

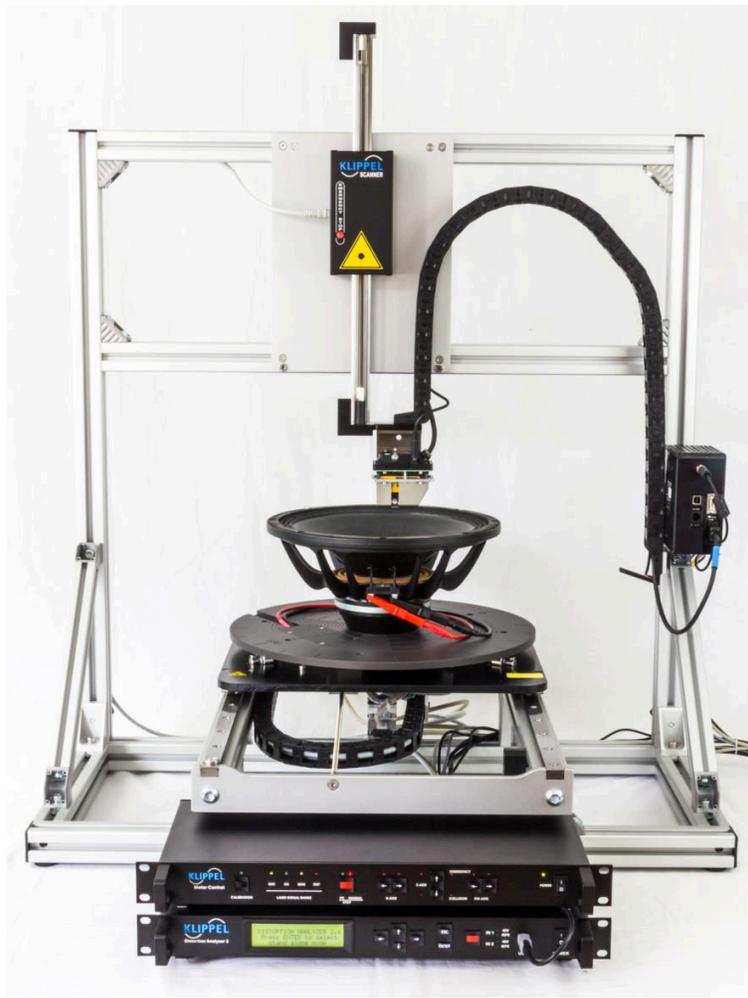
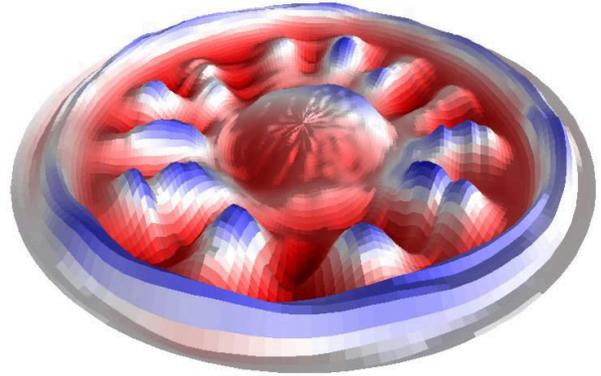
振動掃描系統

C5

KLIPPEL RnD 系統的硬件和软件模块

主要功能

- 测试扬声器的几何结构以及机械振动
- 查看振动表现
- 显示振动对声压输出的贡献
- 预测指向特性
- 区分径向和周向模式
- 分析主动辐射的纸盆区域
- 侦测扬声器的缺陷



C5 振动和辐射分析系统

振动扫描系统(SCN)执行一个非接触式的机械振动及几何结构数据的测试,对象主要为纸盆,振膜,平面以及音箱等.使用一个旋转和两个线性激励器(ϕ, r, z),根据用户定义的表格,移动激光位移量感应器.在每个测试点,被测喇叭用一个信号激励,该信号能在整个音频带内(< 25 kHz)产生足够的 SNR 以及足够的频率分辨率.采集的数据可以使用 SCN 软件进行分析,或者导出到其他 FEA/BEA 应用程序进行更深层次的处理.使用现代图像处理技术来增强相关信息,抑制噪音,并将振动以动画的形式显示出来.远场的声压输出以及指向特性可以计算出来,振动表面上的每个振动点对输出声压的贡献可以查看出来. SCN 软件可显示出关键的振动模式,并使用分解技术来分离径向振动模式及周向振动模式.

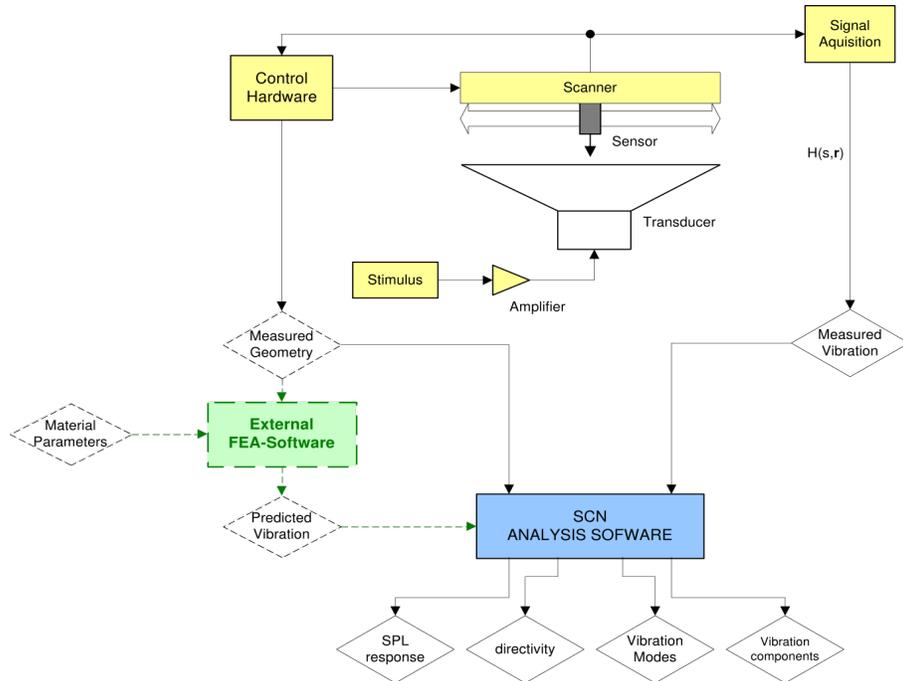
物品代码:	SCN 振动扫描系统	2510-001
	SCN 分析软件	2510-010/2510-011(USB Dongle)
	SCN 数据导入导出接口	2510-020
	SCN 有效辐射面积 SD	2510-030
	SCN 声功率/指向性	2510-040

主要内容

原理.....	3
振动扫描系统.....	4
SCN 分析软件.....	7
声辐射.....	11
分析和分解.....	12
数据导入和导出.....	14
SCN 数据导入导出接口.....	14
SCN 有效辐射面积 SD.....	18
SCN 声功率/指向特性.....	19
典型配置.....	19
限制性.....	20
扫描系统硬件 - 版本 2.0.....	20
马达控制器.....	23
扫描系统设置参数.....	23
机械振动和辐射分析(结果).....	24
分析设置参数.....	25
分析诊断.....	26
参考文献.....	28

原理

原理



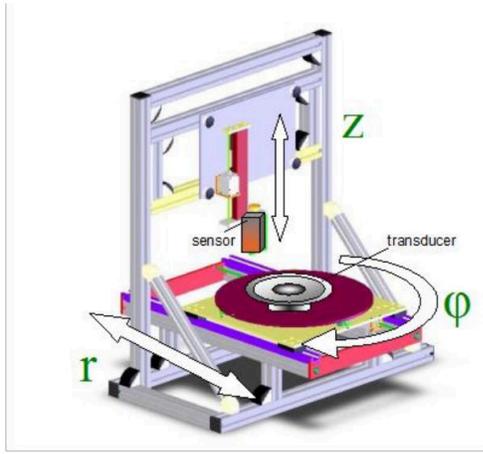
SCN 振动扫描系统是专门用来测试扬声器, 微型喇叭, 耳机及其他类型的电声或电机换能器的. 振动扫描系统使用 KLIPPEL RnD 系统的标准模块, 如位移量感应器, 失真分析仪 DA2, KA3 以及传递函数测试模块 TRF, 使用预修正的信号来进行扫描, 并执行信号采集与频谱分析. 振动扫描系统硬件使用一个转动台, 结合两个线性激励器以及控制硬件来对被测目标表面进行扫描.

振动扫描系统提供振动数据和纸盆几何结构数据给 SCN 分析软件, 执行数据查看, 机械振动的动画显示以及被测喇叭半空间声场内任一点输出声压的预测. 专利保护的分解技术显示出机械振动的径向模式和周向模式, 以及机械振动与声压输出之间的关系. 这就是分析的目的, 让用户对机械振动与声辐射之间的关系有更好的了解.

SCN 数据导入导出接口(扫描系统的一个扩展功能), 提供对几何结构及振动数据的导入导出功能, 可与第三方软件结合使用. 基于 FEA/BEA 执行振动和辐射数据的分析, 可用于质管部门检查几何结构的变化, 及研究设计方案选择. RnD 系统的材料参数测试模块 MPM, 则可以提供纸盆和悬吊材料的杨氏模量 E 和损耗因子.

振动扫描系统

3D 扫描系统



机械扫描系统, 含一个旋转系(ϕ)和两个线性驱动系(r, z).

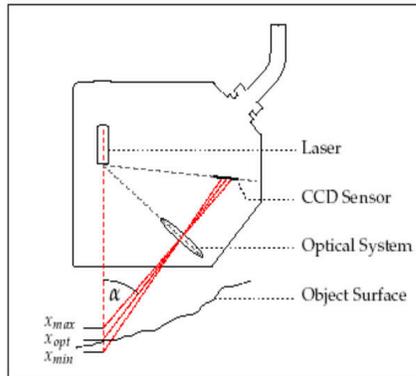
绝大多数电声换能器都使用单一驱动系统在一个方向上(Z方向)来激励振膜, 纸盆或平面. 因此这个方向上的位移量测试, 可使用一个激光位移量感应器在目标表面的两个维度上(半径 r 和角度 ϕ)进行扫描来实现. 被测喇叭可用一个转动台(ϕ 坐标)旋转, 以及一个线性驱动器(r 坐标)来移动, 使用另外一个激励器在 Z 方向上来调节激光头与目标表面之间的距离 V_d .

