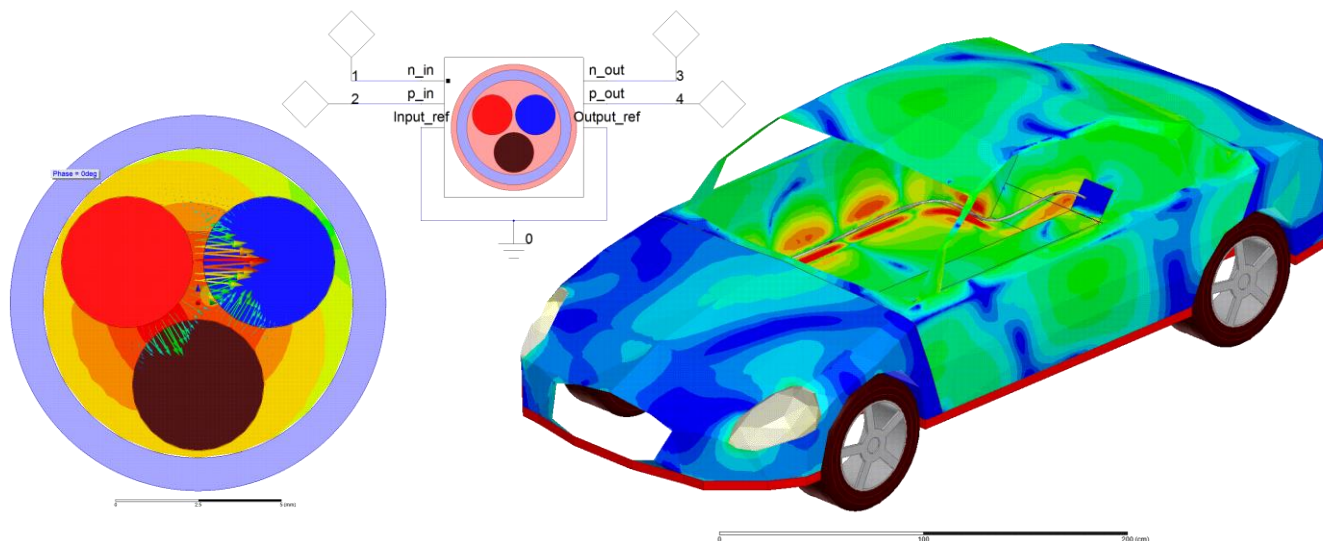
线缆干扰优化---信号分配

不同的线缆分配方式导致的线缆之间的耦合场分布也不同。ANSYS软件只需一次仿真即可得到所有信号分配方式的耦合场。





整车线缆辐射仿真

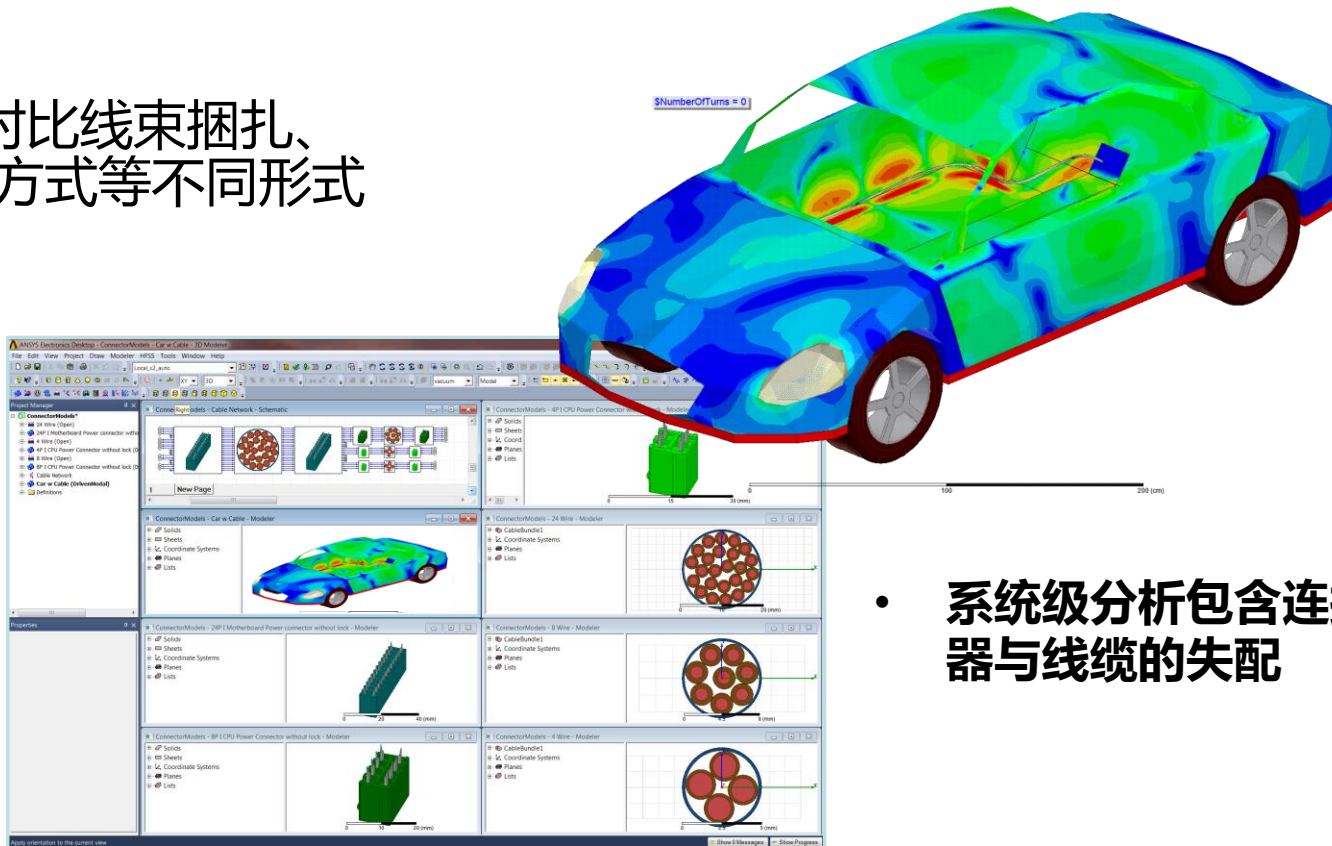


建立线缆横截面模型，以及电气连接电路
横截面上的场会沿着线缆路径在HFSS中进行扫描仿真
动态链接: 2D Extractor-Circuit-HFSS

非常容易使用: 只需要线缆横截面和线缆布局路径

整车线缆辐射仿真

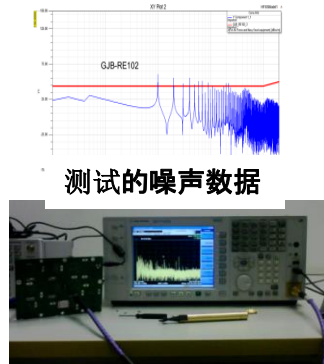
分析可对比线束捆扎、绞线方式等不同形式



- 系统级分析包含连接器与线缆的失配

整车天线/设备布局（RE分析）

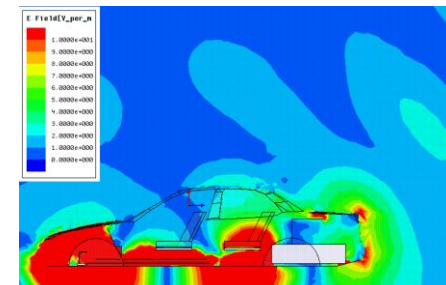
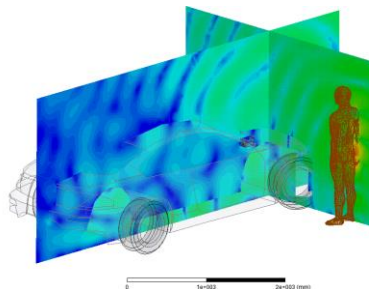
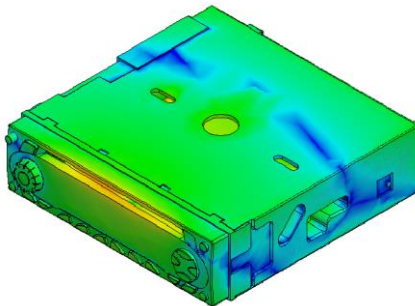
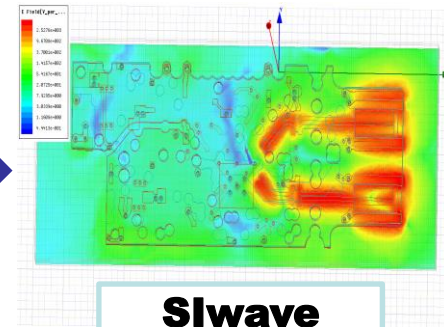
布局/RE 仿真分析流程



