

ICSC 2019

Core Competence Enhanced by MBD



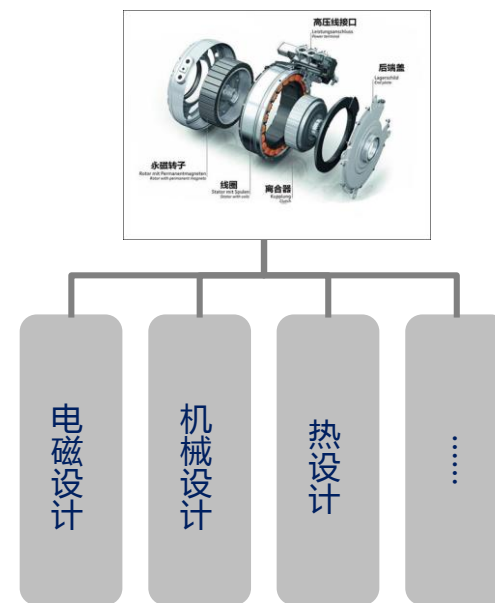
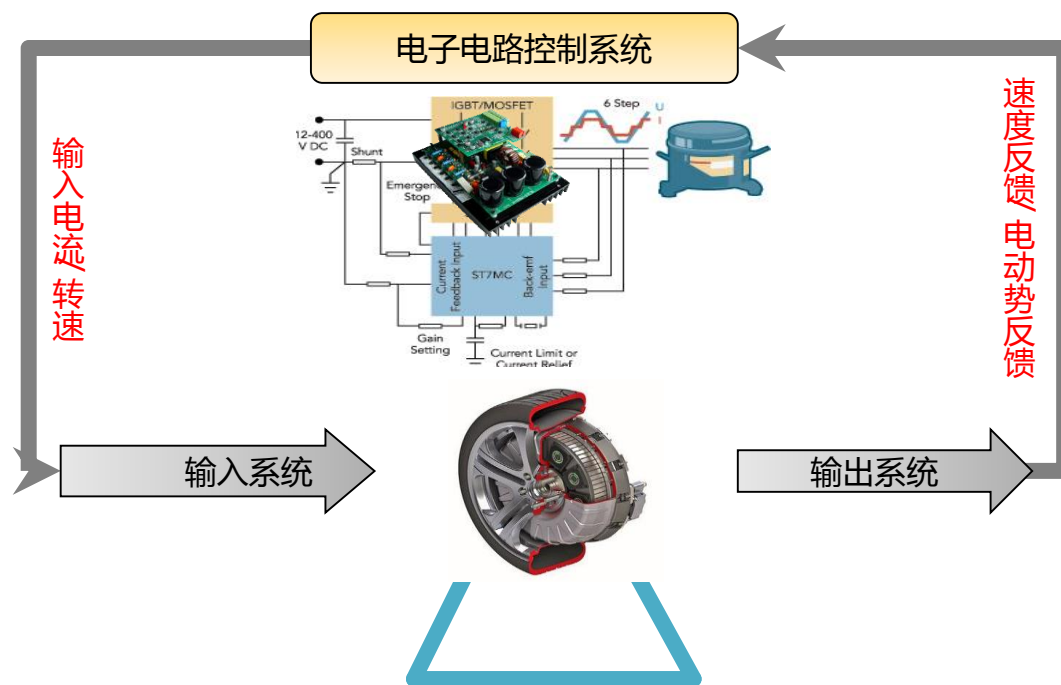
IDAJ CAE Solution Conference

驱动电机电磁振动噪声一体化分析流程

IDAJ中国
技术部

电机设计中的多物理场问题

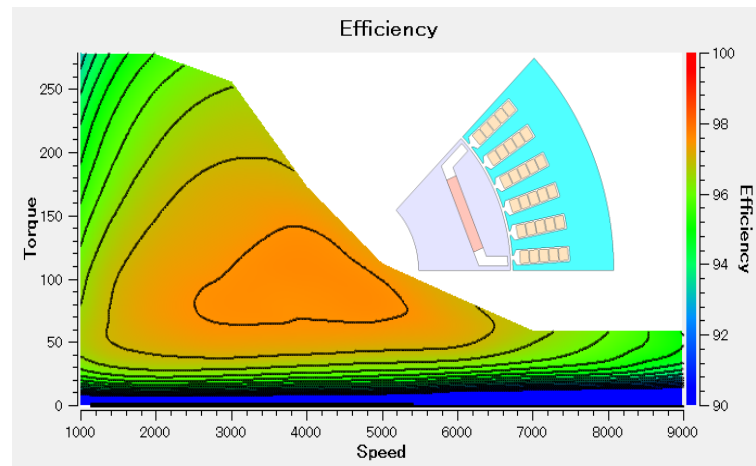
- 电机是一个集电气、机械、动力学、散热、电子电路、控制系统等众多学科综合于一体的复杂系统。



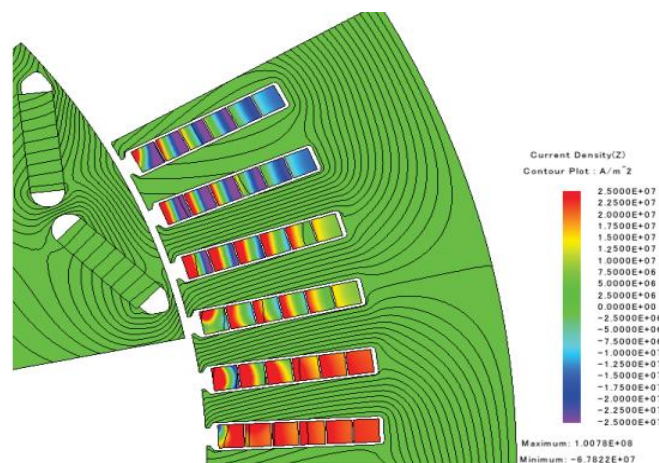
电机设计中的多物理场问题

■ 电机电磁场分析问题

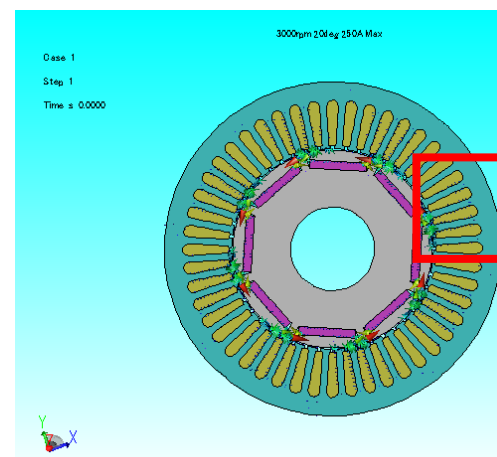
- 电机空间磁密分布、气隙磁密分布
- 电机损耗（铜损、铁损）
- 电机电磁力/力矩计算
- 扁线电机导体的涡流损耗分析
- 电机磁铁的退磁分析
-