马达控制器



马达控制器是 3D 扫描系统的硬件控制单元. 连接 USB 接口与电脑, SCN 软件就可以控制该单元执行扫描及获取结果, 并用于后续查看和分析. 内部集成微处理器, 提供扫描系统硬件的状态信息, 并控制三个步进电机激励每个驱动轴.

位移量感应器



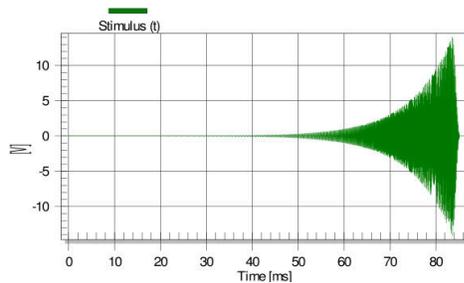
基于三角测试原理的位移量感应器

喇叭纸盆振动的光学测试可以使用三角激光技术来实现, 与多普勒干涉测量法相比, 是一个成本经济的方法.

由于三角测量感应器主要提供位移量信息, 因此需要额外的高级信号处理, 以实现足够的信噪比来测试频率高达 25 kHz 的纸盆分裂模式.

喇叭音圈位移量, 在谐振频率以上的质量主导区域, 以每倍频程 12 dB 的速率衰减. 因此, 恒定电压的正弦扫频信号, 如果在谐振频率 $f_s = 20$ Hz 处产生 $x_{peak}(f_s) = 1$ mm 的位移量, 则当在 20 kHz 频率处时, 产生的峰值位移量仅为 10^{-6} mm (1 nm)

激励信号修正

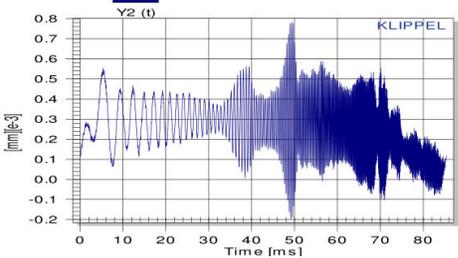
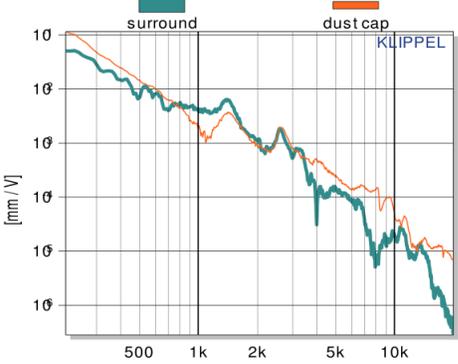
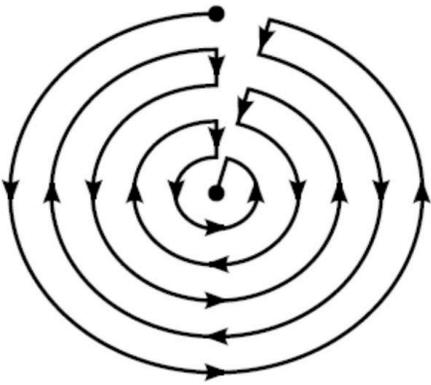


修正后的对数正弦扫描信号

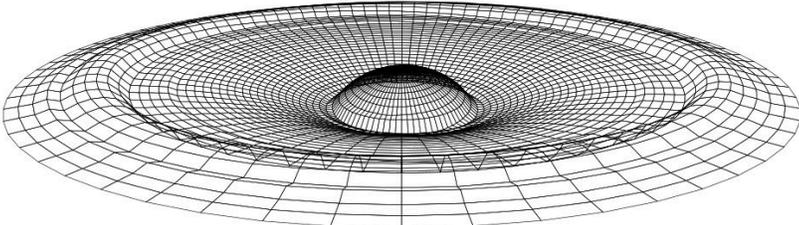
谐振频率以上振动位移量的衰减, 可以通过对激励信号的修正来得以补偿, 通过提升高频信号成分的幅度来实现. 这样, 激励信号的幅度就不是恒定的, 而是随着频率进行二次方的幅度抬升, 可从 0.1 mV 升至最高达 10 Vrms.

使用相同的信号进行 2ⁿ 次测试, 并对测试的位移量响应结果进行平均处理, 可以改善 3*n dB 的信噪比.

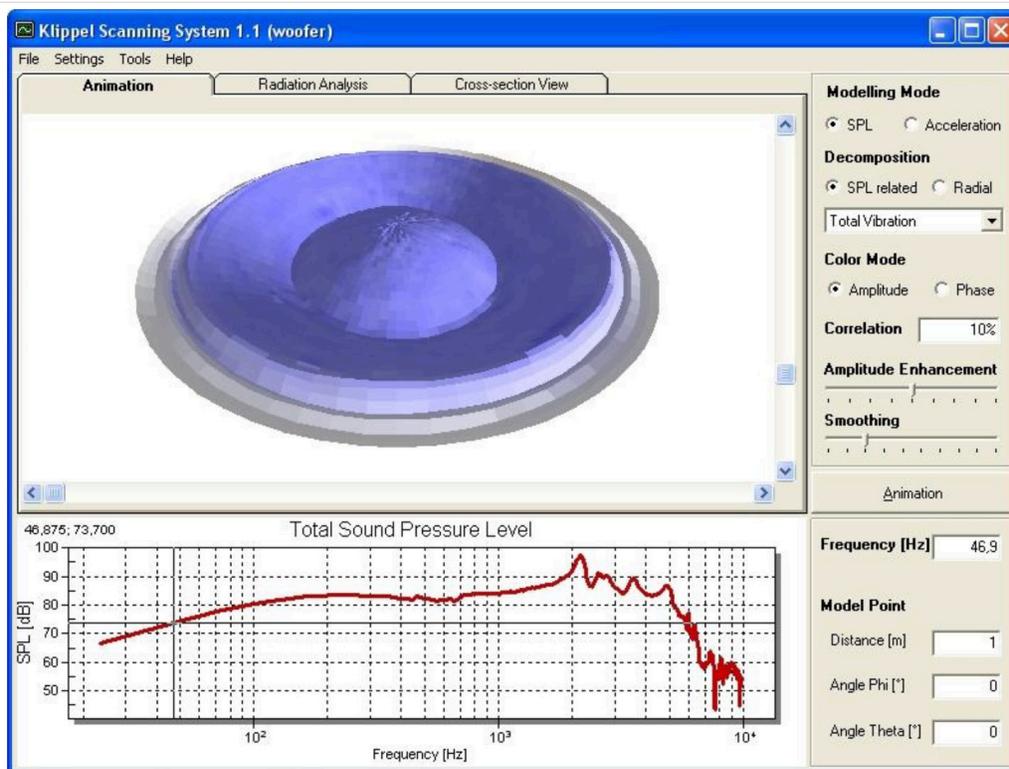
由于对激励信号幅度进行了修正处理, 谐振频率处(大约 100 Hz)的位移量幅度与高频区域的位移量幅度(约 0.5 μ m)则处于相同的阶次. 底噪则保持在 5 nm 的水平, 这样就可以得到足够的信噪比(> 40 dB).

	 <p>平均处理后的位移量信号</p>	
<p>位移量传递函数</p>	 <p>在防尘盖和折环处测试得到的传递函数$H_x(s)$</p>	<p>由于激励信号的修正, 三角镭射激光头输出的信号与目标测试点的加速度相关. 由于信号的修正与后续的分析相关性不太大, 因此直接计算位移量 $X(s)$ 与激励信号电压 $U(s)$ 之间的传递函数 $H_x(s,r) = X(s)/U(s)$ 会更加方便. 其中 $0 \text{ dB} = 1 \text{ mm/V}$.</p>
<p>扫描表格和路径</p>	 <p>扫描在目标外沿开始并逐步将内进行.</p>	<p>由於使用了旋转激励和径向激励的方式, 因此被测目标的扫描是在极坐标系下.</p> <p>扫描表格可以自动或手动方式产生, 以便可在感兴趣的纸盆区域提供足够的解析度.</p> <p>扫描过程可按次序进行:</p> <ul style="list-style-type: none"> • 恒定角度 φ 的轮廓扫描(50 点) • 探索式扫描(450 点) • 详细扫描(3200 点)
<p>扫描模式</p>	<p>按照以下的扫描模式, 在扫描过程中激光头的高度自动调节.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Normal Scan 在该模式扫描下, 激光头的最佳高度将从扫描过程中目标的几何结构中计算出来. 在该模式下, 激光头随着纸盆轮廓的斜面逐步扫描, 这样可以测试到比喇叭单元折环位置低很多的防尘盖. 该模式假设纸盆的倾斜角小于 60°, 并且没有大于 20 mm 步进级. 这种模式适合大部分喇叭单元, 建议应用到低音喇叭单元上. • Flat Scan 这种模式, 扫描过程中激光头垂直方向上的位置不发生变化. 使用这种模式, 可以非常精确地测试到目标的几何尺寸. 建议高音单元, 微型喇叭, 平面喇叭等几何尺寸在垂直方向上变化小于 10 mm 的喇叭单元, 使用该模式. • Floating Scan 这种模式, 激光头在垂直方向上的位置将永远大于某一最小值. 这种模式可以用来测试在真空测试箱内的喇叭单元的振动表现. 既可以保证激光头不会触碰到喇叭与激光头之间的平面透明盖板(真空箱上的), 又能检测到喇叭的振动表现. 	