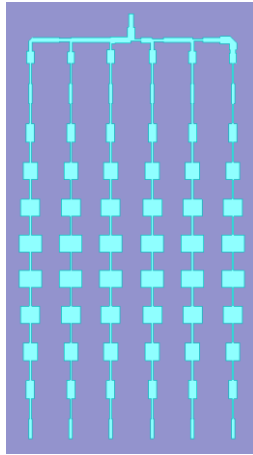
Simplorer
功率电子与电路系统分析

场路协同

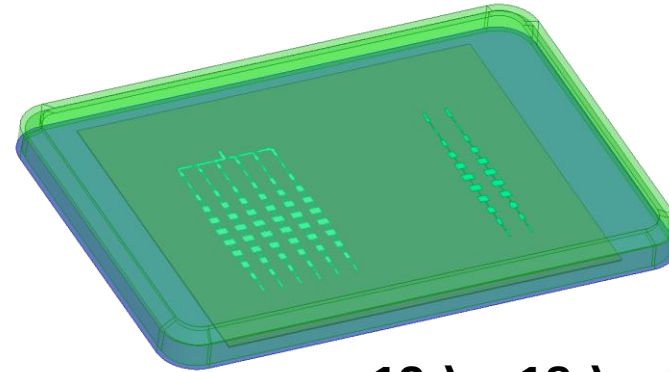
HFSS/Savant
三维机箱、车辆结构
辐射仿真



整车布局是典型的多尺度问题



Sub-wavelength
elements



$13 \lambda \times 18 \lambda \times 1.2 \lambda$

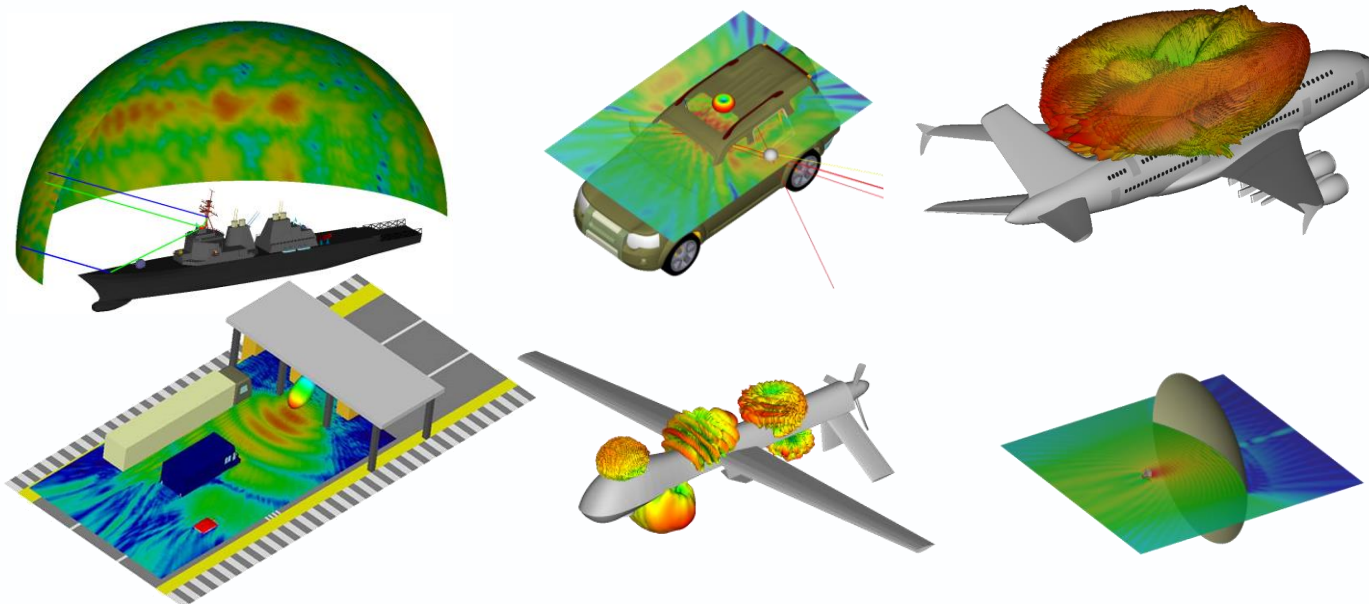


$178 \lambda \times 428 \lambda \times 227 \lambda$

