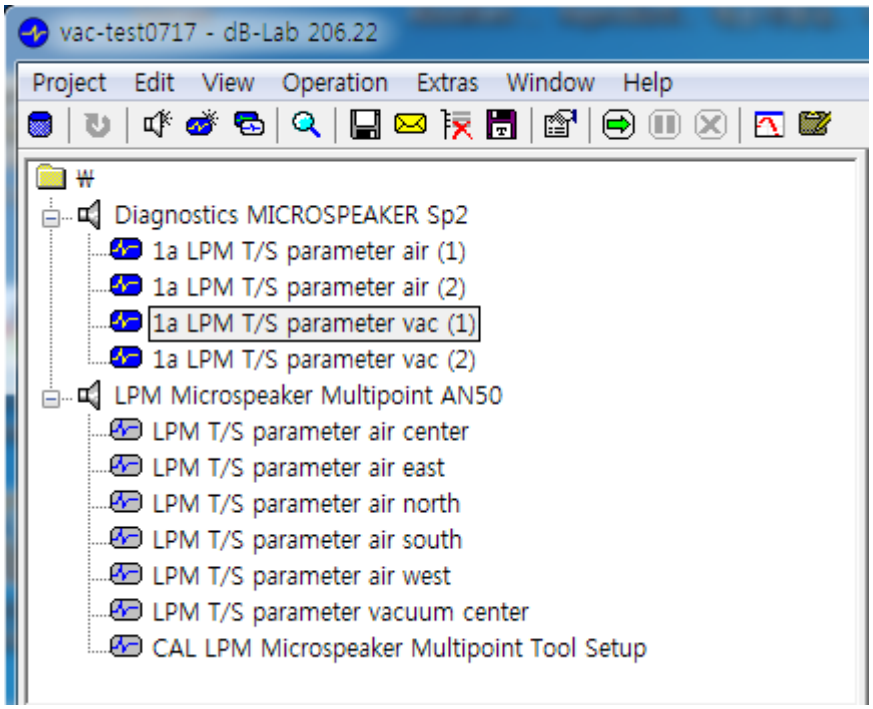
<클리펠 R&D 구동부 분석 시스템의 파일 구조>

- 구동부 분석 시스템의 파일은 kdbx라는 확장자를 갖고 있어서 kdbx 파일이라고 불림.

- kdbx 파일은 측정 세팅과 측정 결과를 모두 저장하고 있는 파일임.

- Kdbx 파일은 오브젝트(object)와 오퍼레이션(operation)을 포함하고 있는데, 오브젝트는 오퍼레이션의 모음이며 (회색 스피커 아이콘), 오퍼레이션은 개개의 측정 항목들임 (파란색 또는 회색 펄스 아이콘).



- 오퍼레이션의 아이콘이 파란색인 경우 측정 데이터가 저장되어 있다는 의미이며, 측정 데이터를 저장하고 있는 오퍼레이션의 측정 조건을 변경하면 경고 후 기존의 측정 데이터는 삭제되게 됨.

- 오퍼레이션의 순서는 편집이 가능한데, 오퍼레이션 하나를 선택한 후 crtl + 상.하 화살표 키를 사용하여 순서를 바꿀 수 있음.

- 작성된 오퍼레이션은 오퍼레이션 아이콘(회색 스피커)를 클릭하고, "Edit" -> "save as template"으로 User template을 만들 수 있음.

- Kdbx 파일은 206버전 전용 파일이며, 202용 파일인 kdb는 206에서 kdbx로 변환 후 사용할 수 있음.

- dB-Lab 프로그램은 가장 마지막에 사용한 kdbx 파일을 자동으로 불러옴.