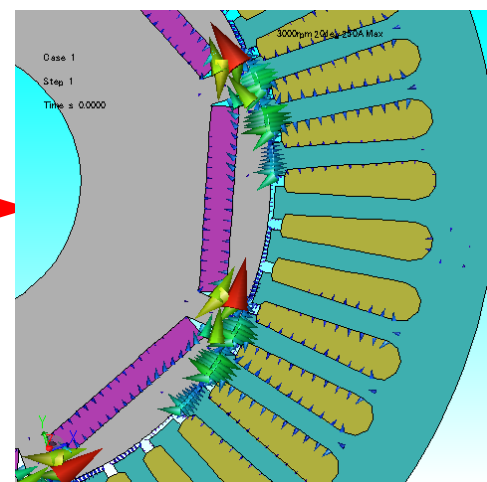
高精度效率图



涡流分布



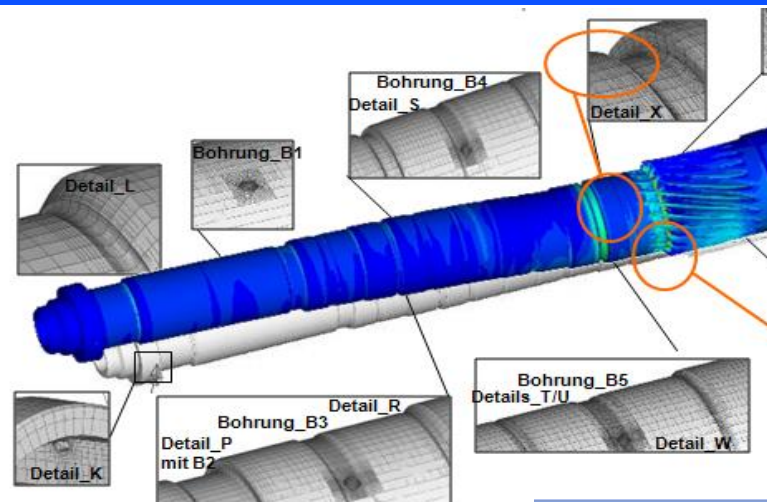
电磁力



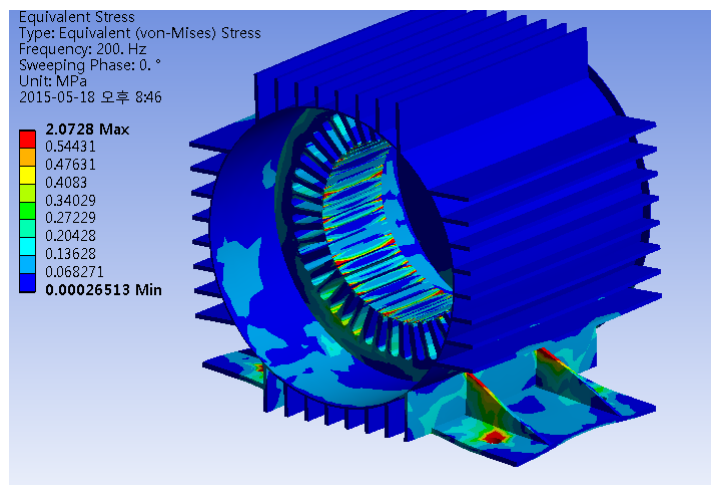
电机设计中的多物理场问题

■ 电机机械结构分析问题

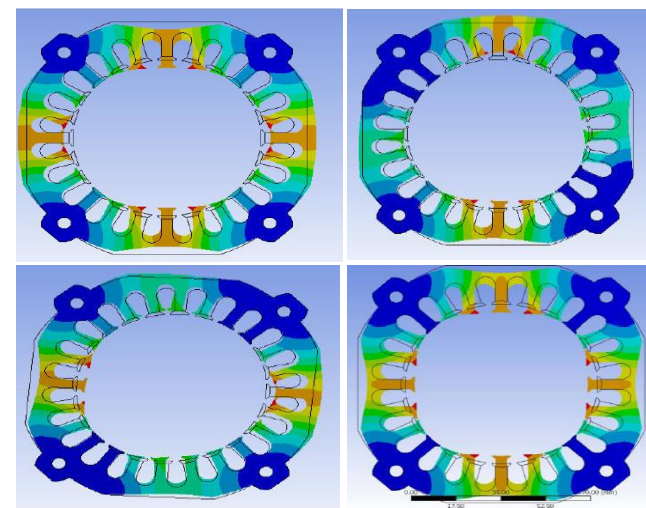
- 定转子\机壳应力和变形
- 定转子、机壳等结构的振动
- 电机装配（过盈配合、螺栓预紧）
- 结构疲劳寿命
-