Savant

先进的天线平台装载性能仿真软件

- 快速且精确预估装载方向图、近场、及天线互耦特性

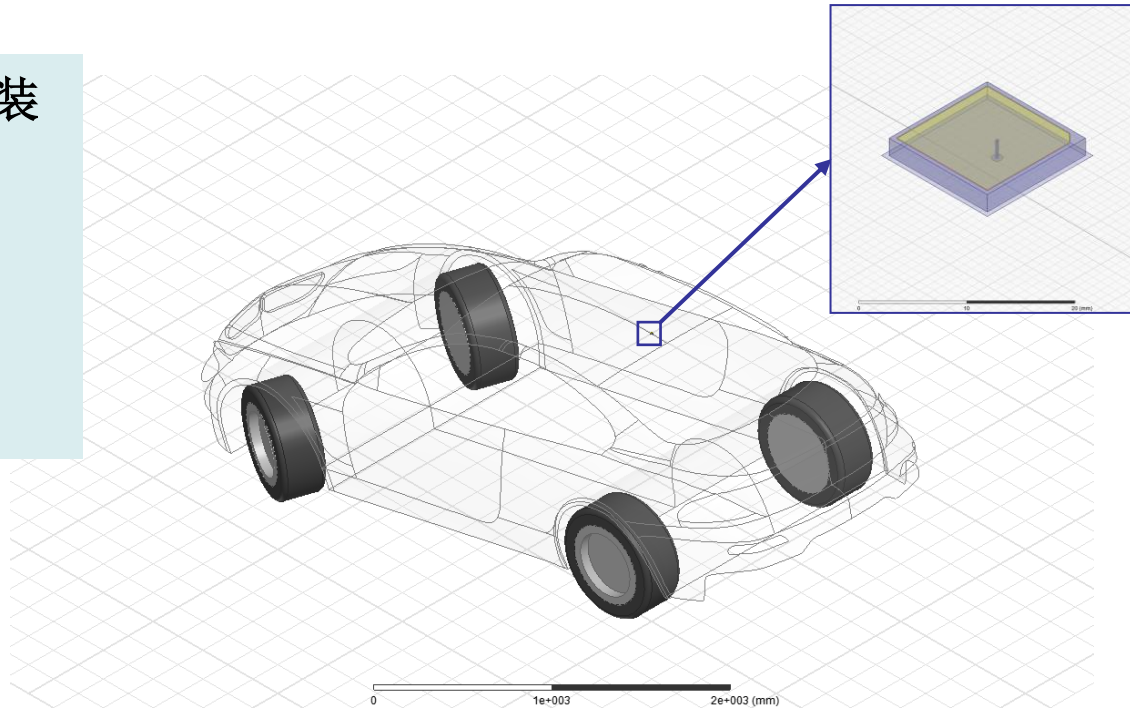


GPS 天线布局仿真

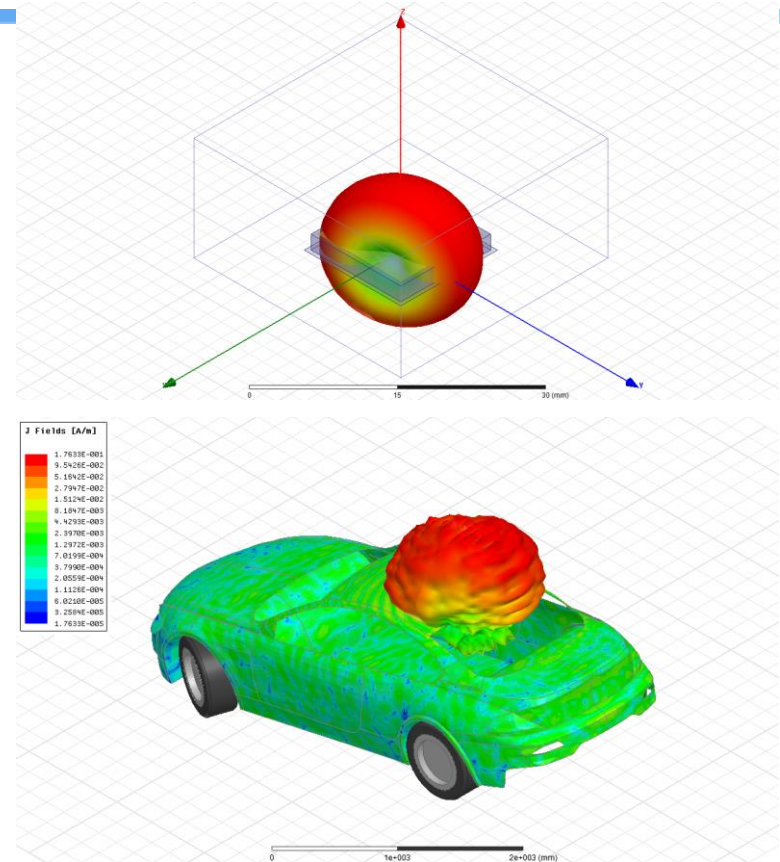
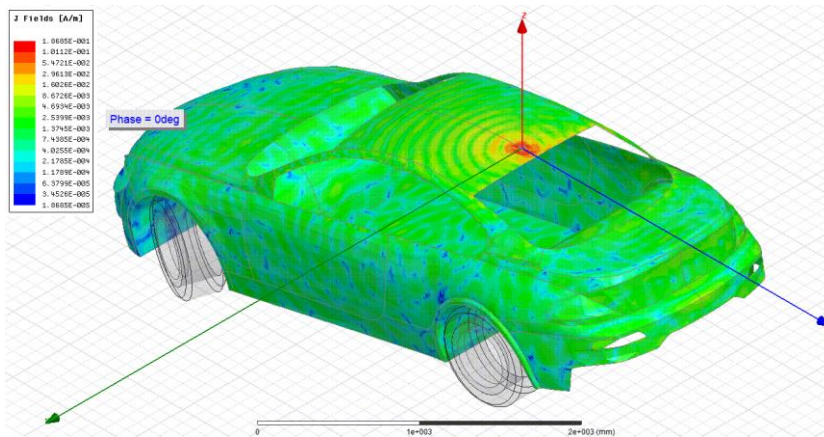
• 3D 部件：快速装配建模

• HFSS 混合算法

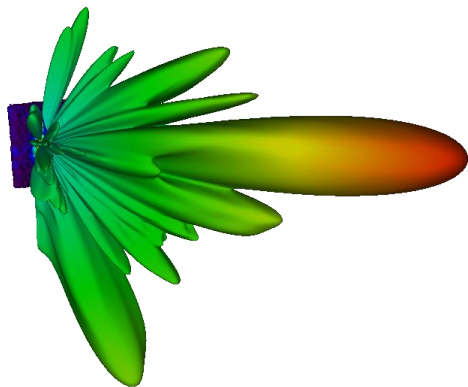
- GPS Antenna: FEM
- Car body: IE
- Simu time: 20 min