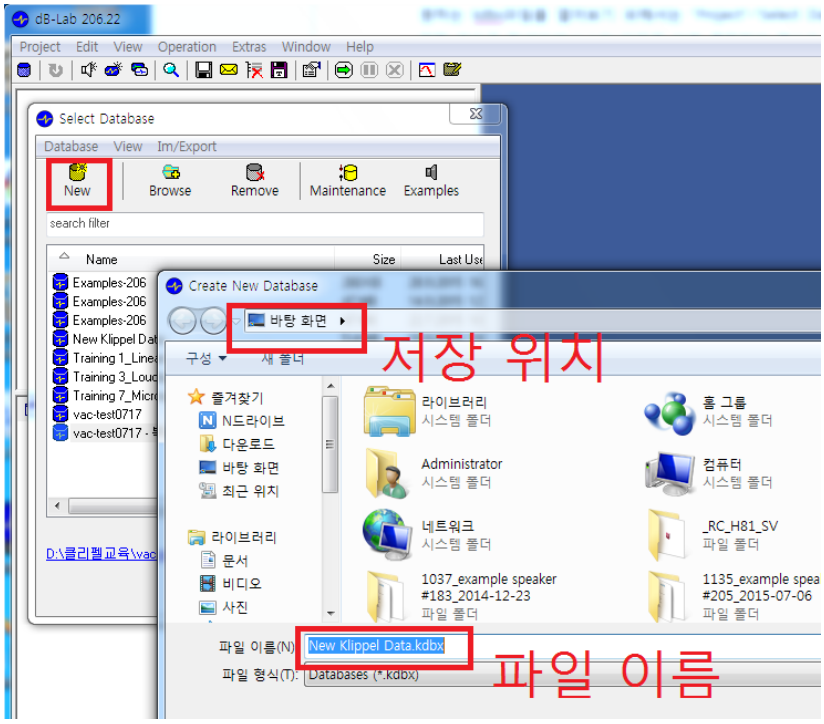
- 원하는 kdbx 파일을 열어보기 위해서는 "Project"-"Select Database"-"Browse"를 통해 열수도 있

고, 직접 윈도우 탐색기에서 kdbx 파일을 더블 클릭하여 열수도 있음.

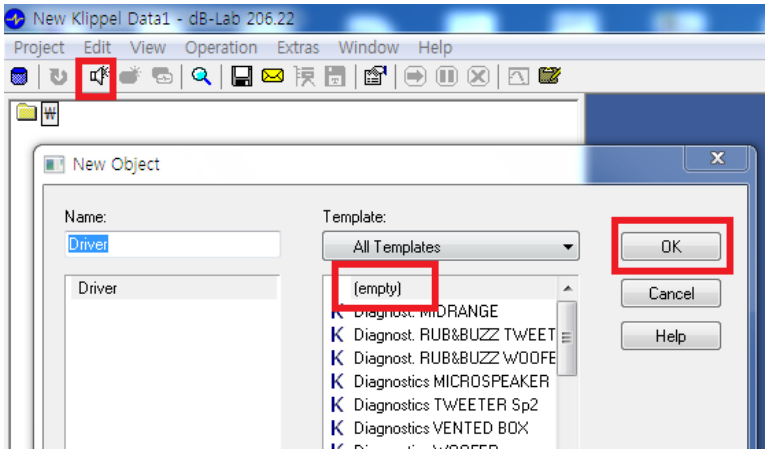
<새로운 오퍼레이션 생성하기>

- 오퍼레이션은 기존 또는 새 kdbx 파일의 오브젝트(회색 스피커 아이콘) 아래에만 만들 수 있음.