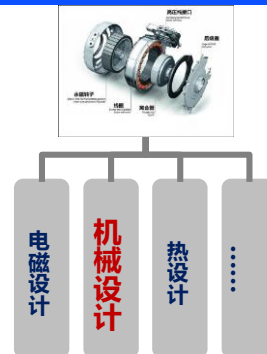
转子疲劳寿命



定子机壳的应力



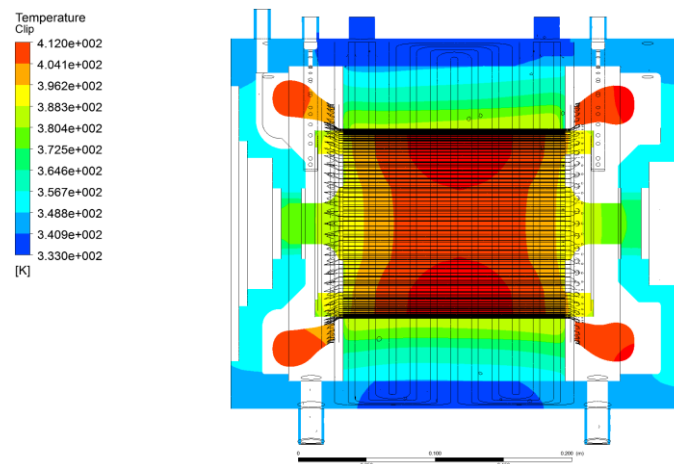
定子固有频率及振型



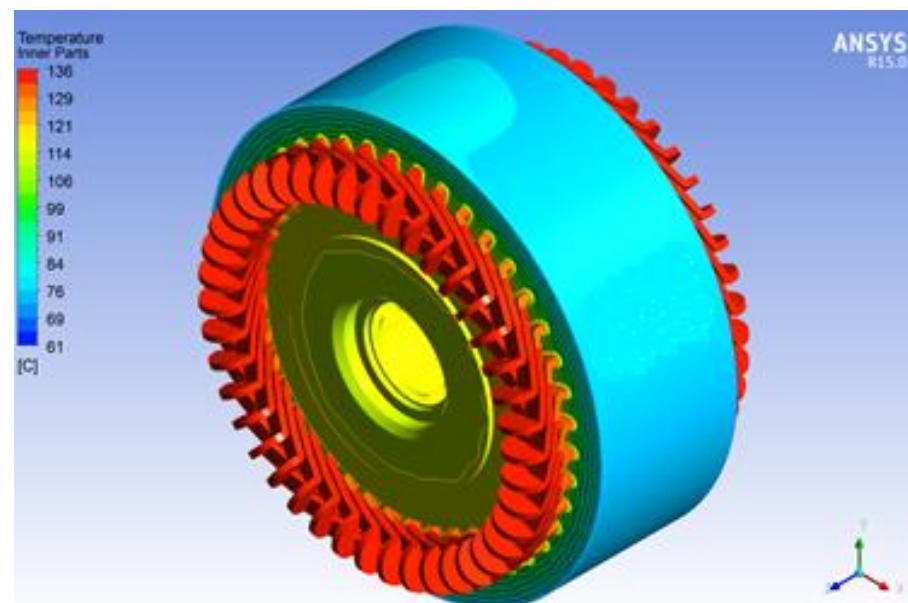
电机设计中的多物理场问题

■ 电机散热流动分析问题

- 冷却系统（风冷、水冷）设计
- 结构传热与流体散热分析
- 电机结构温升(热变形和热应力)
-



剖面显示电机结构的温度云图



电机结构的温度云图



电机设计中的多物理场问题

■ 电机多物理场耦合分析问题

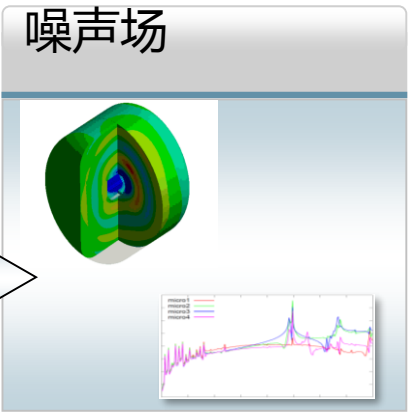
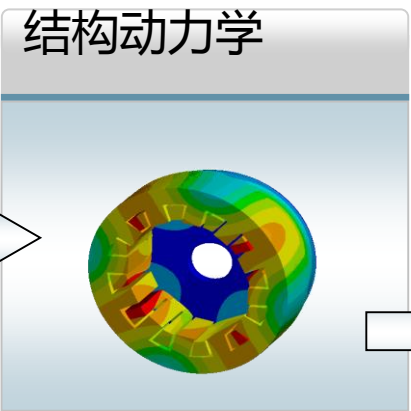
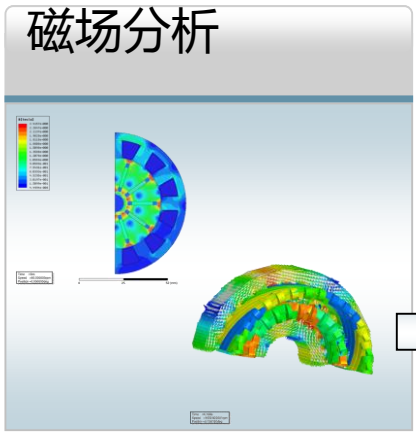
- 电机电磁-结构振动分析
- 电机电磁-温升散热分析
- 电机温升-结构热应力热变形
- **电机电磁-结构振动-噪声分析**
- 电机气动-噪声分析...



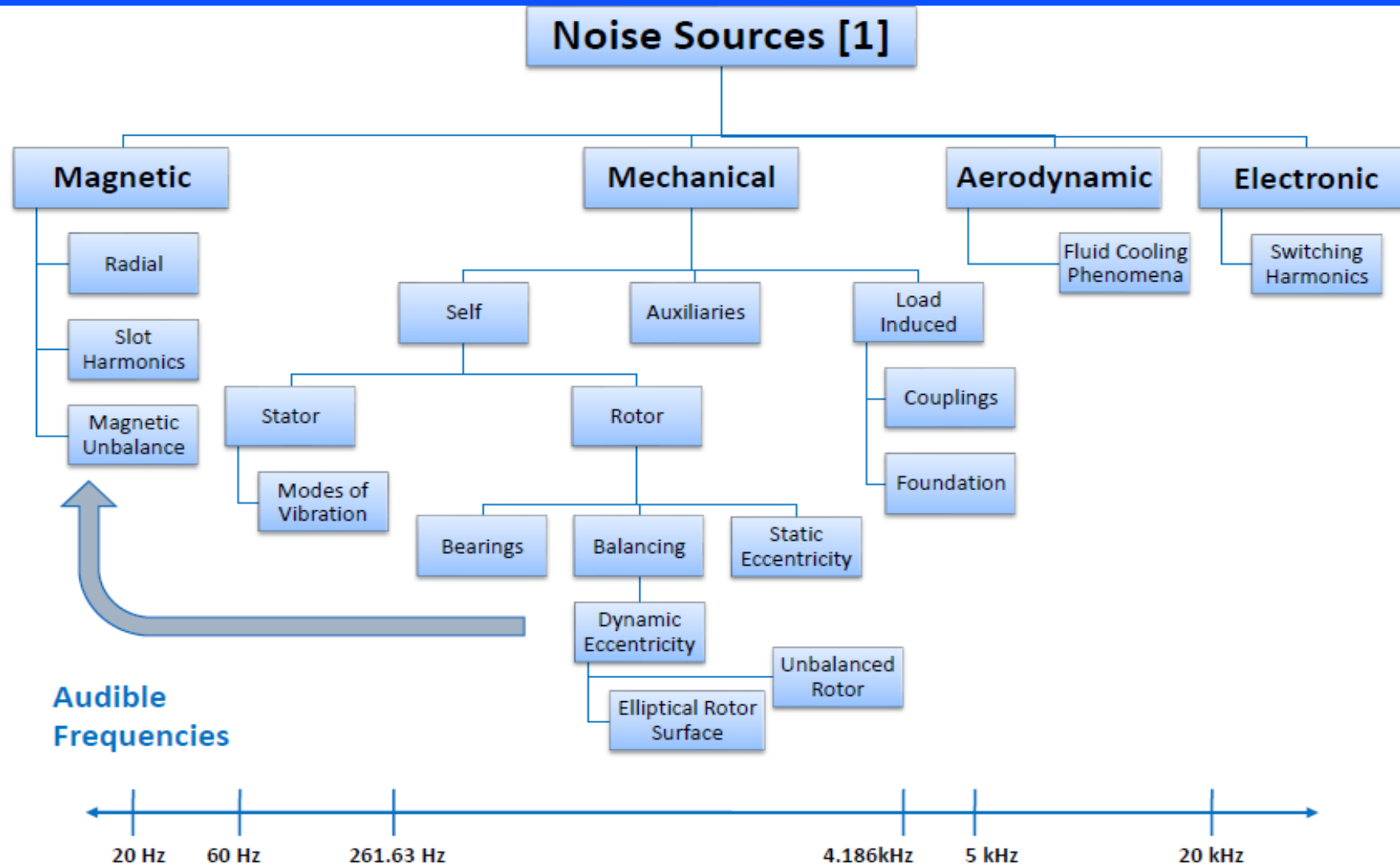
电机NVH性能分析

◆ 电机噪声主要来源

- 电磁力-结构振动噪声：电磁力和力矩作用在定子和转子上，引起与它们相连接的结构振动，从而产生噪声。
- 机械噪声：部件传动过程（轴承\转轴等不平衡力）产生的激励，引起结构振动噪声
- 气动噪声：冷却系统产生的气动噪声（流动噪声），这是由于流体在流动过程中产生的涡流而造成噪声。