C5 振动和辐射分析系统

	<p>另外, 针对 Normal, Float Scan 扫描模式, 用户可以特别定义一个危险区域半径, 用来指定纸盆上关键的区域. 在这些危险半径内的区域, 激光头在垂直方向上的位置将会被控制在一个绝对安全的数值.</p>
几何尺寸测量	<p>振动扫描系统也提供一种特殊的扫描模式, 仅测量被测目标的几何尺寸. 无须施加激励信号给被测目标, 这样, 总体的测试时间将大大减少.</p> 
系统配置	<p>振动扫描系统主要包含以下组件:</p> <ul style="list-style-type: none">• 3D Scanner(三个激励器在极坐标系统下移动激光头)• 扫描系统控制硬件• 扫描系统控制软件• 若干连接线 <p>其他所需组件:</p> <ul style="list-style-type: none">• 激光位移量感应器• 失真分析仪 DA 2 或 KLIPPEL 分析仪 KA3• TRF 传递函数测试模块• 功率放大器

SCN 分析软件



SCN 分析软件是查看喇叭纸盆振动数据的最佳软件。

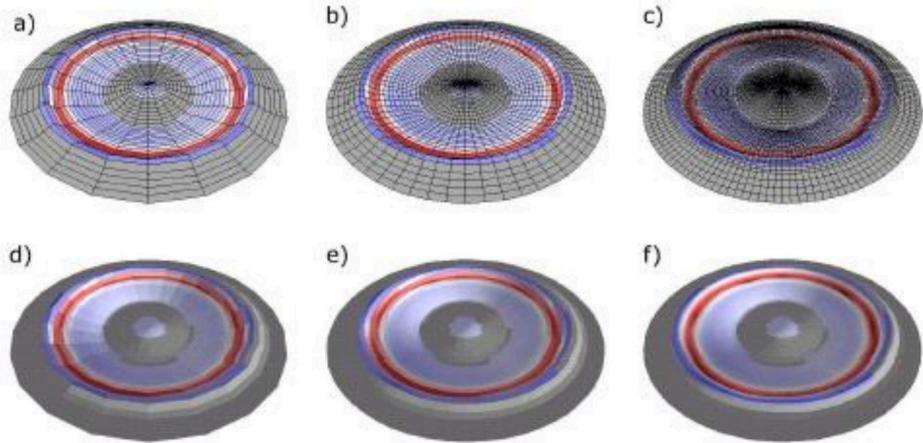
软件只需要振动扫描系统的扫描结果(数据文件)。该软件查看经 KLIPPEL 公司数字授权的扫描结果数据时是免费的，如果是其他未经授权的扫描数据，则需要额外购买许可文件。

数据处理

测得的振动和几何尺寸数据可用于动画查看。

数据插值:

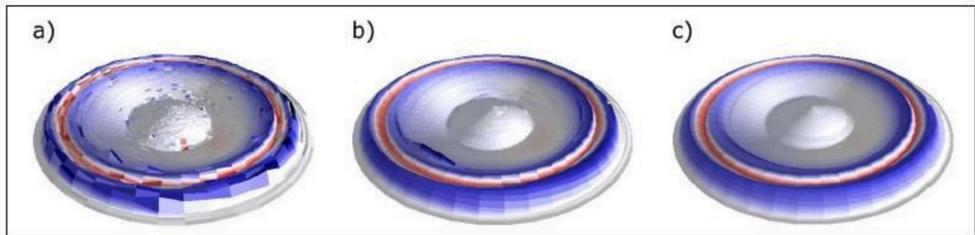
光学分辨率可以通过在测试点之间插入值进行优化。



a) 原始数据(744 点), b) 插值后数据(2000 点), c) 插值后数据(10000 点), d-f) 分别是上图对应的阴影图.

平滑:

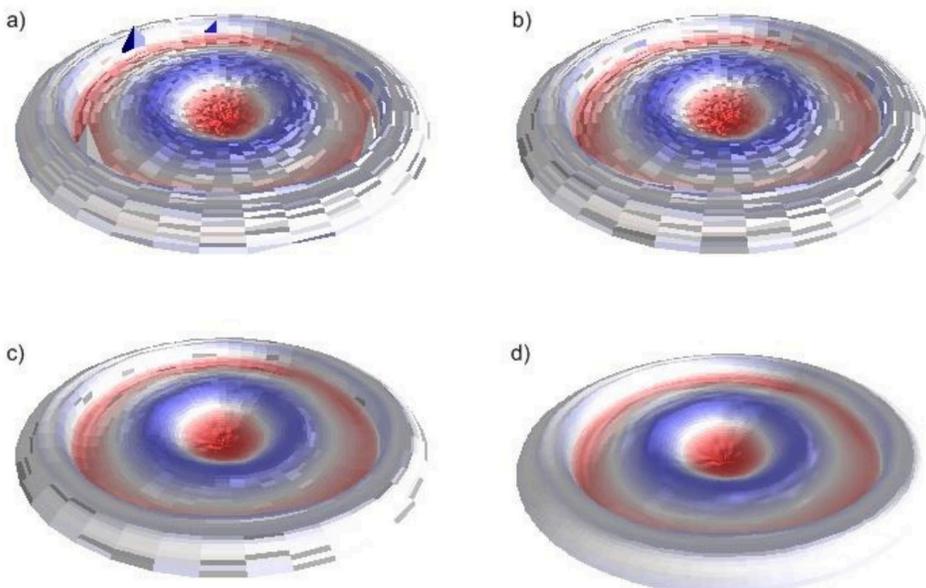
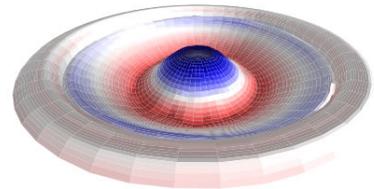
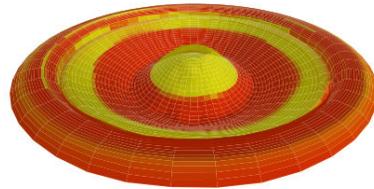
振动数据里面的噪音可通过施加二维平滑得以抑制:

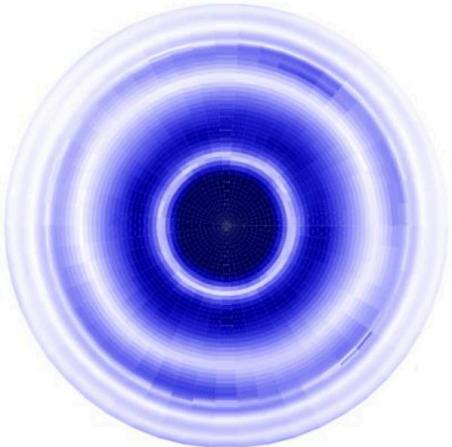
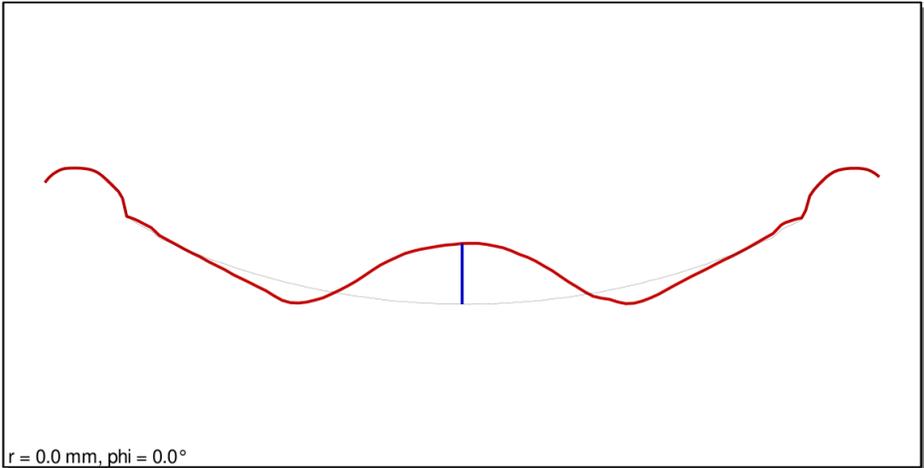
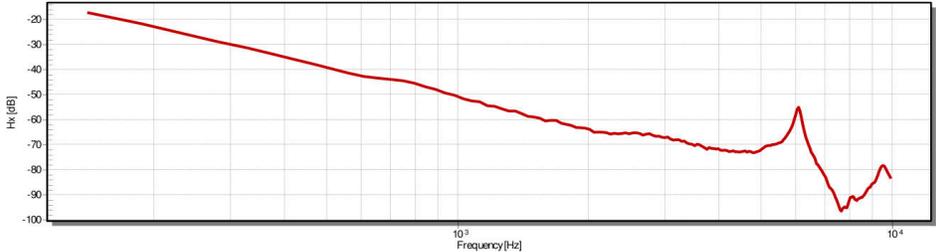


a) 原始振动, b) 中等平滑处理, c) 最大平滑处理

错误修正:

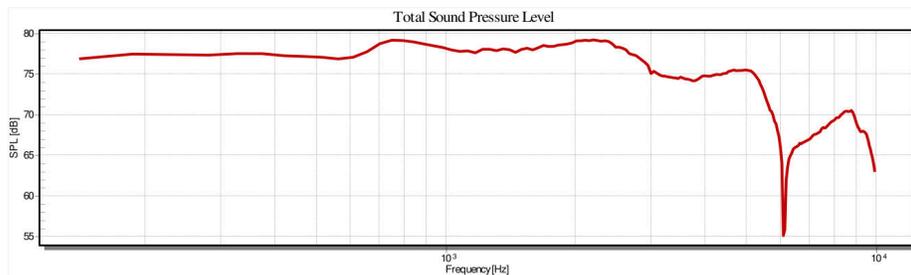
测试的错误结果可以侦测出来并通过修正技术将错误去除.