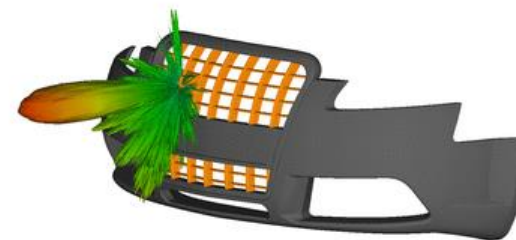
GPS 天线布局仿真结果



发射天线仿真结果

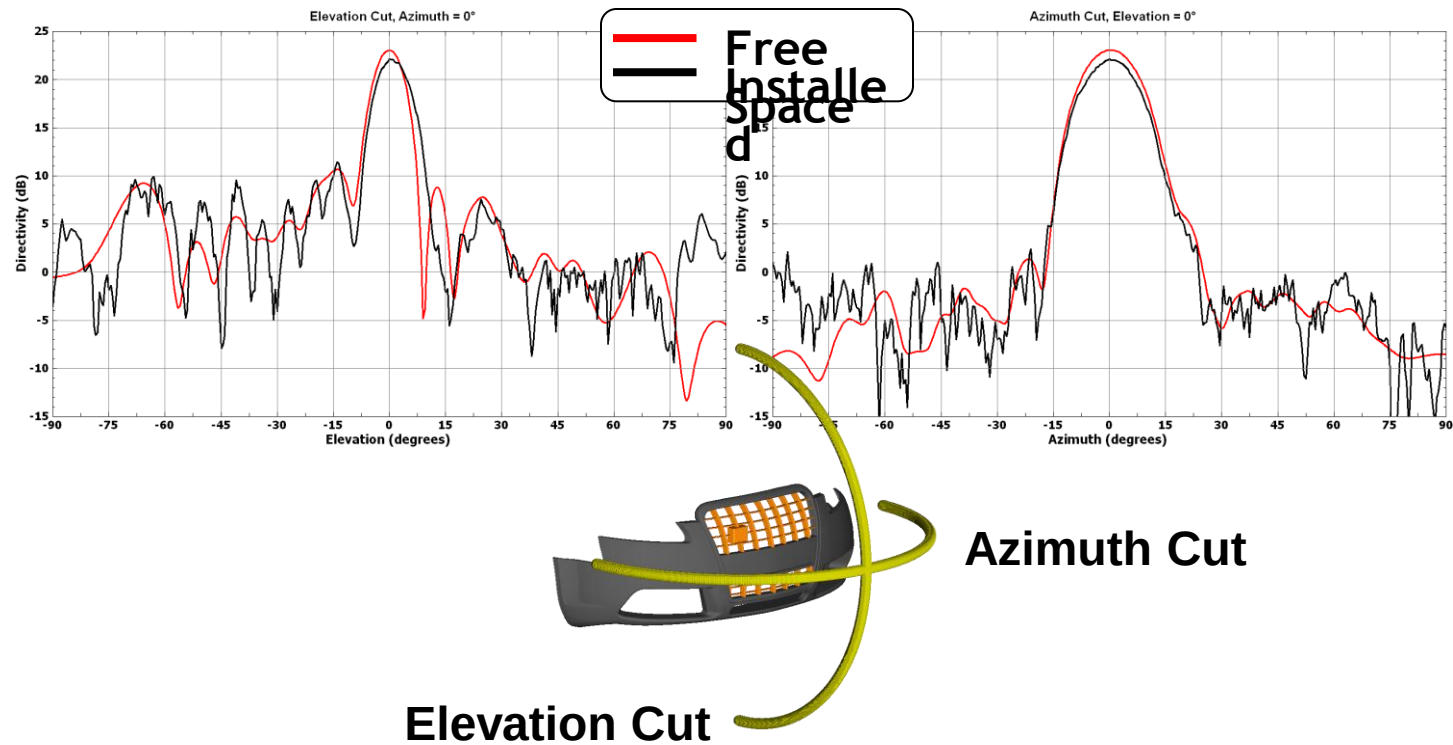


Free Space

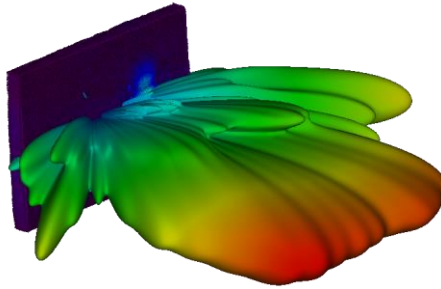


Installed

发射天线仿真结果



接收天线仿真结果

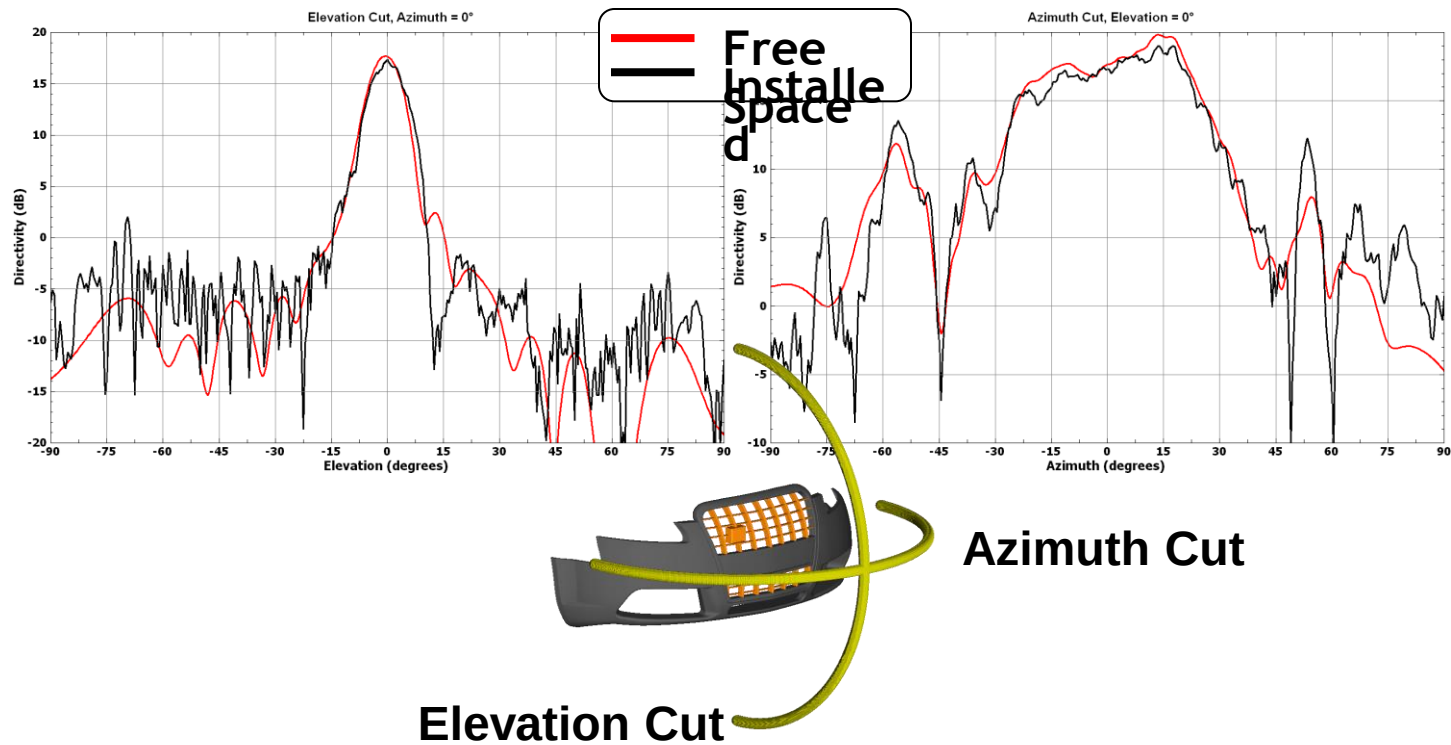


Free Space