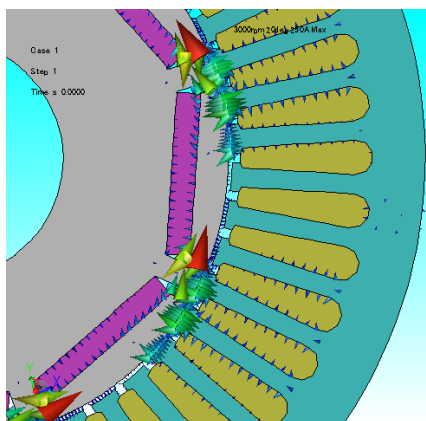


其中电磁噪声机理相对复杂，声品质较差，常表现为高频的啸叫，容易引起人们的不适！

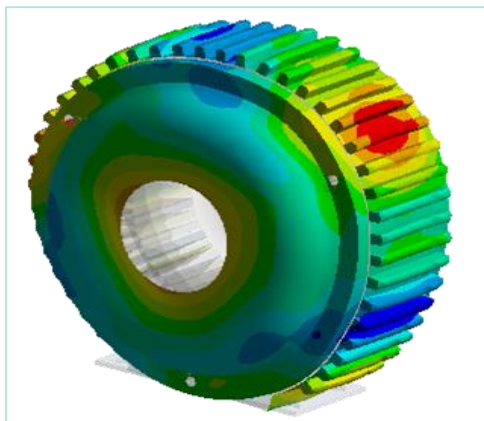


基于Jmag + Ansys Mechanical的 NVH分析流程介绍

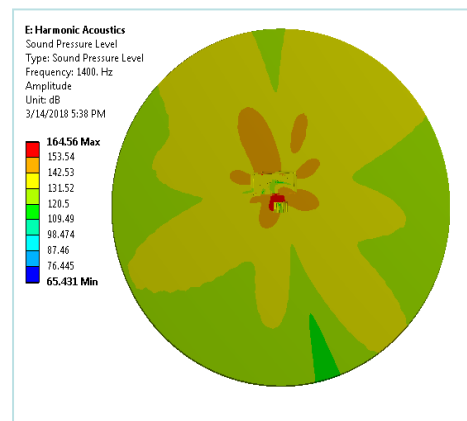
1. Magnetic Field Solution



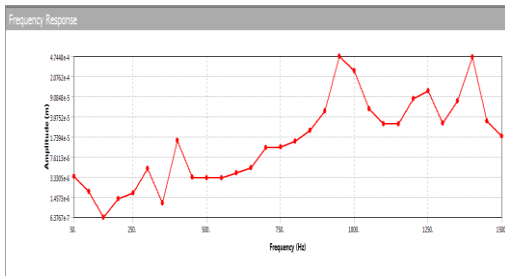
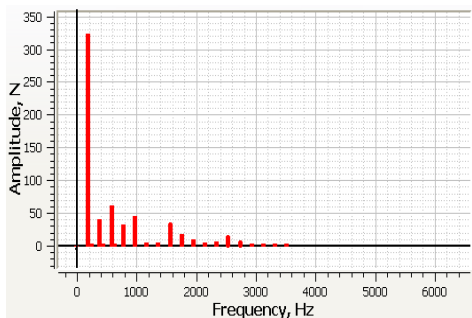
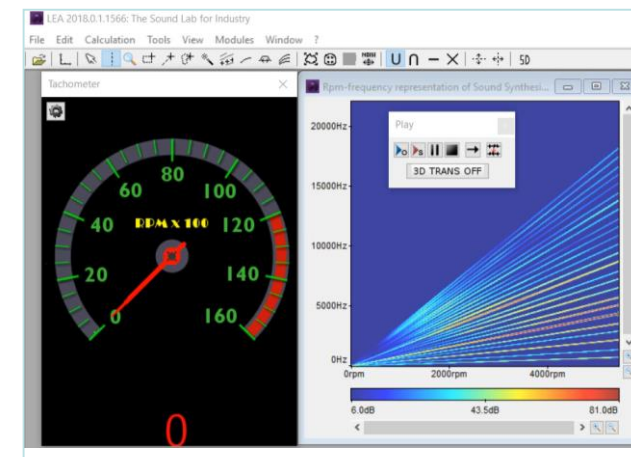
2. Modal and Vibration



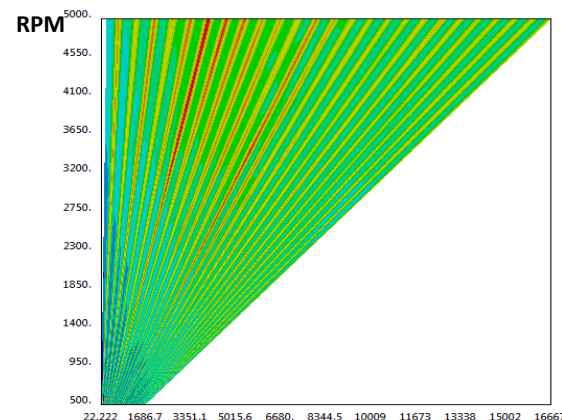
3. Acoustic



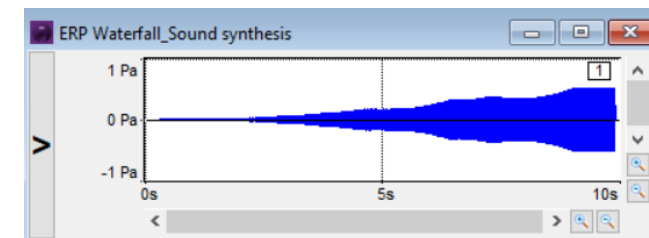
4. Sound Experience



Frequency [Hz]