	 <p>a) 原始振动数据, b) 应用了错误修正技术, c)应用了平滑处理, d) 增加了视觉分辨率</p>	
<p>3D 动画</p>	<p>从测得的几何尺寸数据, 就可以创建出三维的纸盆形象, 每个测试点的振动就可以显示为纯纸盆几何结构的偏移并叠加的效果.</p> <p>沿着被测目标的圆周, 旋转每个测试点的振动相位, 就可以形成纸盆振动的连续动画. 偏移叠加的幅度可以人为地增加, 来从视觉上增强某些微弱的振动.</p>  <p>仅几何结构数据 几何结构和低幅振动数据 增强的振动表现</p>	
<p>着色方案</p>	<p>三维纸盆表面的色彩可以用来表示不同的振动特性. 可以根据每个振动点的瞬间幅度或瞬间相位来选择不同的色彩. 也可以选择黑白色彩表现方式, 以便于打印.</p>  <p>蓝色和红色分别代表正向和负向的位移量(相位), 颜色的密度则代表相对的位移量大小(幅度)</p>	 <p>黄色和红色分别代表正向和负向的位移量(仅相位)</p>
<p>2D 图</p>	<p>提供一个 2D 图, 振动数据将被投射到被测的几何尺寸平面上. 鼠标可以用来定位关键的振动模式, 并测量不同节点之间的距离, 用 mm 表示出来.</p>	

	 <p>振动幅度表示为蓝色,并用颜色密度来反映最小和最大幅度的区域(节点)</p>	 <p>振动的相位表示为黄色和红色</p>
<p>纸盆轮廓的振动</p>	<p>被测目标表面的轮廓,可以使用一个二维的图显示出来,可显示任意角度($0 < \varphi < 360$)以及叠加的振动模式. 这样,振动的模式以及节点的位置可以更容易地确定出来.</p>  <p>$r = 0.0 \text{ mm}, \text{phi} = 0.0^\circ$</p>	
<p>纸盆上单点的振动</p>	<p>纸盆轮廓上的光标(蓝色条)可以用来选择纸盆上的一点,并显示出该点测得的位移量传递函数 H_x, 以 mm/V 单位表示.</p> <p>Displacement Transfer Function - Point 3151</p> 	

声辐射

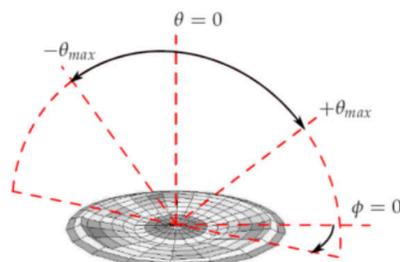
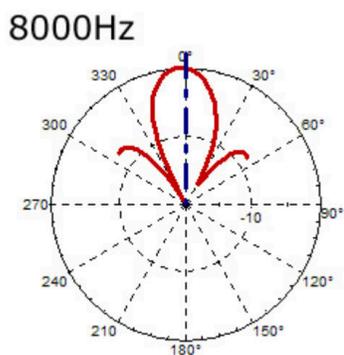
频率响应



使用几何结构以及振动数据, 远场点 $\mathbf{r}(r_0, \varphi, \theta)$ 的 SPL 响应就可以根据 Rayleigh 方程预测出来.

指向性图案

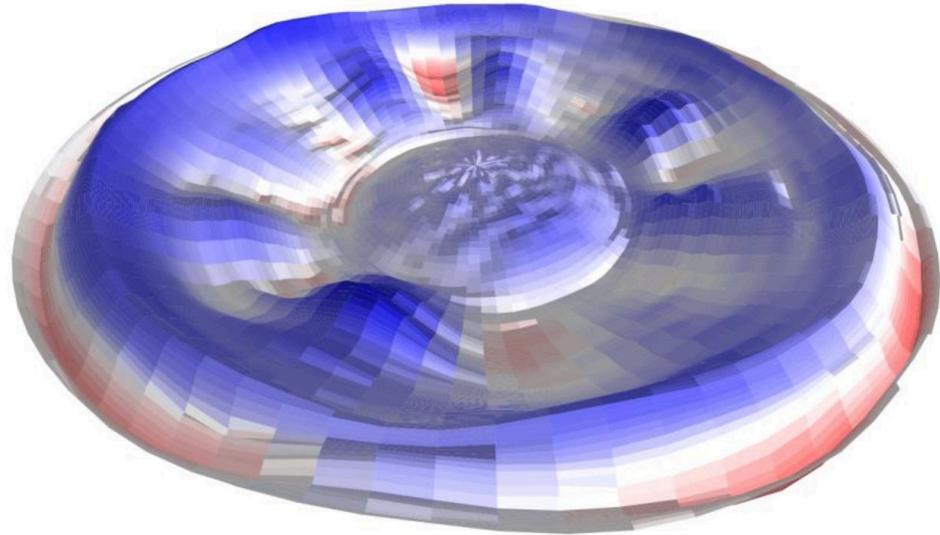
声压模型同样可以用来评估声辐射的指向特性.



对于所选择的频率点, 纸盆以上的半球面上特定点的声压可以得到确定并显示在极坐标系里面.

分析和分解

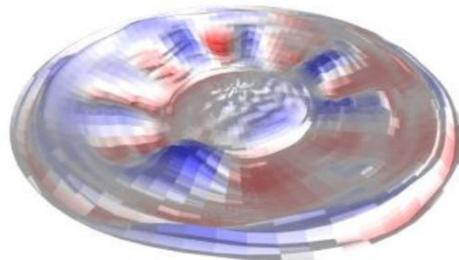
径向和圆周振动模式



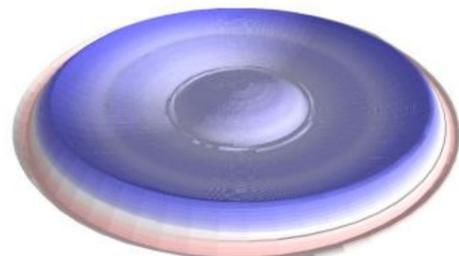
总体成分

纸盆的振动, 根据不同的使用情况, 用 KLIPPEL 专门的数据分解技术, 可以分解为各个单一的成分并进行分析. 总体的振动被分解为径向振动成分和圆周振动成分. 每种成分都可以单独分析, 对应成分所产生的声压也可以独立出来考虑.

$$\bar{X}_{total} = \bar{X}_{rad} + \bar{X}_{cir}$$

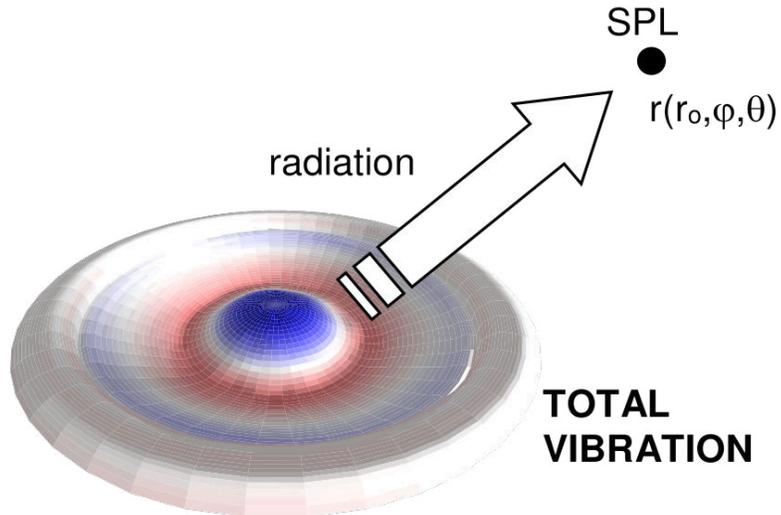


径向成分



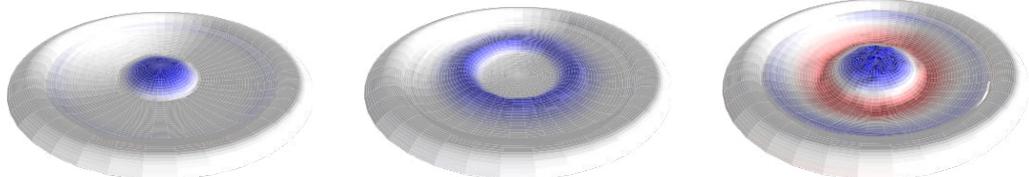
圆周成分

与声压输出相关的分解



第二种分解技术, 能够根据各成分对特定听音点 $r(r_0, \varphi, \theta)$ 的总体声压的贡献程度来分解总体振动成分.

$$\bar{x}_{total} = \bar{x}_{in} + \bar{x}_{anti} + \bar{x}_{out-of}$$



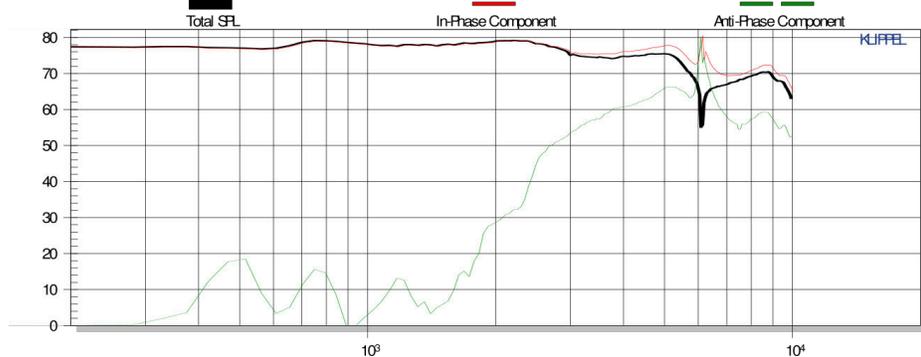
同相成分

反相成分

正交成分

振动的同相成分对听音点的声压有贡献作用, 反相成分则会减少听音点的声压输出, 正交成分产生正向的和负向的体积速度, 在近场彼此相互抵消, 因此对听音点的声压输出是没有贡献的.

总体输出的 SPL 频率响应, 可与同相成分, 反相成分放在同一张图表里面进行比较.

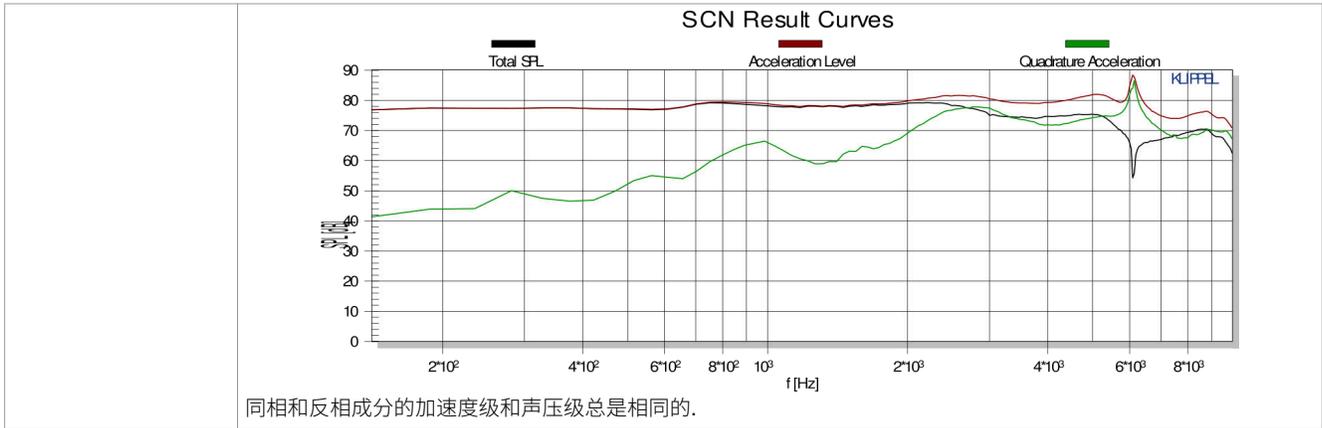


上图中的虚线(反相成分), 在纸盆分裂振动以前($< 2 \text{ kHz}$), 产生的 SPL 输出非常低; 在 6 kHz 频率处, 反相成分几乎与同相成分相当, 因此, 导致了在听音点处的总体 SPL 输出曲线上出现一个很低的谷.