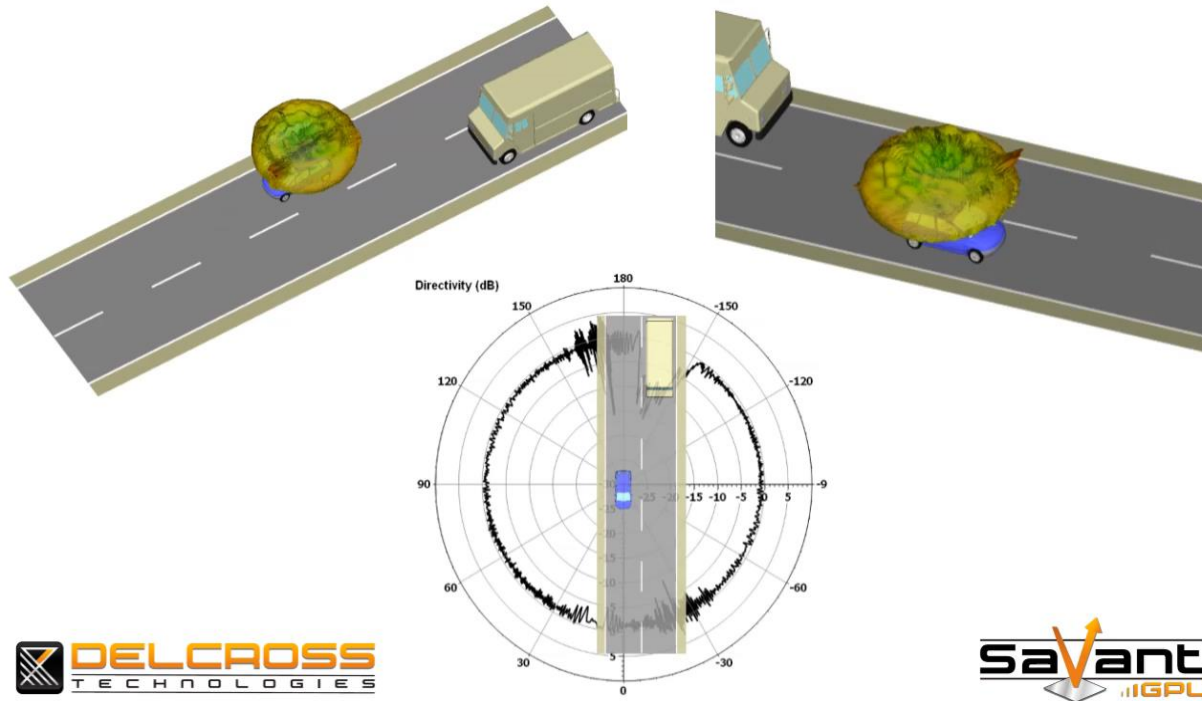


Installed

接收天线仿真结果



案例: 超车过程中车载天线性能分析



整车射频干扰（RFI）分析

系统级射频干扰 (RFI)

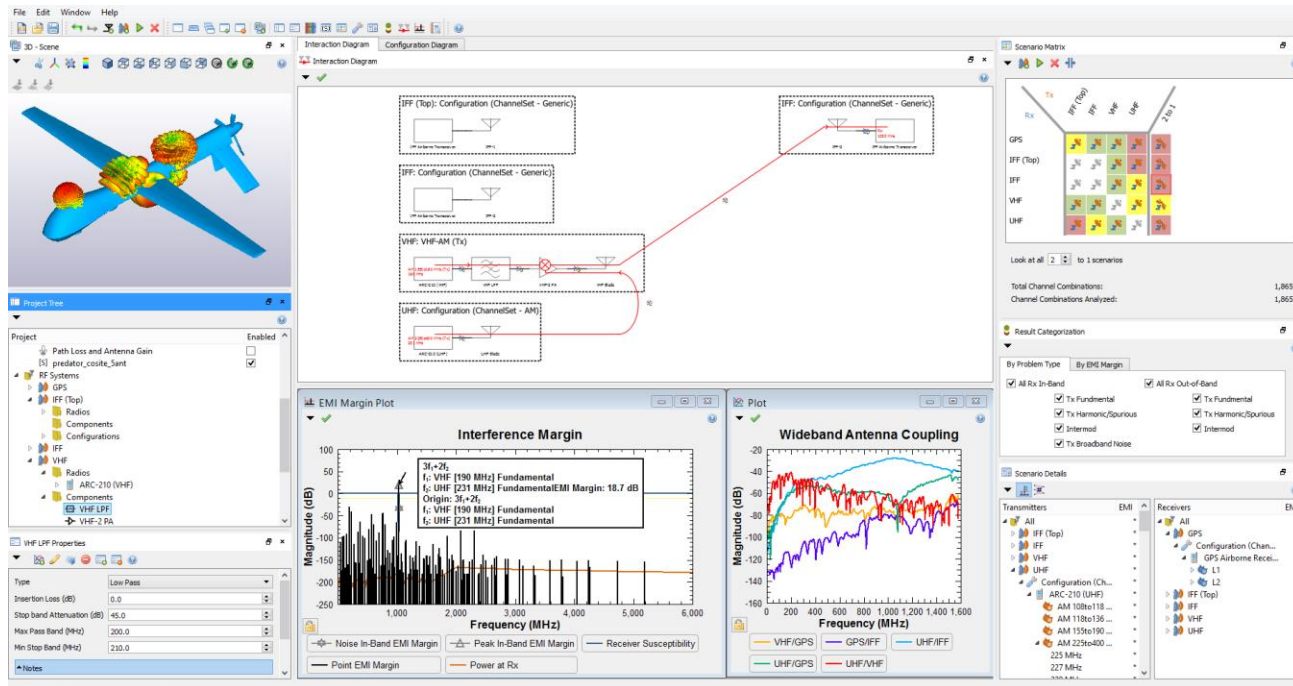
多个射频系统安装在同一个环境中

- 多样的系统特性：
 - 频带 (10 KHz to 40+ GHz)
 - 功率电平
 - 调制类型
- 各系统需要同时运行，且无干扰
- 有许多可用的方法来实现和平共处，但却很难找到最佳的解决方案