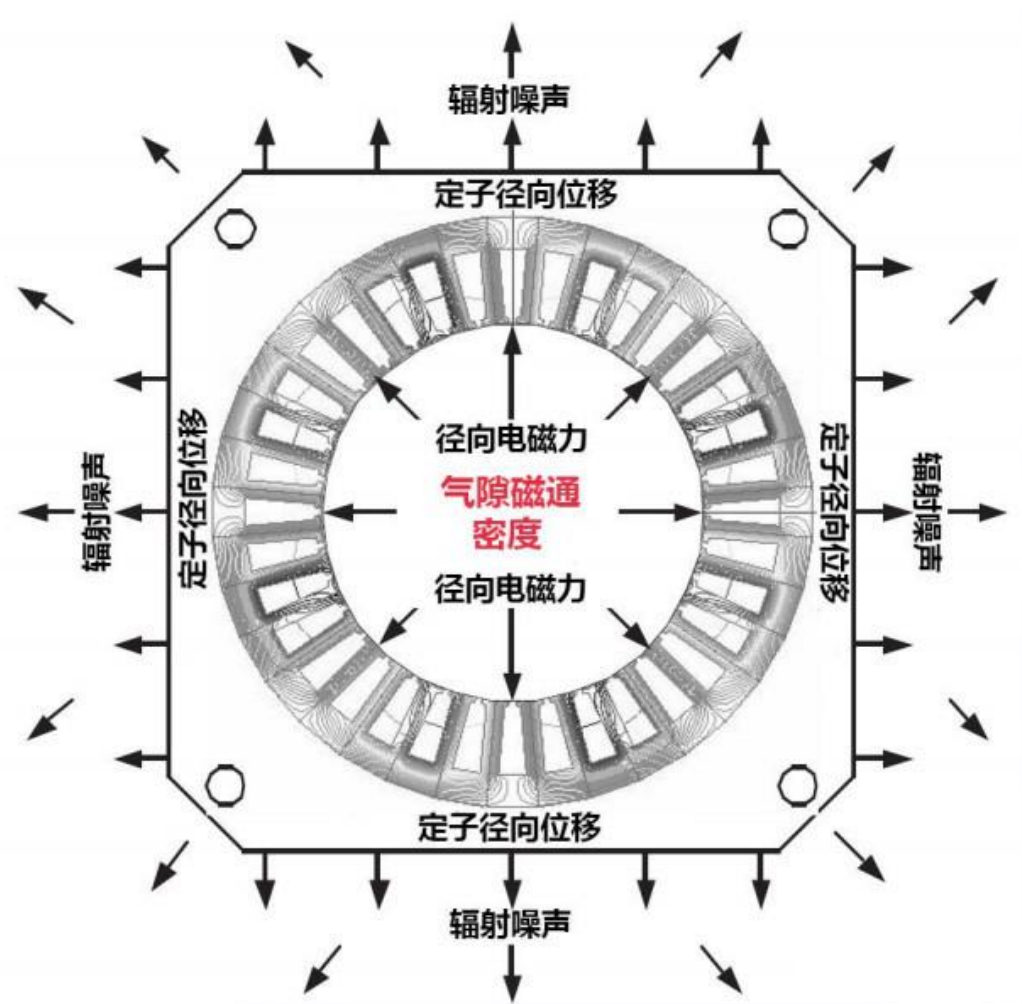


Frequency [Hz]



电机电磁噪声概述

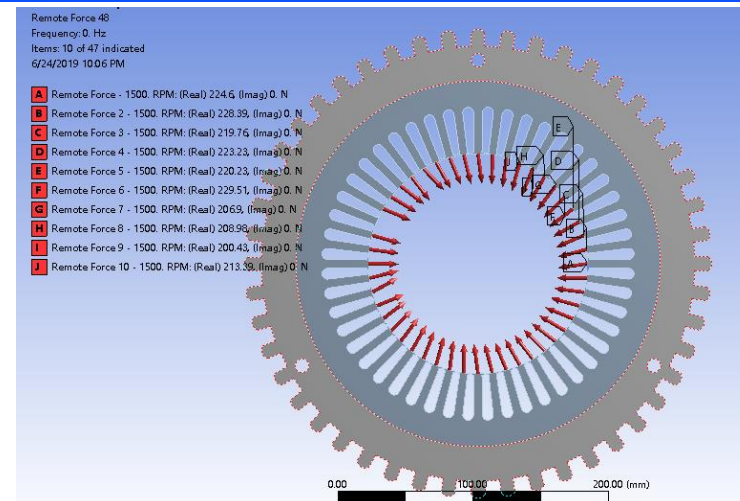
- 电机电磁噪声是由电磁力引起，其中电磁力可以分为麦克斯韦力和磁致伸缩力，一般情况磁致伸缩力的噪声贡献较小；
- 通常将电磁力分为切向力和径向力，切向电磁力一般会导致转矩波动，进一步带来振动噪声，而径向电磁力会导致定子振动从而向结构传递振动和向空气辐射噪声。



Jmag To Mechanical的电磁力的传递方式

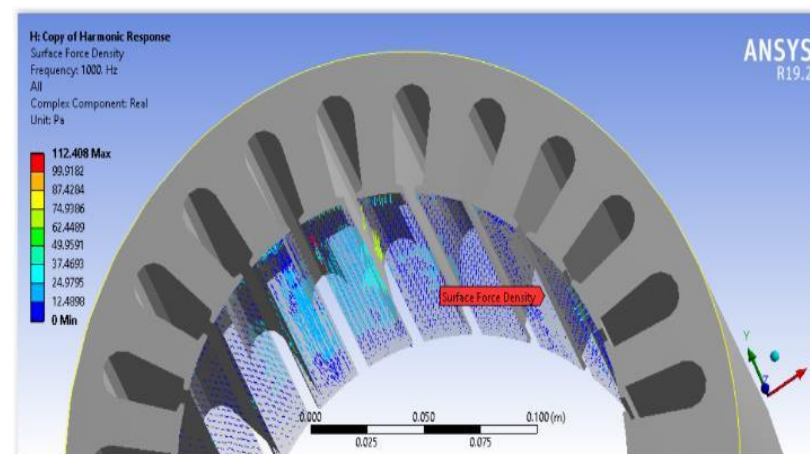
1、集中力方式：

Jmag计算输出定子每个齿部的电磁力的合力，在Mechanical中对应的齿上施加相应的集中力。



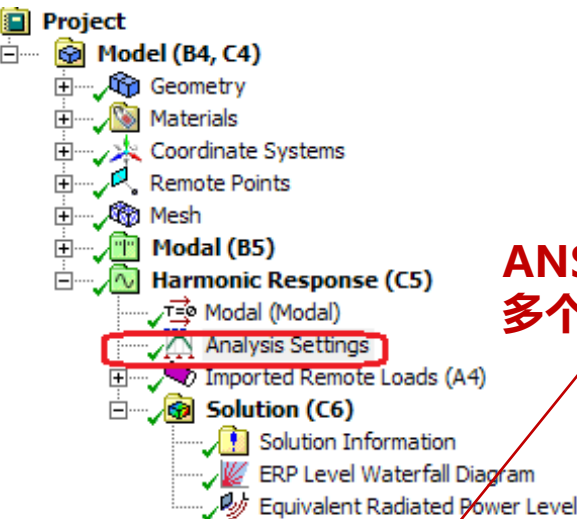
2、力密度的方式：

Jmag计算输出定子整个齿部的电磁力密度（.CSV文件），在Mechanical将该**文件映射**到结构模型的定子齿部上；以压力的方式进行施加。



2019R1版本Mechanical的Harmonic Analysis支持Multiple RPMs电磁力导入：

➤Analysis Settings中的相关设置。



ANSYS 2019R1 新功能：支持多个转速工况点载荷的导入

Details of "Analysis Settings"	
Step Controls	
Multiple RPMs	Yes
Number Of RPMs	4.
Current RPM Number	4.
RPM Value	6000. RPM
RPM Frequency Spacing	Linear
RPM Frequency Range Minimum	0. Hz
RPM Frequency Range Maximum	4800. Hz
RPM Solution Intervals	24