加速度级

查看纸盆表面移动的累积加速度级, 可以看到纸盆的特征模式(自然模式)的本征频率(自然频率)以及机械阻尼. 总体加速度级以与声压级相关联的方式显示出来, 可以快速比较真实的纸盆振动以及实际的声辐射输出.

加速度级可与分解技术结合起来, 研究如正交成分的振动能量级, 它虽然不产生声音输出, 却仍然包含一定数量的振动能量.



数据导入和导出

扫描数据	扫描过程得到的所有数据(振动数据, 纸盆几何结构, 状态信息等)都以 KLIPPEL SCN 的格式储存, 并执行 SCN 分析.
所有曲线到 dB-Lab	SPL 模型的所有结果曲线和加速度级曲线可以导出到 KLIPPEL 数据库文件, 这样就可以用 dB-Lab 软件打开并查看.
单一曲线	振动幅度和模拟的声压输出曲线可以导出为文本格式文件, 可以很方便地导入到 SCILAB, MATLAB 以及 dB-Lab 软件.
图像和视频	所有图形化结果可以导出为单一的图片(bmp, jpg, png, 矢量图形), 如果需要动画形式, 也可以导出为视频格式. 这样就可以创建一个压缩的视频文件并保存为.avi 格式文件, 可以使用通用视频播放文件打开.
导出和导入几何及振动数据	扫描表面的几何数据(极坐标或直角坐标)和振动数据(测试点 r 的位移量和喇叭端电压之间的传递函数)可以导出或导入, 此功能需要用到 SCN 数据导入/导出接口选项.

SCN 数据导入导出接口

高精度几何尺寸扫描	<p>SCN 数据导入导出接口模块是 SCN 分析软件的一个扩展功能选项. 它能提供一个 3D 目标高精度的几何尺寸数据. 这些数据对于喇叭设计开发和品质控制是非常有用的. 以下为若干样例:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 测试喇叭部件(纸盆, 号角结构)的形状 2. 检查设计开发阶段喇叭锥形样品的几何尺寸 3. 提供 BEA 所需的数据, 或分析 FEA 输出的数据
几何结构数据导出	<p>导出高精度的几何尺寸数据.</p> <p>支持三种不同的 DXF 导出选项:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 3D Faces: 所有测试点连接成一个网来重现被测纸盆的表面 2. Lines: 纸盆的表面是通过单一连接线连接所有测试点来体现的 3. Points: 导出的 DXF 格式里面只包含测试的点 <p>也可以导出数据格式为 STL(Stereo Lithography).</p>
几何结构和振动数据导出	<p>几何结构和振动数据可以导出为 ASCII 格式的文本文件. 导出的数据可用于增强的声辐射建模(BEA), 及其他类型的数据后处理工具. 几何结构数据可以表示为极坐标系统(ϕ, r, z)形式, 也可以为直角坐标(x, y, z)形式. 振动数据则以每个测试点喇叭端电压 $U(f)$ 与振动位移量 $X(f)$ 之间的传递函数的形式提供. 传递函数包含幅度响应($0 \text{ dB} = 1 \text{ mm/V}$)和相位响应(rad).</p> <p>有两种选择:</p>

	<ol style="list-style-type: none"> 1. 原始数据的导出: 导出为原始数据, 不带任何数据修正 2. 插值数据的导出: SCN 分析软件可以用来插入缺失的数据点, 用来数据平滑, 或者在识别到光学错误数据时可以实施错误修正 <p>样例: EXAMPLE:</p> <pre> ;Klippel 3D Scanner Data ;driver.asc ;Created: 20.05.2008 15:17:15 ;##### ;Measurement Points (geometry) ;Format: i x_i y_i z_i ;i = point number from 1 to n ;x_i = coord x of point i in millimeter (accuracy 0.05mm) ;y_i = coord y of point i in millimeter (accuracy 0.05mm) ;z_i = height of point i in millimeter (accuracy 0.05mm) ; 1 0 0 4.1 2 0 2.5 4.25 3 -0.65 2.41 4.15 4 -1.25 2.17 4.05 5 -1.77 1.77 3.9 6 -2.16 1.25 3.8 7 -2.41 0.65 3.7 8 -2.5 0 3.65 9 -2.41 -0.65 3.6 10 -2.17 -1.25 3.55 ; ;##### ;Measurement Data ;Format: Frequency = fj ;Format: i x_i(f_j) p_i(f_j) ;i = point number from 1 to n ;x_i(f_j) = displacement amplitude of point i, frequency j in dB - [mm/V] ;p_i(f_j) = displacement phase of point i, frequency j in Radian ; Frequency=140.63 1 -7.124 -0.53407 2 -7.08 -0.52461 3 -7.058 -0.52497 4 -6.97 -0.53189 5 -7.224 -0.53094 6 -7.324 -0.52497 7 -7.271 -0.53329 8 -7.227 -0.52956 9 -7.268 -0.52895 10 -7.203 -0.53399 Frequency=187.5 1 -12.806 0.15132 2 -12.763 0.1524 3 -12.753 0.13918 4 -12.607 0.14999 5 -12.85 0.15638 6 -12.862 0.15395 7 -12.882 0.14751 8 -12.828 0.14894 9 -12.845 0.14988 10 -12.91 0.1522 </pre> <p>另外一种导出选项是基于文本文件, 可以使用 SCILAB 软件处理. SCILAB 导出的文件, 在进行独立的数据后处理后, 仍然可以导入到 SCN 分析软件进行数据分析.</p>
<p>几何结构和振动数据导入</p>	<p>外部的几何结构数据及振动数据可以导入到 SCN 软件进行分析. 这样, 仿真工具或外部测试得到的数据就可以导入到软件并进行分析.</p> <p>数据的导入基于文本文件格式, 这样可以使用 SCILAB 软件进行处理. 特别是以 SCILAB 文件方式导出的数据, 可以直接导入.</p> <p>一些特定的限制需要应用到 Scilab 脚本, 以便可与 KLIPPEL 扫描系统的导入功能相互兼容.</p> <p>样例:</p>

EXAMPLE:

```
// -----  
// example file for producing valid scilab data for  
// import into Klippel Scanning System 1.3  
//  
// Copyright by Klippel GmbH, Dresden, Germany ©2011  
// -----  
  
// -----  
// define required import constants  
%SCN_FILE_VERSION = 1.1;  
%SCN_COORDINATE_SYSTEM = "polar";  
  
// -----  
// define geometry matrix:  
//   first column = point number  
//   second column = radius in [mm]  
//   third column = angle in [rad]  
//   fourth column = height in [mm]  
//  
// outer radius = 20mm  
// regular polar grid with 17 points  
geometry=[  
1      0      0      0;  
2      10     0      2;  
3      10     1/4*pi 2;  
4      10     2/4*pi 2;  
5      10     3/4*pi 2;  
6      10     4/4*pi 2;  
7      10     5/4*pi 2;  
8      10     6/4*pi 2;  
9      10     7/4*pi 2;  
10     20     0      3;  
11     20     1/4*pi 3;  
12     20     2/4*pi 3;  
13     20     3/4*pi 3;  
14     20     4/4*pi 3;
```

C5 振动和辐射分析系统

```
15      20      5/4*%pi 3;
16      20      6/4*%pi 3;
17      20      7/4*%pi 3];

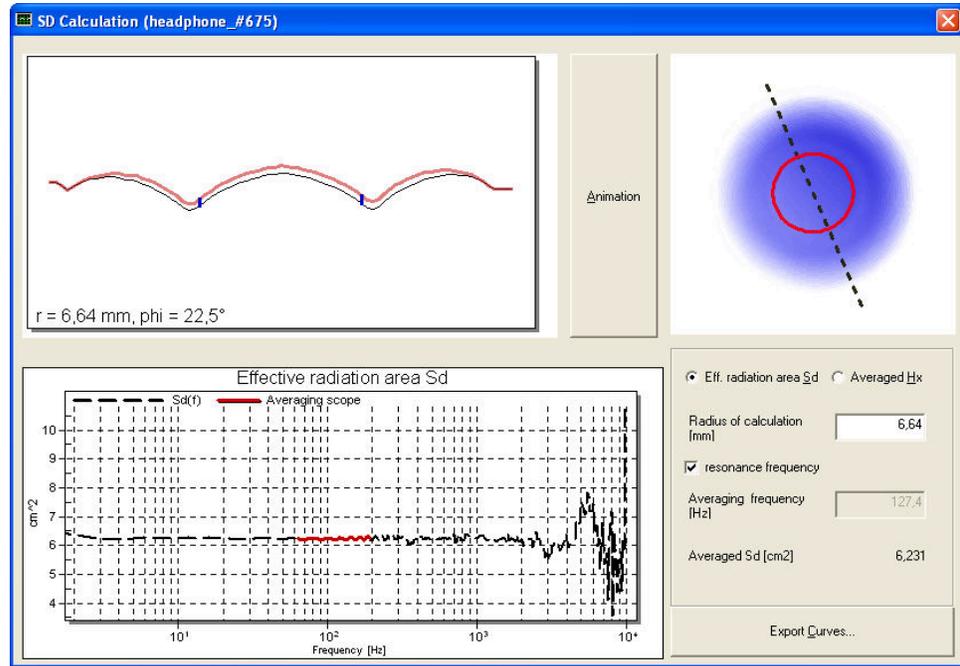
// -----
// define three frequencies
frequency = [100;200;400];

// -----
// define displacement amplitude:
// for each point specified in geometry array
// for each frequency
// amplitude given in dB [mm / V]
amplitude=[
-20      -32      -44;
-20      -32      -44;
-20      -32      -44;
-20      -32      -44;
-20      -32      -44;
-20      -32      -44;
-20      -32      -44;
-20      -32      -44;
-20      -32      -44;
-20      -32      -44;
-20      -32      -44;
-20      -32      -44;
-20      -32      -44;
-20      -32      -44;
-20      -32      -44;
-20      -32      -44;
-20      -32      -44];

// -----
// define displacement phase:
// for each point specified in geometry array
// for each frequency
// phase given in [rad]
phase=[
0      0      0;
0      0      0;
0      1/4*%pi 1/4*%pi;
0      1/2*%pi 2/4*%pi;
0      1/4*%pi 3/4*%pi;
0      0      4/4*%pi;
0      7/4*%pi 5/4*%pi;
0      3/2*%pi 6/4*%pi;
0      7/4*%pi 7/4*%pi;
0      0      0;
0      1/4*%pi 1/4*%pi;
0      1/2*%pi 2/4*%pi;
0      1/4*%pi 3/4*%pi;
0      0      4/4*%pi;
0      7/4*%pi 5/4*%pi;
0      3/2*%pi 6/4*%pi;
0      7/4*%pi 7/4*%pi];
```

SCN 有效辐射面积 SD

有效辐射面积 SD



有效辐射面积计算模块是 SCN 分析软件的扩展功能选项. 它能提供有效辐射面积的精确计算结果, 特别是针对小尺寸喇叭单元以及一些形状不对称的喇叭单元.