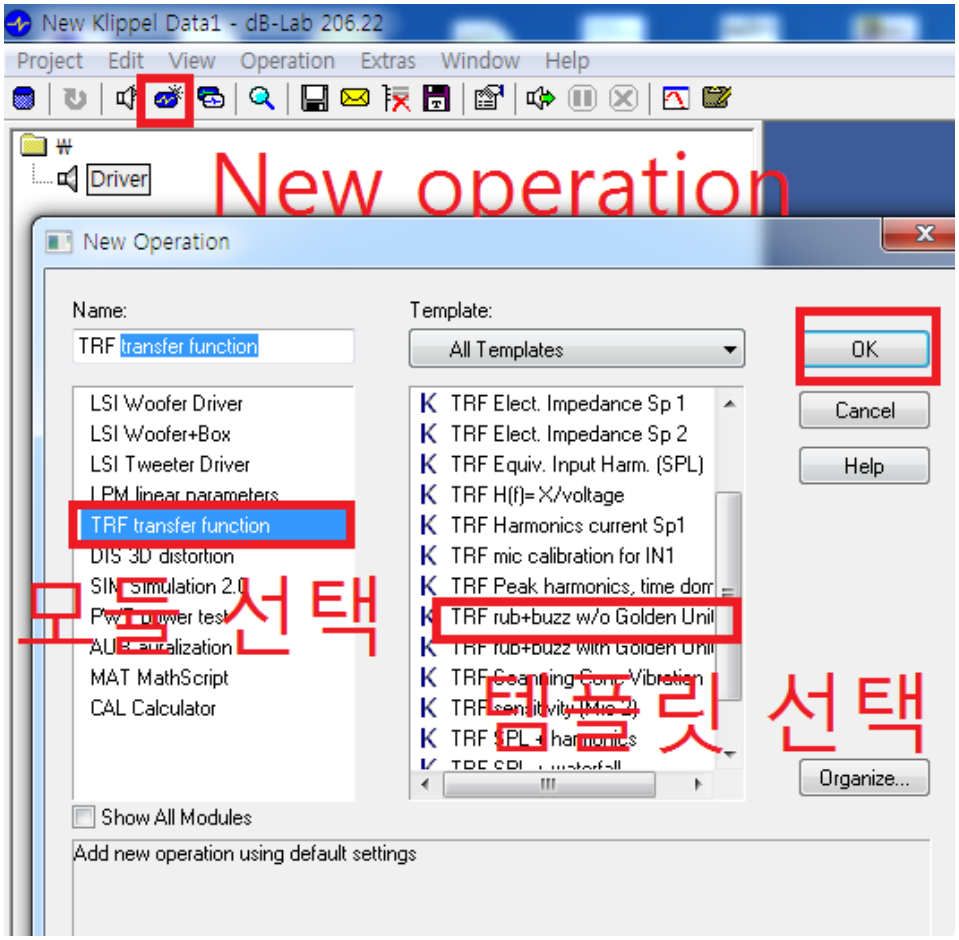
- 새로운 kdbx파일을 생성하려면 "Project"-"Select Database"-"New"를 클릭 한 후, 파일 이름과 저장 위치를 지정하여 저장함.



- "회색 스피커 아이콘" 클릭-"empty"-"OK"



-"파란 펄스 아이콘 클릭"-"모듈 선택"-"템플릿 선택"-"OK"



-템플릿은 KLIPPEL에서 작성한 예제로, 측정의 추천 세팅임, 개별 스피커 유닛별로 조정하여 사용하여야 하며, "empty"를 선택한 후 직접 세팅하여 사용하여도 무방함.