对于电机设计来说，电机的声学特性是非常重要的。新版本可以将多个转速和频率范围内的振动和声学特性计算出来；从而在后处理中生成噪声瀑布图和声音文件。

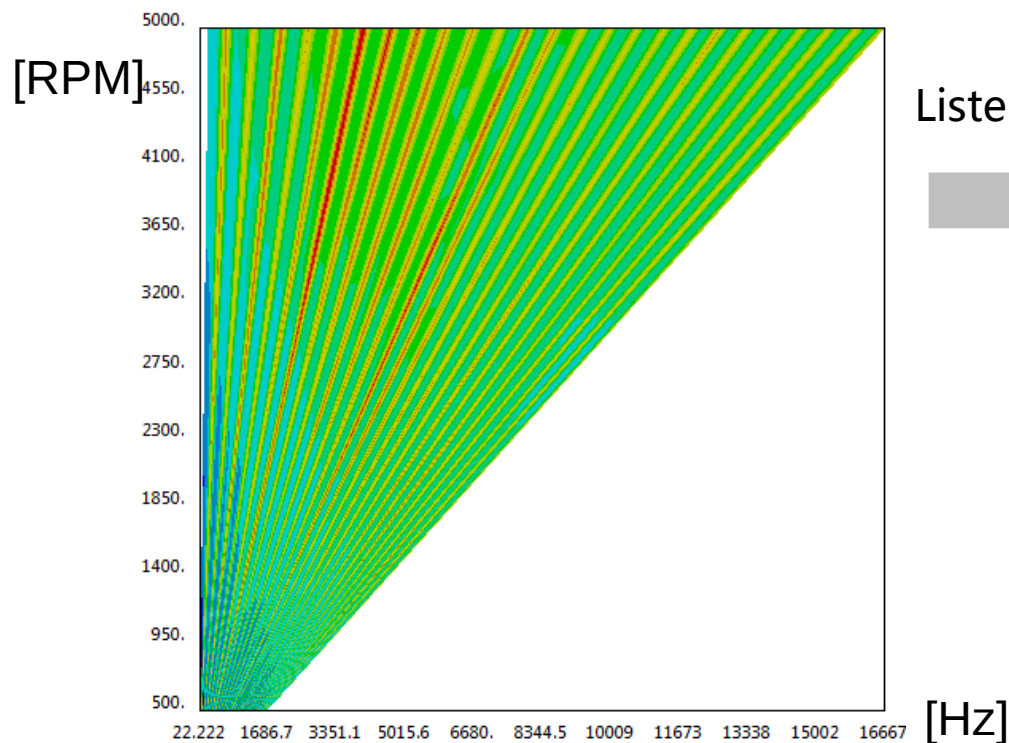
Analysis Settings				
Properties	Step 1	Step 2	Step 3	Step 4
Step Controls				
RPM Value	1500.	3000.	4500.	6000.
RPM Frequency Spacing	Linear	Linear	Linear	Linear
RPM Frequency Range Minimum	0.	0.	0.	0.
RPM Frequency Range Maximum	1200.	2400.	3600.	4800.
RPM Solution Intervals	24.	24.	24.	24.
Options				
Cluster Results	Off	Off	Off	Off

定义不同转速工况点及扫频信息

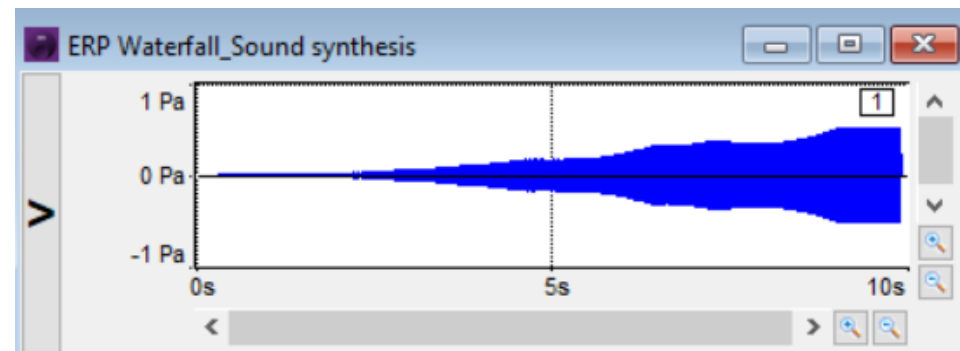
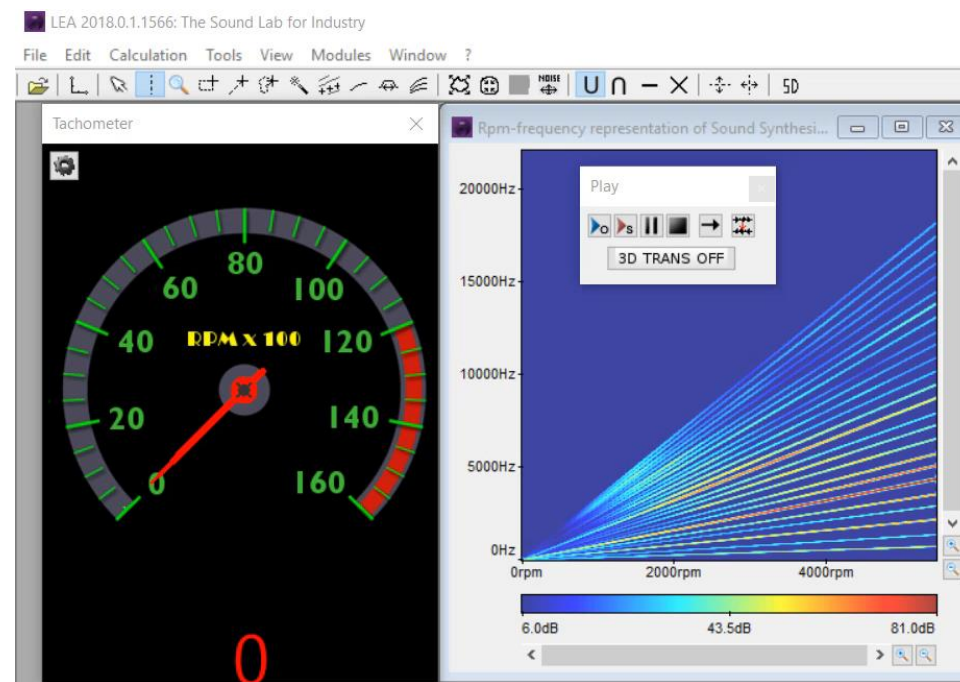
声学体验Acoustic Experience : Run-up Model → ERP Audio