该功能需要额外的许可文件来激活, 而且还需要有 SCN 系统扫描所得的数据.

在振膜表面上进行适当数量点的扫描测试就可以得到分析所需的数据. 将总体积流除以对应的音圈位移量, 就可以得到与频率相关的有效辐射面积 SD 图. SD 曲线将在一段频率范围内进行平均. 结合可调节的频率范围, 就可以得到非常稳定以及有意义的有效辐射面积 SD 数值. 平均半径也可以调节, 并且可以显示在对应的喇叭曲线上.

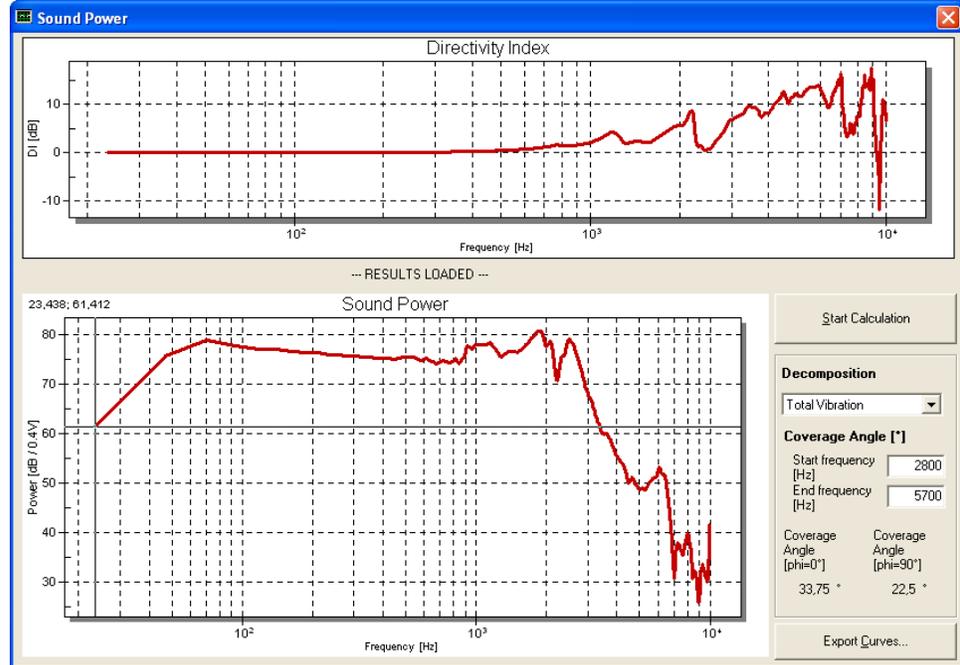
位移量传递函数 Hx

点击 Option 按钮, 曲线图可在 SD 曲线和平均的位移量传递函数曲线 $H_x(f)$ 之间切换. 后面的曲线可以通过对选择半径内所有给定的位移量曲线的空间平均来得到. 平均的位移量曲线也用来计算 SD(f) 曲线.

计算完成后, 数据可以导出并在 dB-Lab 软件里面查看.

SCN 声功率/指向特性

声功率



声功率/指向性计算模块是 SCN 分析软件的另一个扩展功能模块. 它可以在无需声学测试房的条件下计算出喇叭单元辐射到半空间内的声功率.

对与频率相关的声功率的评估基于 Rayleigh 积分. 使用 0.4 V 的参考电压来计算, 这样可以直接将声功率级与 1m 距离处的声压级 SPL 进行比较.

如前面所描述, 可以使用分解技术, 将径向振动和圆周振动成分对声功率的贡献分离出来.

计算完成后, 数据可以导出并在 dB-Lab 软件里面查看.

指向性指数

指向性指数 DI 显示出轴向声压级 SPL 与半空间内总体声压级平均之间的百分比.

覆盖角

根据 IEC 60268-5 标准, 喇叭单元的覆盖角在一个频率可调的范围内计算出来.

典型配置

所需组件	SCN+分析	仅分析	几何结构测试
振动扫描系统的组件			
扫描系统硬件(支架和转动台)	X	-	X
马达控制器(扫描控制装置)	X	-	X
软件模块			
SCN 分析软件	X	-	X
SCN 分析软件(Dongle)	-	X	-

C5 振动和辐射分析系统

所需其他 KLIPPEL 组件			
失真分析仪 DA2 或 KLIPPEL KA3	X	-	X
TRF 模块	X	-	X
Laser Set G32/G82/H052	X	-	X
Dongle	-	X	-
其他			
功率放大器	X	-	X

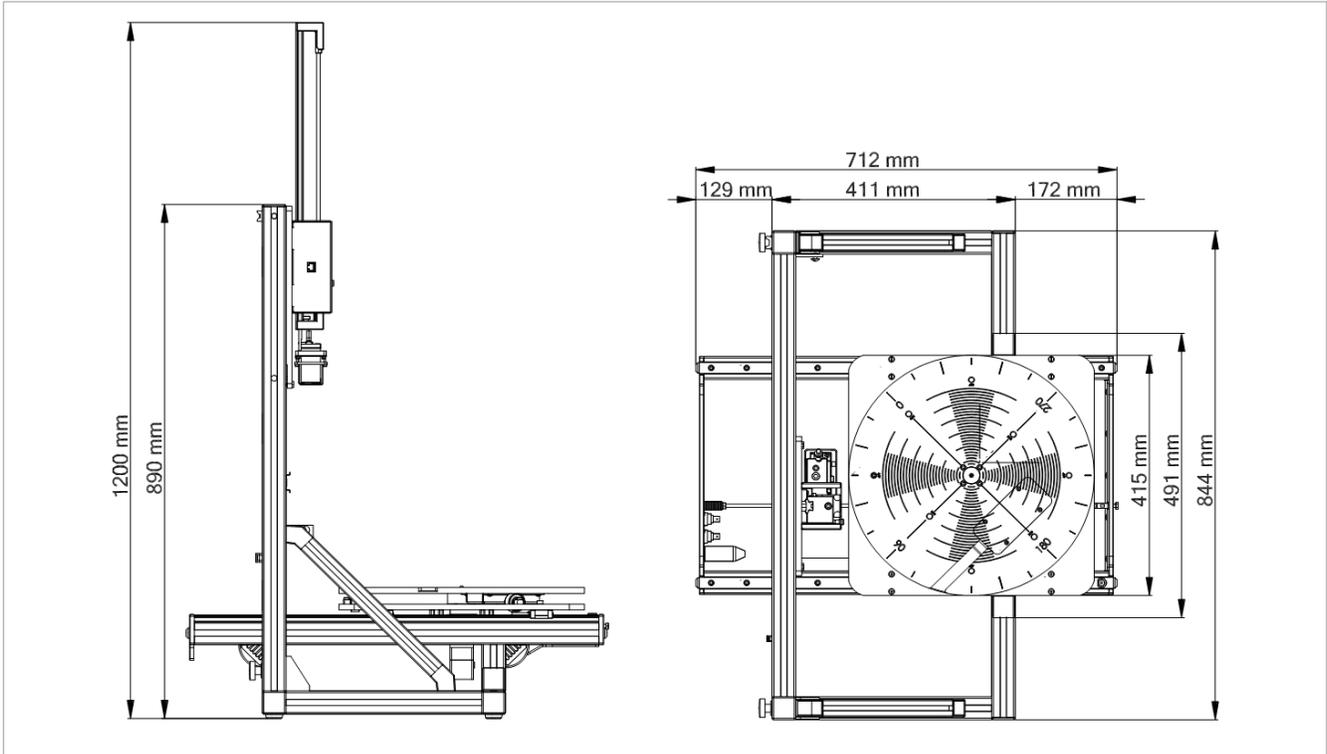
限制性					
被测目标					
参数	符号	最小	典型	最大	单位
最大直径	D			76	cm
高度	H			33	cm
质量	M			70	kg
使用 LK-H052 时 DUT 表面 6 的垂直步进差				45	mm
使用 LK-G32 时 DUT 表面 6 的垂直步进差				25	mm
光学表面特性	任何颜色的漫反射材料(对透明材料进行着色处理, 建议使用高反射性的材料)				
应用目标	专门用于喇叭单元(低音, 高音, 微型喇叭, 压缩单元, 耳机单元等)				

扫描系统硬件 - 版本 2.0					
参数	符号	最小	典型	最大	单位
感应器	非接触式三角反射位移量感应器				
激光保护等级	等级 II, 眼安全, 光可见 注意!! 激光辐射! 避免眼睛直接或间接(如反射)暴露在激光光束下.				
扫描表格	极坐标系统(ϕ, r), 切向三角测量				
激光头垂直方向位置(对应于坐标系的高度, 可测得)	z	0		310	mm
转动台与 Z 轴之间的自由空间(对应于被测物 ⁵ 的高度)	z	0		340	mm
水平移动(对应于扫描圆周区域的半径)	r	0		300	mm