EMIT 系统级RFI仿真平台

- **管理** 系统性能数据
- **仿真** RFI/EMI 效应
- **定位** RFI/EMI 的根本原因

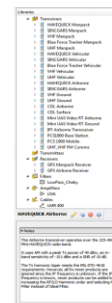


EMIT 技术优势

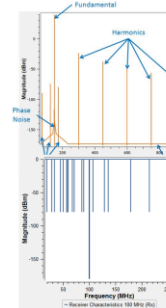
“多保真” 建模方法

- RF系统的多保真参数化模型
- 天线间耦合模型
- 内置无线和射频部件库
- 协同仿真：与Savant & HFSS集成

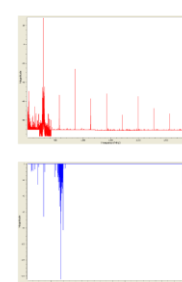
Radio & Component Libraries



Built-in Parametric Models

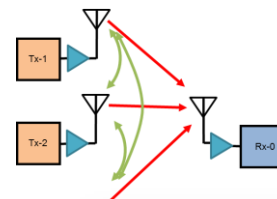


Measurement-based Models



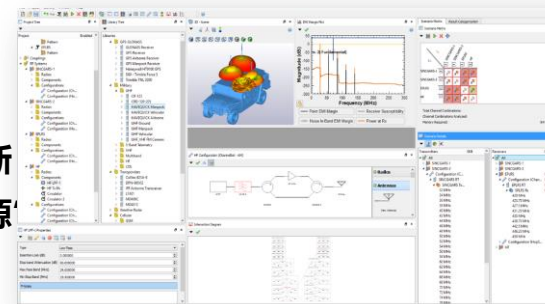
RF 系统级仿真

- 完整的RF系统建模
- 线性和非线性分析
- 包含宽带耦合

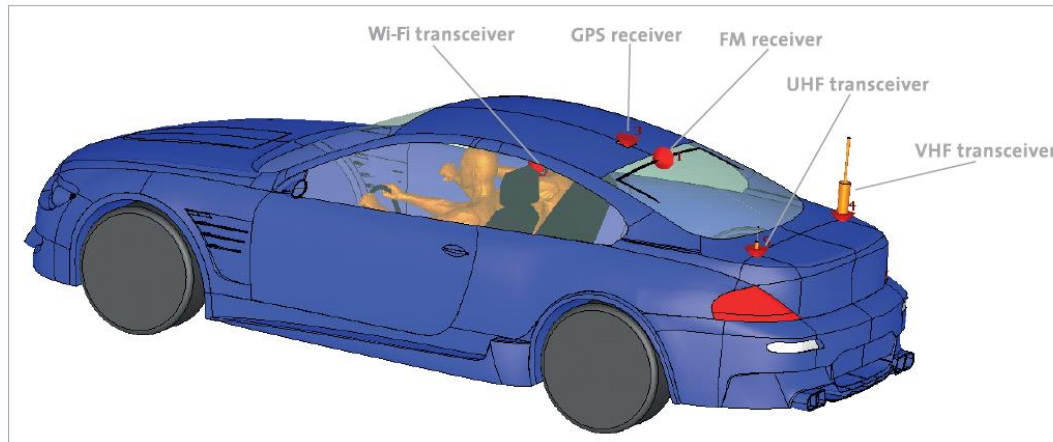


功率结果与诊断视图

- 场景矩阵汇总高层级系统性能
- 结果视图动态链接实现自动化干扰诊断
- 可视化信号追踪自动定位干扰的“根源”



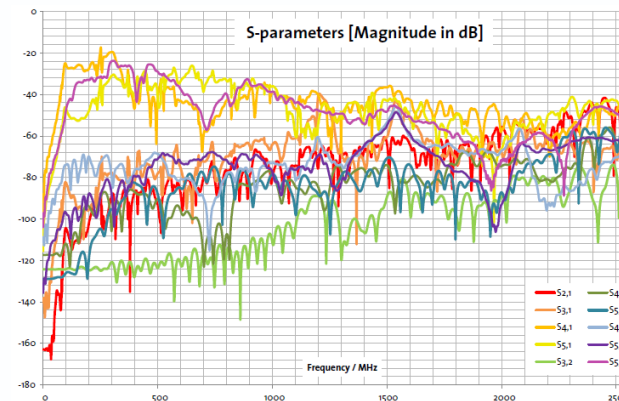
案例：汽车上的多射频系统共址干扰仿真



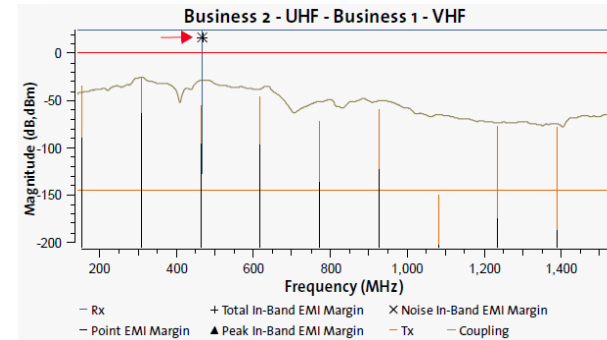
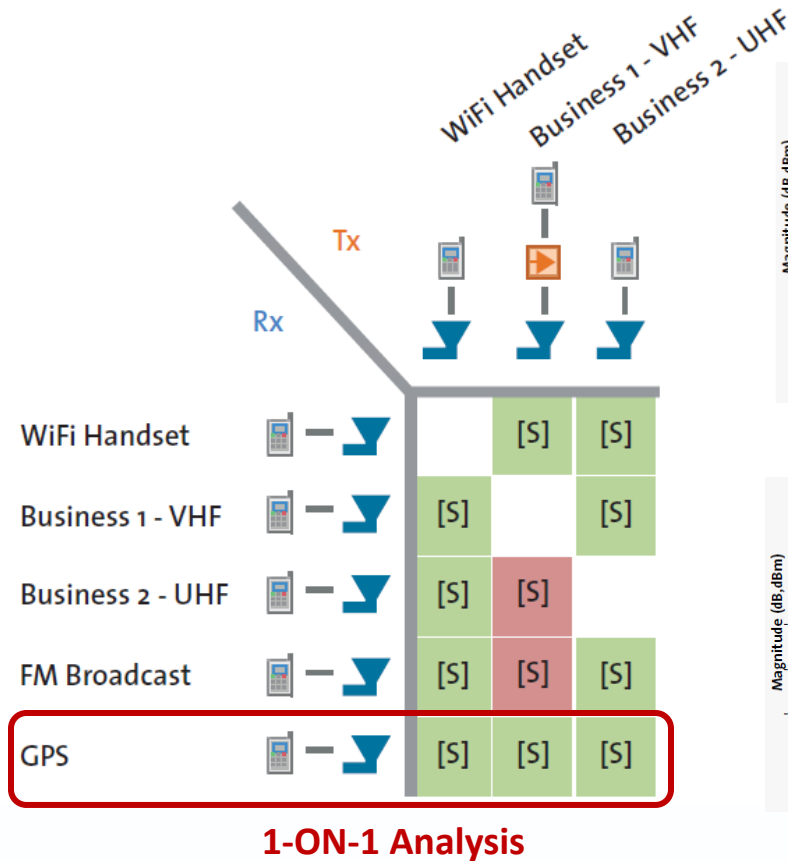
五个通信系统共存