允许将等效辐射功率和功率级输出为.XML文件。Optis VRXP Sound Dimension中读取XML文件以合成声音并创建.WAV文件。

ERP Waterfall Diagram



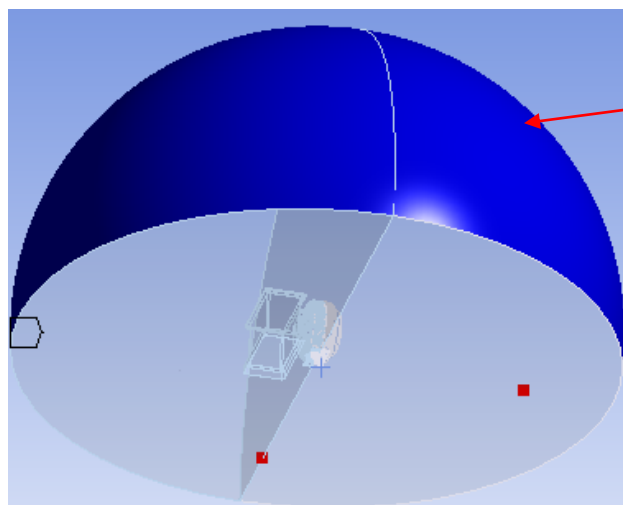
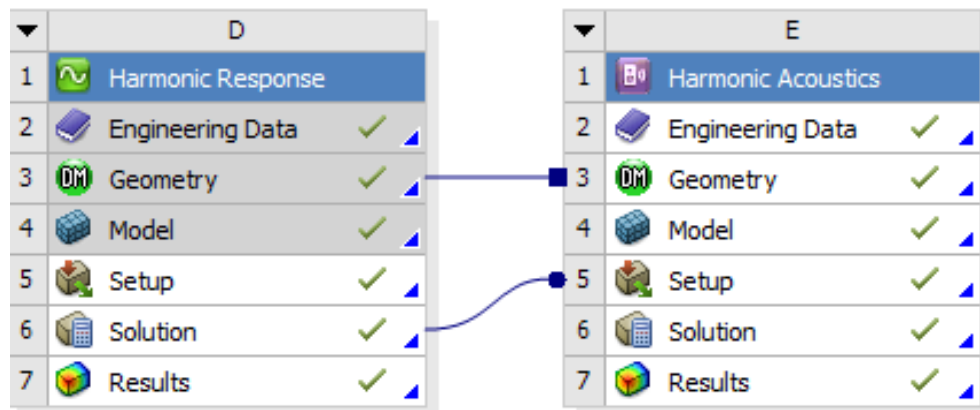
Listen to computed ERP



VXPERIENCE SOUND DIMENSION

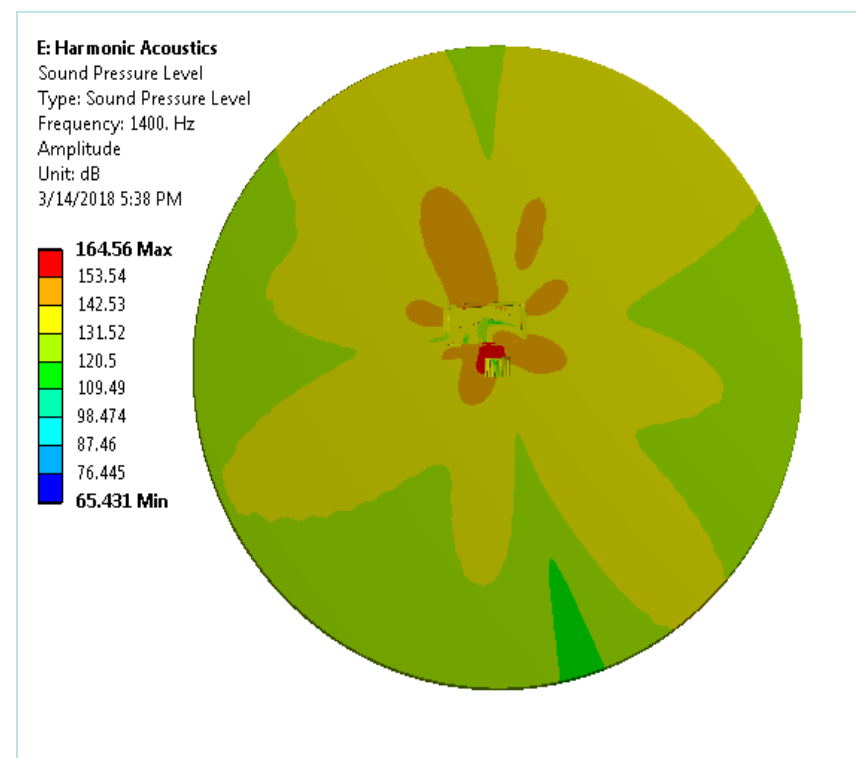
声学分析- Harmonic Acoustics

➤ 声学分析可在每个位置(例如1米处)提供相对准确的声压和声级(SPL)