C5 振动和辐射分析系统

支架之间的自由空间(对应于被测物的直径) ⁵	d			760	mm	
转动台的角度	ϕ	0		360	degree	
z 轴位置误差	Δz		10	30	μm	
r 轴位置误差	Δr		10	30	μm	
ϕ 轴位置误差	$\Delta\phi$		0.2	0.5	degree	
测得的几何尺寸误差($0 < z < 10 \text{ mm}$) ¹			5		μm	
扫描速度 ²			0.3	1	points/s	
轮廓扫描(50 点)的时间 ³			10		min	
轮廓扫描(50 点)的时间 ³			1		h	
探索式扫描(450 点)的时间 ³			1		h	
详细扫描(3200 点)的时间 ³			8		h	
仅几何结构扫描(3200 点)的时间 ³			5		h	
激光头的工作距离	LK-G32	d	25	30	35/31.84	mm
	LK-G82	d	65	80/684	95/714	mm
	LK-H052	d	40	50	60	mm
感应器输出	目标的交流位移量, 到目标的距离					
位移量信号最低频率	f_{\min}	0			Hz	
位移量信号最高频率	f_{\max}	> f_{\min}	10	25	kHz	
信噪比 ³	SNR		30		dB	
位移量输出的噪音电平	X_{noise}				μm	
光学误差的检测	通过关联两次不同距离的测试并计算对应的 SNR 比例, 实现可靠检测					
用于激励的测试信号	修正的对数正弦扫描信号					
机械保护	如果激光头触碰到被测目标, 有独立的紧急停止开关可以控制测试过程					
建议工作台面宽度	w	85			cm	
建议工作台面深度	d	61	80		cm	
建议工作台面高度	h	120			cm	
物理尺寸	查看以下侧视图及俯视图					

C5 振动和辐射分析系统



配件的安裝固定點

2 x M10 螺紋(螺距=1.5)@直徑=200 mm

2 x M10 螺紋(螺距=1.5)@直徑=300 mm

4 x 3/8" - 16 UNC 螺紋@直徑=330mm (硬件版本 >= 1.6)

M10 和 3/8" 螺絲不能穿透轉動台!! 否則在轉動台運動時將導致損壞。

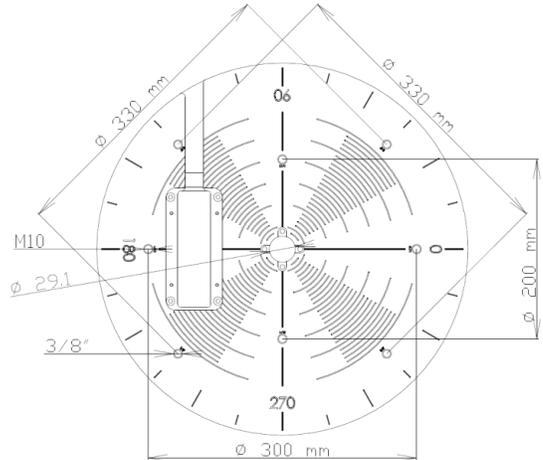
轉動台內部最大螺紋長度 10mm.

中心孔直徑:

$\phi = 29.1H7 \text{ mm } (29.1 +0.05/-0 \text{ mm})$

居中鉛塊直徑:

$\phi = 29.1H7 \text{ mm } (29.1 +0/-0.02 \text{ mm})$



1 激光感應器固定在垂直方向, 垂直方向上的掃描範圍受到激光頭峰-峰值的限制. 這種情況下激光感應器決定了所測幾何結構數據的誤差

2 僅定位激光感應器(不進行振動測試)

3 取決於平均次數, 激光參數設定, 目標表面以及激勵信號

4 用於高於 $f_{max} = 10 \text{ kHz}$ 的測試

5 被測產品放置於轉動台上, 掃描朝上的目標表面

6 在目標表面以上的垂直方向上步進量超過指定的最大值可能導致:

- 激光頭與被測目標的碰撞, 如果 $H1 @ \text{外半徑} < H2 @ \text{內半徑}$ (朝上運動)
- 無法測試的位置點, 如果 $H1 @ \text{外半徑} > H2 @ \text{內半徑}$ (朝下運動), $H = \text{被測品高度}$

马达控制器

参数	符号	最小	典型	最大	单位
步进马达输出的电气特性					
输出电压(峰-峰值)	U_{out}		24		V
输出电流(最大)	I_{out}			2	A
输出电流(针对 R 轴, Z 轴调节)	I_{out}		0.9		A
输出电流(针对 Phi 轴调节)	I_{out}		0.5		A
建议操作条件					
供电电源	V_{AC}	100		240	V
电源频率	f_{AC}	47		63	Hz
工作环境温度	T_A	0	25	50	°C
输入功率	P		10	20	W
主供电电源需进行接地保护!!! 接地连接断开, 可引致仪器外壳出现高压!!!					

扫描系统设置参数

参数	符号	最小	典型	最大	单位
扫描表格					
半径 r 的增量	r_{Step}	0.02	1		mm
最小半径	r_{min}	0			mm
最大半径	r_{max}			300	mm
角度 φ 的增量	D_φ	0.03	4.5	360	°
手动表格控制	<ul style="list-style-type: none"> 去除/增加单一半径 指出关键的半径(启用跳跃扫描模式) 				
垂直控制模式	<ul style="list-style-type: none"> 可变的(常规模式) 固定的(针对平坦型喇叭的扫描方式) 最小距离 $z > z_{min}$(针对真空箱内的扫描方式) 标记额外的危险半径(确保安全扫描) 				
扫描模式	<ul style="list-style-type: none"> 机械振动 + 几何结构 仅几何结构 				
信号源/信号采集					
最小频率	f_{start}	0		$< f_{end}$	Hz
最大频率	f_{end}	$> f_{start}$	10	25	kHz
频率分辨率	Δf		23.44		Hz

C5 振动和辐射分析系统

激励信号修正	S	0	9	12	dB/oct
最大电压	U_{\max}	0	10	100	V
平均处理(次数)	N	1	64	256	

机械振动和辐射分析(结果)		
参数	说明	单位
位移量幅度传递函数	<p>纸盆上任一点 $c(z, \varphi, r)$ 的 $H_x(f)$</p> <ul style="list-style-type: none"> • 圆周振动和径向振动模式 • 同相成分 • 反相成分 • 正交成分 	dB(1 mm/V = 0 dB)
3D 机械振动动画(纸盆表面)	<p>频率点 f 对应的纸盆增强的振动与测得的几何结构数据叠加在一起. 振动可被分解为:</p> <ul style="list-style-type: none"> • 圆周振动和径向振动模式 • 同相成分 • 反相成分 • 正交成分 <p>颜色模式可以为:</p> <ul style="list-style-type: none"> • 相位 • 幅度 <p>(查看角度及距离可以改变, 也可以旋转或放大(缩小)被测物体)</p>	结构和振动数据是相对的
2D 振动幅度和相位曲线图	<p>振动的幅度和相位描绘成与投射几何结构相关的曲线. 振动可以分解为:</p> <ul style="list-style-type: none"> • 圆周振动和径向振动模式 • 同相成分 • 反相成分 • 正交成分 <p>颜色模式可以为:</p> <ul style="list-style-type: none"> • 相位 • 幅度 	振动数据是相对的, 但结构数据用 mm 表示
2D 机械振动动画(角度为 φ 时的纸盆轮廓)	<p>频率点 f 对应的纸盆增强的振动与测得的角度为 φ 时的纸盆轮廓数据叠加在一起.</p> <p>振动可被分解为:</p> <ul style="list-style-type: none"> • 圆周振动和径向振动模式 • 同相成分 • 反相成分 • 正交成分 <p>可选择纸盆上任一点的传递函数 $H(f)$</p>	结构数据用 mm 表示, 振动数据是相对的
目标表面的几何结构	极坐标系表示纸盆上的点 $c(z, \varphi, r)$	mm
指向特性曲线图	<p>角度为 φ 的平面上频率点 f 的 $\Gamma(\theta)$. 可分解为:</p> <ul style="list-style-type: none"> • 圆周振动和径向振动模式 • 同相成分 • 反相成分 • 正交成分 	dB

C5 振动和辐射分析系统

	频率点为 f 时所有 φ 角平均的结果 $\Gamma(\theta)$	
总体 SPL 响应	声场内点 $r(r_o, \varphi, \theta)$ 的声压响应 $SPL(f)$	dB
同相成分的 SPL 响应	声场内点 $r(r_o, \varphi, \theta)$ 的声压响应 $SPL_{in-phase}(f)$	dB
反相成分的 SPL 响应	声场内点 $r(r_o, \varphi, \theta)$ 的声压响应 $SPL_{anti-phase}(f)$	dB
径向振动模式的 SPL 响应	声场内点 $r(r_o, \varphi, \theta)$ 的声压响应 $SPL_{radial}(f)$	dB
圆周振动模式的 SPL 响应	声场内点 $r(r_o, \varphi, \theta)$ 的声压响应 $SPL_{circular}(f)$	dB
总体加速度级	纸盆加速度的绝对值总和, 按比例处理过, 并可与 SPL 直接进行比较	dB
径向振动的加速度级	径向振动模式的累积加速度	dB
圆周振动的加速度级	圆周振动模式的累积加速度	dB
正交成分的加速度级	累积的正交加速度	dB
同相成分的加速度级	与同相的声压级相同	dB
反相成分的加速度级	与反相的声压级相同	dB

分析设置参数

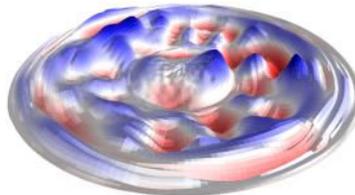
参数	符号	最小	典型	最大	单位
频率	f	f_{start}		f_{end}	Hz
到声场点 r 的距离	r_o				m
角度(偏轴)	θ	0		360	degree
角度(转动台的)	φ	0		360	degree
分解模式	<ul style="list-style-type: none"> • 径向, 圆周模式 • SPL 相关的(同相, 反相, 正交) 				
颜色模式	<ul style="list-style-type: none"> • 幅度 • 相位 				
建模模式	<ul style="list-style-type: none"> • 声压级 • 加速度级 				
幅度增强	H	-20	0	20	dB
平滑	S	0	2	9	相对的
图像分辨率			3200	50000	点
动画的持续时间		0.1	1.5	10	s
选项(选择框)	<ul style="list-style-type: none"> • 标记插值点/标记分散的表格点 • 增加视觉表格分辨率 • 平均化指向特性 				

分析诊断

查看常规振动

軸對稱紙盆的聲壓輸出, 高度取決於紙盆隨徑向傳播的常規振動模式. 徑向振動模式, 可使用分解技術對其進行增強處理. 測得的振動表現, 可與有限元(FEA)對軸對稱喇叭預測的輸出結果進行比較, 從而可以發現:

- 活塞模式的限制
- 第一環形諧振, 折環諧振
- 彎曲模式
- 膜片模式



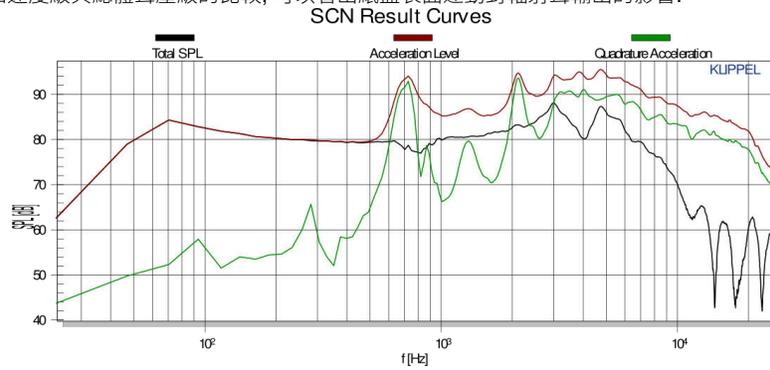
總體振動模式



僅徑向振動模式

分离振动及辐射的影响因素

總體加速度級與總體聲壓級的比較, 可以看出紙盆表面運動對輻射聲輸出的影響.