- WiFi Tranceiver ;
- GPS receiver ;
- FM receiver ;
- UHF Tranceiver ;
- VHF Tranceiver ;

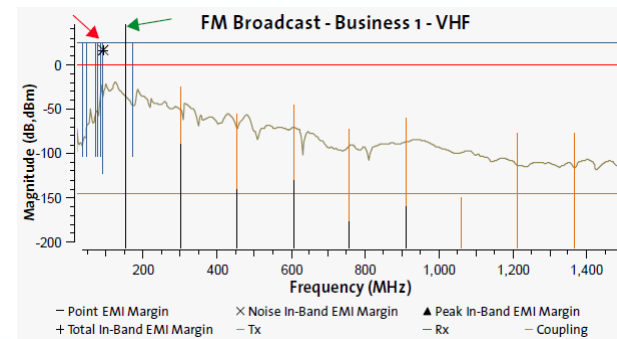
Savant计算得到天线间耦合度



案例：汽车上的多射频系统共址干扰仿真

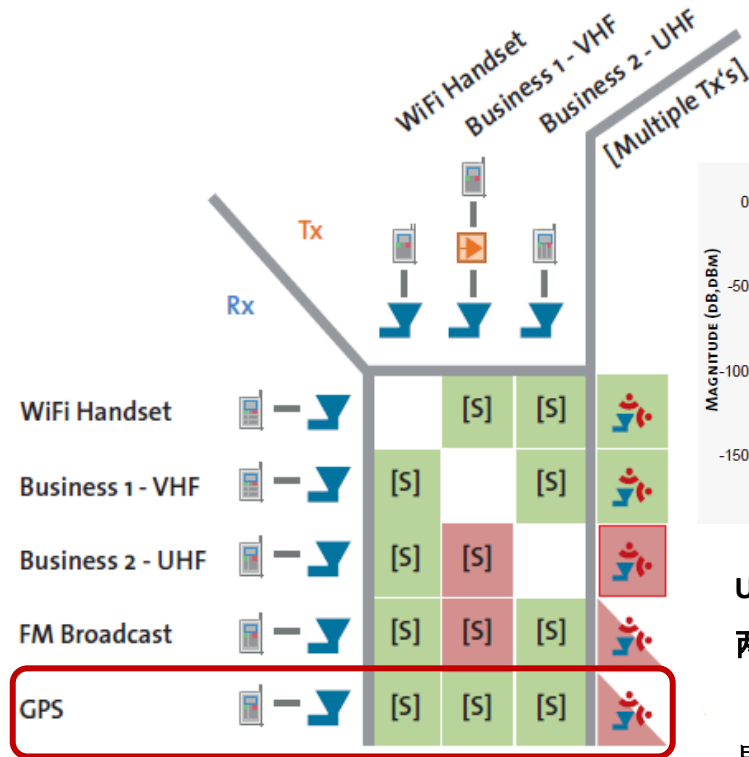


VHF对UHF的干扰 - 接收带内噪声

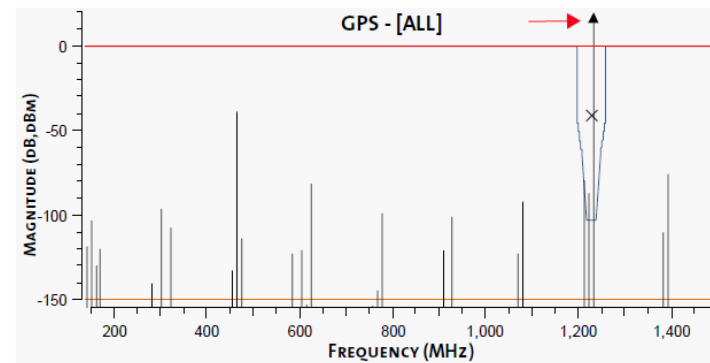


VHF对FM的干扰 - 接收带内噪声&

案例：汽车上的多射频系统共址干扰仿真



N-ON-1 Analysis

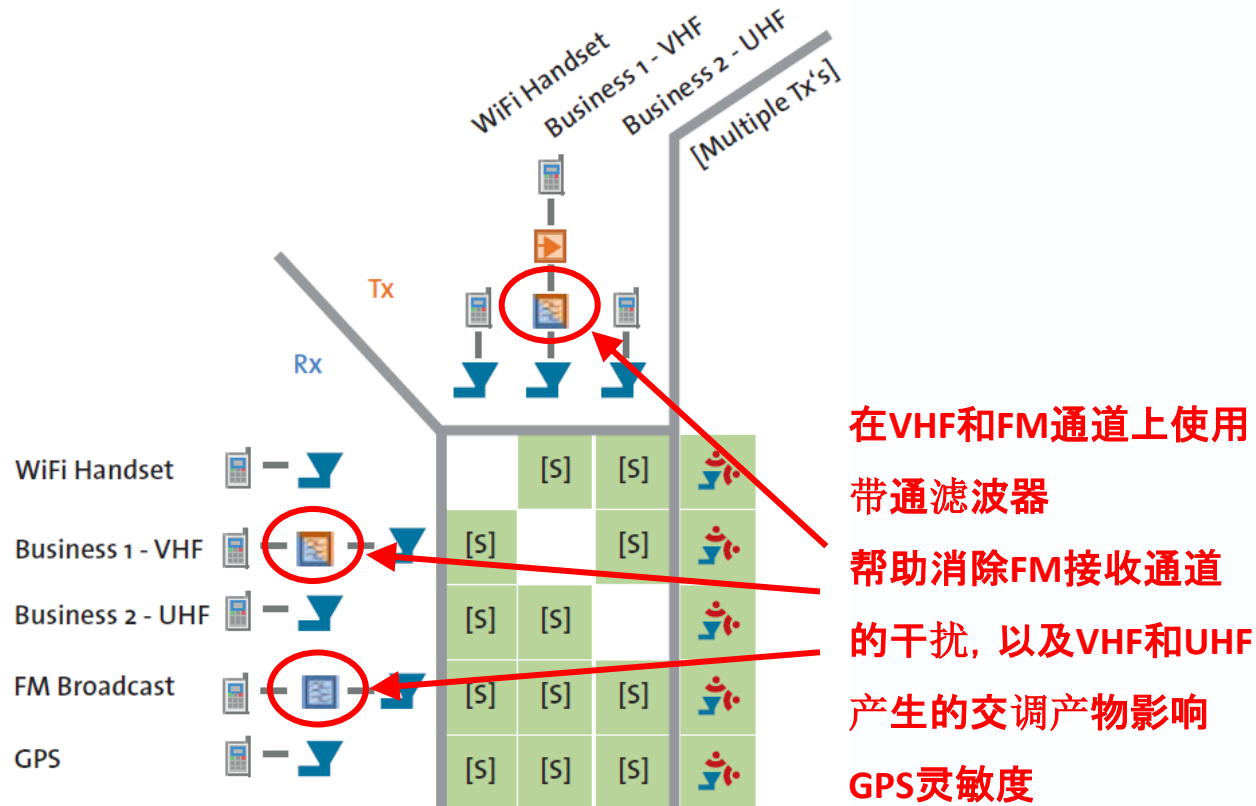


UHF的发射信号通过天线耦合至VHF发射通道，
两者在PA处产生的四阶交调产物：

$$(2 * 151.5 \text{ MHz} + 2 * 464.5 \text{ MHz} = 1232 \text{ MHz})$$