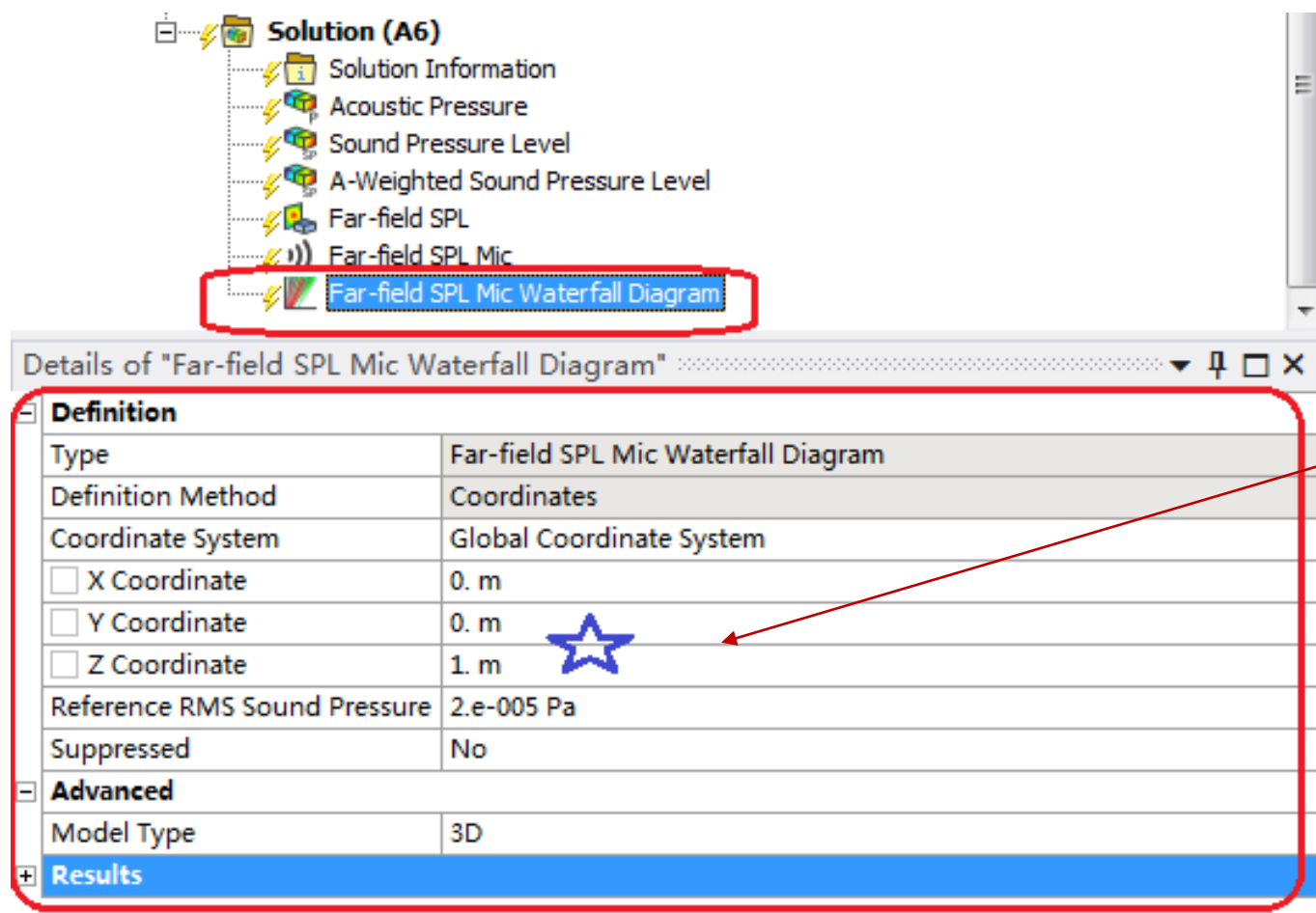
辐射边界

电机周围的空气域



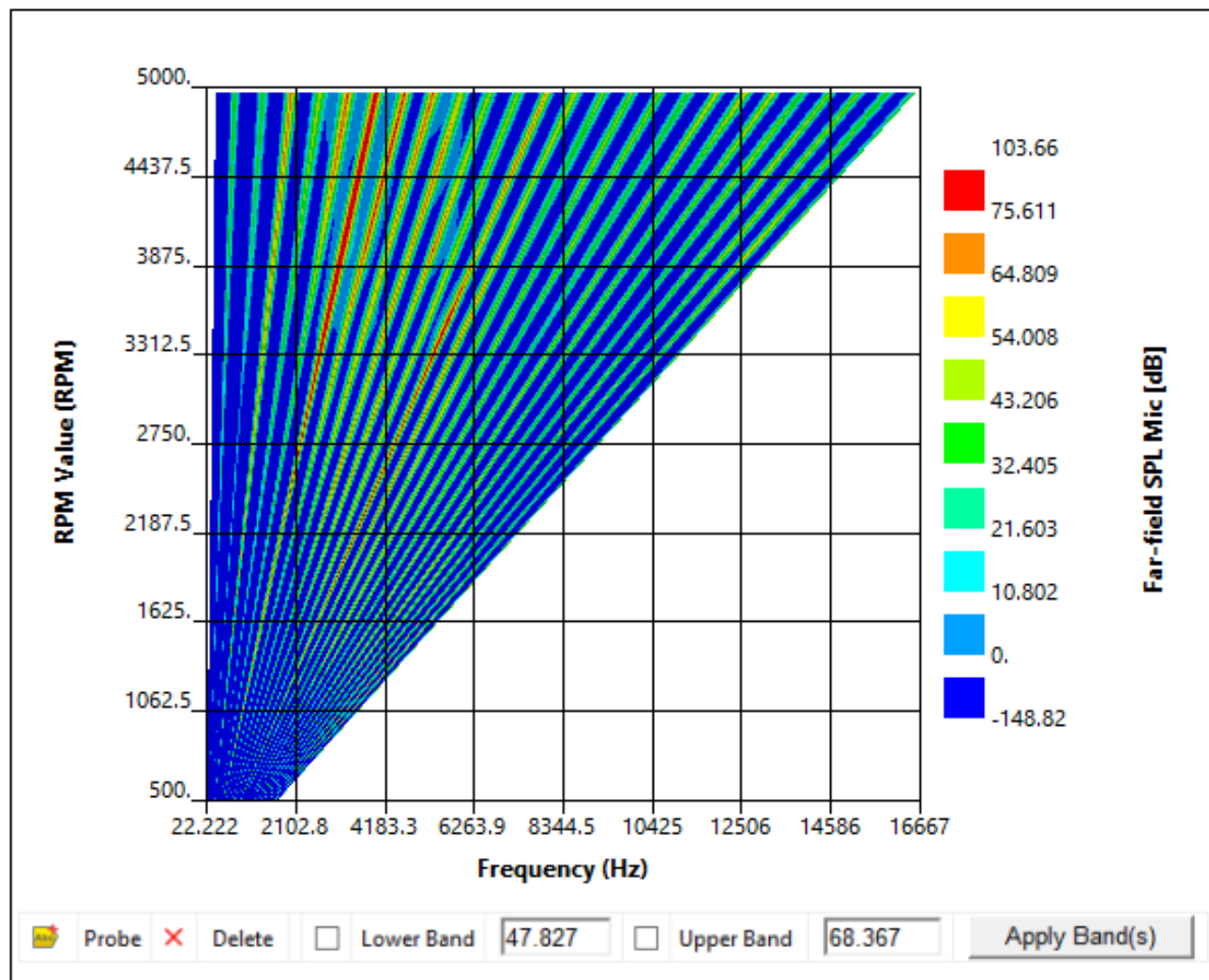
查看整个空气域在某个频率下的声压级

ANSYS 2019R2 在Acoustic后处理中增加了SPL瀑布图的输出功能



指定SPL测试位置，输出SPL瀑布图

ANSYS 2019R2 在Acoustic后处理中增加了SPL瀑布图的输出功能



感谢您的聆听！