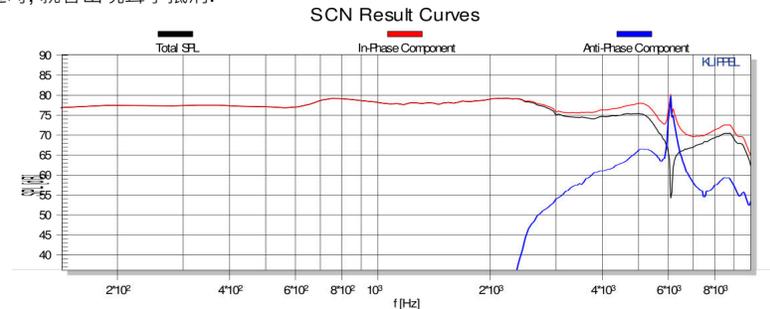


正交的加速度顯示出不產生聲輸出的振動能量級. 它包含不對稱的運動, 搖擺運動以及其他相位與輻射聲正交的表面振動.

機械模式的頻率以及質量, 可在總體加速度級曲線中輕易察看出來.

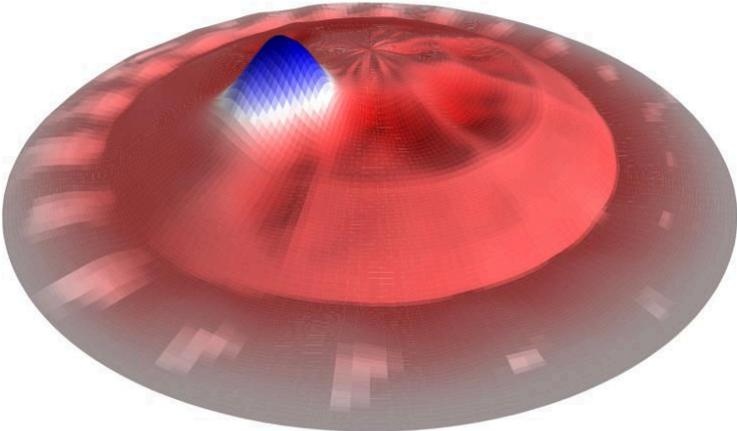
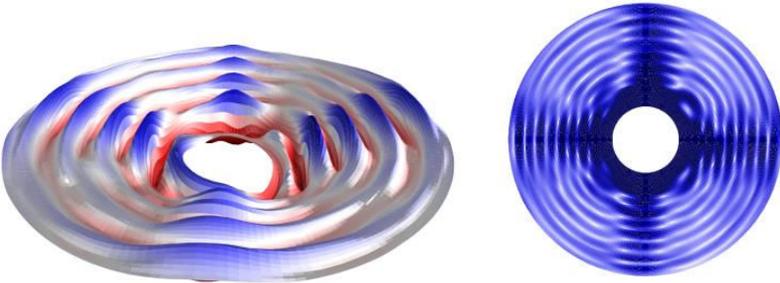
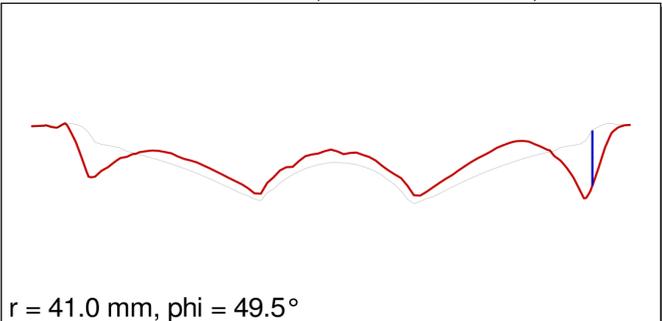
分析声学抵消

當與聲總體聲輸出同相的紙盆區域振動的體積流量 q 與 180 度相位偏移的振動面積產生的體積流量接近時, 就會出現聲學抵消.



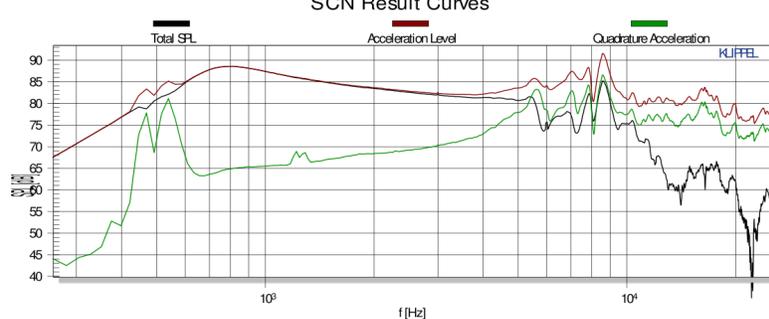
如果同相和反相成分彼此非常接近, 則在接收點處的聲壓就會出現一個很強烈的低谷.

設計優良的喇叭單元, 應該始終讓這兩種成分保持一定的距離以避免聲學抵消現象.

<p>查看不規則振動</p>	<p>易彎曲的連接線, 幾何結構上的不規則特性(如紙盆厚度)以及材料的密度等, 可能在紙盆上產生極嚴重的圓周振動模式. 這些模式可通過僅察看圓周振動(分解方式)的設定來進行增強.</p>  <p>具有不規則厚度的號角壓縮單元的膜片</p>
<p>各向异性材料</p>	<p>一些用於喇叭紙盆及膜片的材料具有各向異性的特點, 這樣將會導致振動模式取決於振動方向. 比如 Kevlar 紙盆的振動在纖維方向上變得最大.</p> 
<p>定位非线性失真成因</p>	<p>與紙盆幾何結構相比, 如果紙盆或折環的位移量很大的話, 紙盆將變得非線性並且在輸出信號裏面產生非線性失真.</p> <p>分析: 在關鍵的激勵信號頻率區間尋找最大位移量的紙盆區域, 可使用 3D 表面動畫, 也可用 2D 輪廓動畫.</p> <p>目標: 減少對 SPL 輸出沒貢獻但產生非線性失真的正交成分以及反相成分.</p> <p>改善: 使用有限元仿真軟件來研究設計方案選項(不同的幾何結構及材料)</p>  <p>$r = 41.0 \text{ mm}, \phi = 49.5^\circ$</p> <p>第一個彎曲反相諧振產生很高的位移量以及在紙盆的外沿產生很大的彎曲力矩.</p>

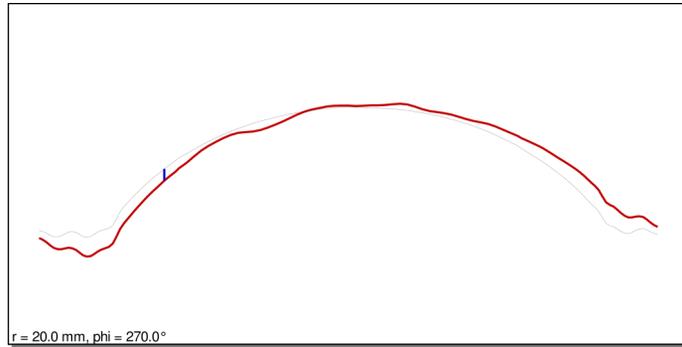
摇摆模式

摇摆模式, 通过察看正交角度级, 可以很容易地检查出来.



如果纸盆表面以刚性活塞模式振动, 则正交成分是非常小的. 摇摆运动不会产生很多的辐射声输出, 却包含了很高的振动能量. 因此, 导致在加速度级曲线上有非常高的峰(如样例中的 470 Hz 和 540 Hz 频率处).

将坐标放置在关键的频率 470 Hz 处时, 下图所示的摇摆模式就可以很容易地识别出来.



一个号角压缩单元的音膜在进行摇摆振动并产生 Rub & Buzz 的问题.

参考文献

论文

1. W. Klippel, J. Schlechter, "Measurement and Visualization of Loudspeaker Cone Vibration", presented at the 121 st Convention of the AES in San Francisco, CA, USA, 2006, October 5-8.
2. W. Klippel, J. Schlechter, "Distributed Mechanical Parameters of Loudspeakers 1: Measurements", JAES Volume 67, Issue 7/8 pp. 600-611, July 2009
3. W. Klippel, J. Schlechter, "Distributed Mechanical Parameters of Loudspeakers 2: Diagnostics", JAES Volume 67, Issue 9 pp. 696-708, September 2009
4. W. Klippel, J. Schlechter, "Dynamical Measurement of the Effective Radiation Area SD", presented at the 128 th Convention of the AES in London, UK, 2010, May 22-25

应用日志

- Cone Vibration and Radiation Diagnostics, Application Note AN31
- Effective Radiation Area SD, Application Note AN32

操作手册

- SCN Vibrometer, Manual of the Klippel R&D System, 2011



授權經銷:

音頻技術有限公司
 香港筲箕灣興民街 68 號海天廣場 20 樓 5 室
 Tel: 852 3114 6018 Fax: 852 3114 6038
ManLi88@netvigator.com

最後更新: 2016 年 07 月 08 日

廣州: 廣州精音電子科技有限公司 020 3758 8221

上海: 上海美爵電子設備有限公司 021 5425 4361