导致GPS灵敏度受扰

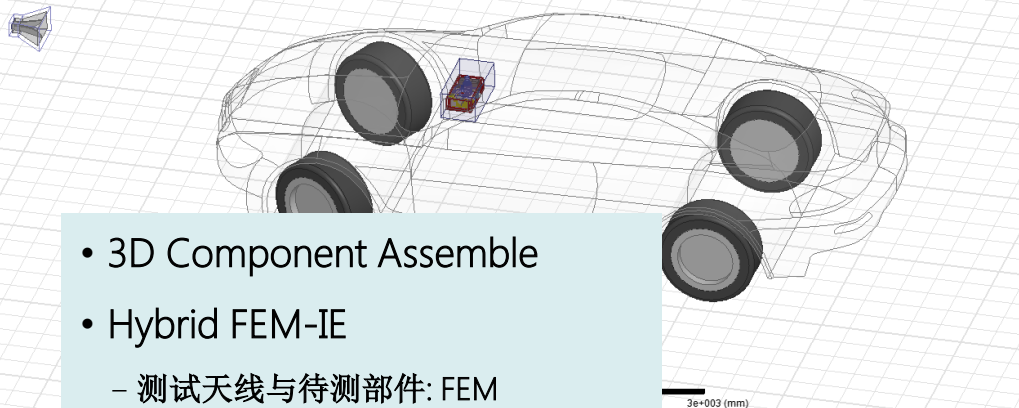
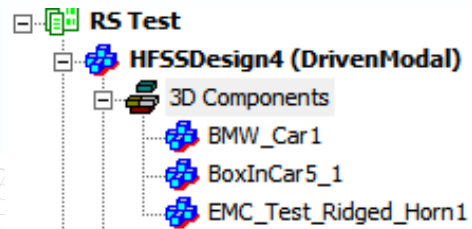
案例：汽车上的多射频系统共址干扰仿真



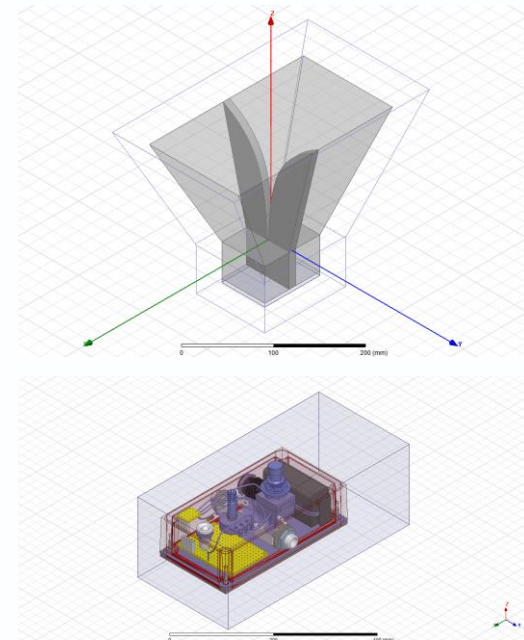
整车 RS 虚拟测试



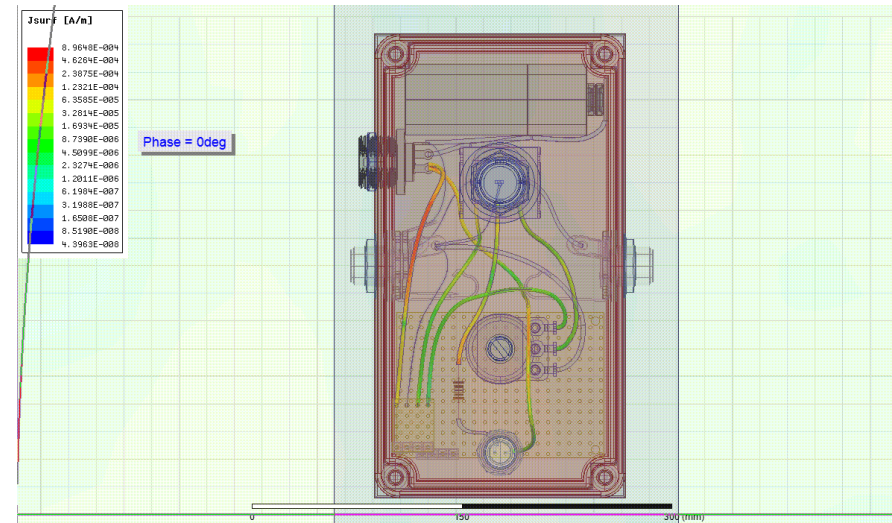
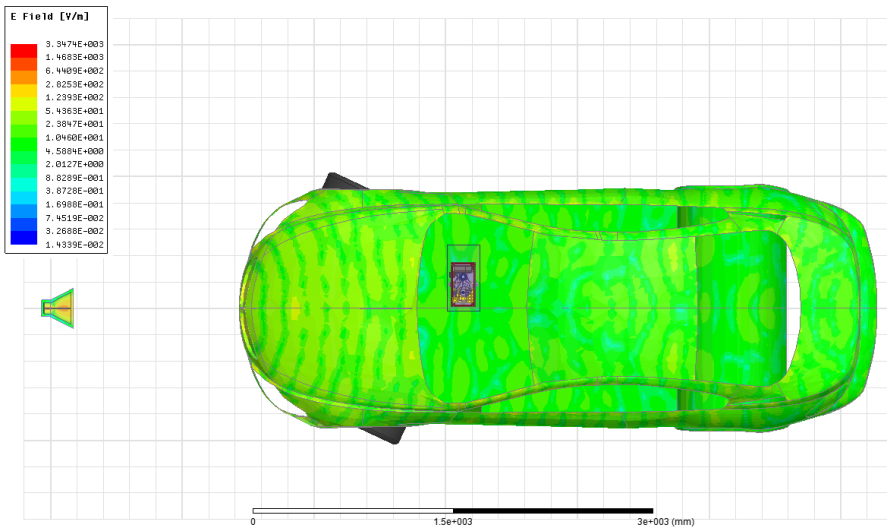
整车 RS 虚拟测试仿真思路



- 3D Component Assemble
- Hybrid FEM-IE
 - 测试天线与待测部件: FEM
 - 车体: IE



整车 RS 虚拟测试案例





回顾总结

汽车行业挑战与ANSYS应对方案

ANSYS 电磁兼容仿真思路

整车电磁兼容仿真技术

- 整车变流系统分析（CE）
- 整车线缆选型与布局
- 整车天线/设备布局（RE）
- 整车多射频系统干扰
- 整车 RS 虚拟测试

感谢聆听！