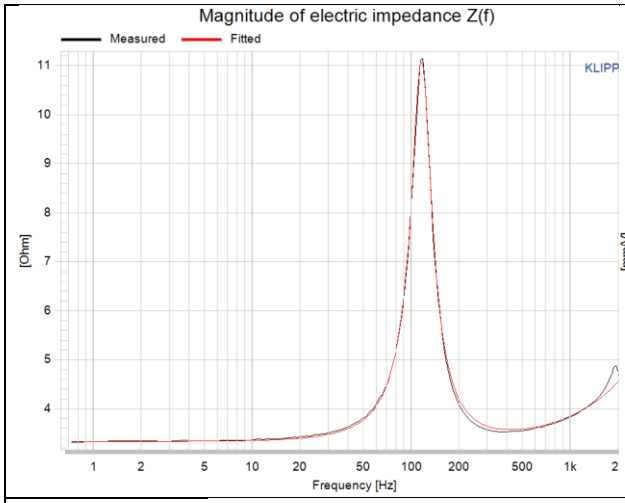
<모듈 별 기초 측정 항목>

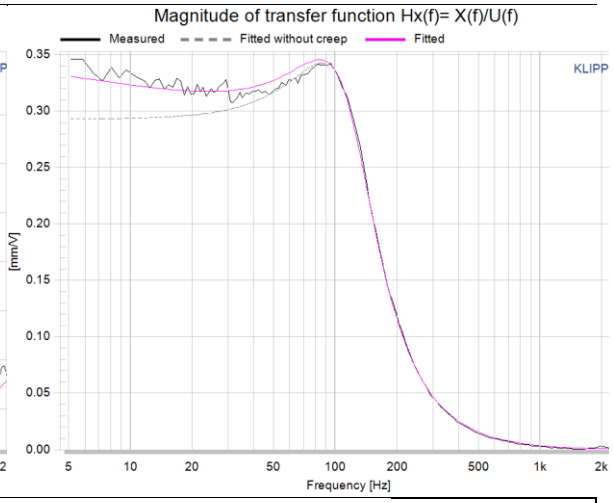
	기초 측정 항목	사용 센서	비고
LPM	소신호 T-S 파라매터	변위, 전류(전압)	
LSI	대신호 T-S 파라매터 보이스 코일 및 서스펜션 오프셋	전류(전압) 변위(극성 체크용)	LPM에서 측정한 Bl값 import
DIS	최대 변위 (피크, 바텀) DC component Compression	변위	Steady State Response분석, DIS의 기본 기능은 왜곡 측정.
TRF	주파수 응답(Fundamenta) 하모닉스 이음 분석	음압, 변위	스윕 시그널 사용 변위 센서로 이음 위치 판정 기본 기능은 전달 함수 측정.
SIM	LSI 측정 데이터를 사용한 스피커 비선형 시뮬레이션		DIS에 해당하는 데이터 출력

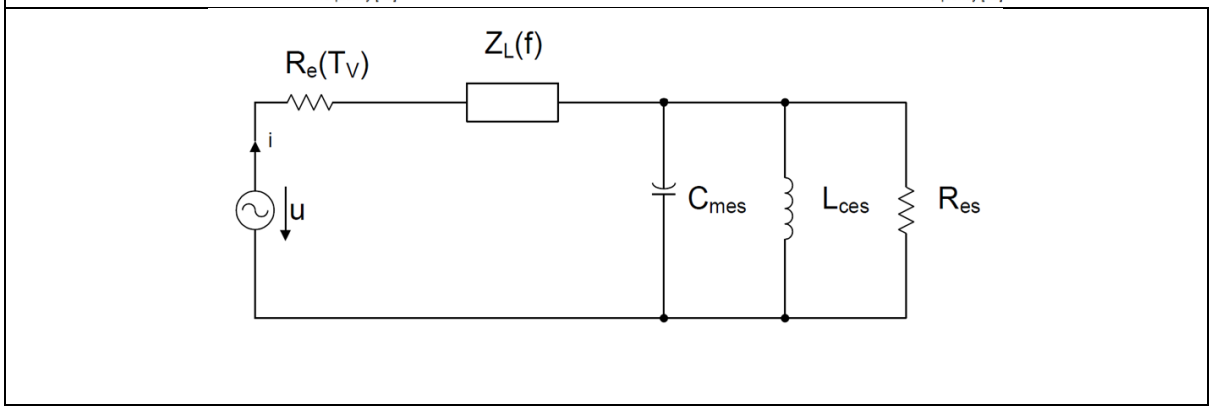
- LSI는 DUT별로 대응 모듈이 다름 (tweeter (Fo>100Hz), woofer(Fo<400Hz), box(2nd 또는 4th order system))
- TRF의 이음 판정은 TRF Pro모듈에서만 가능

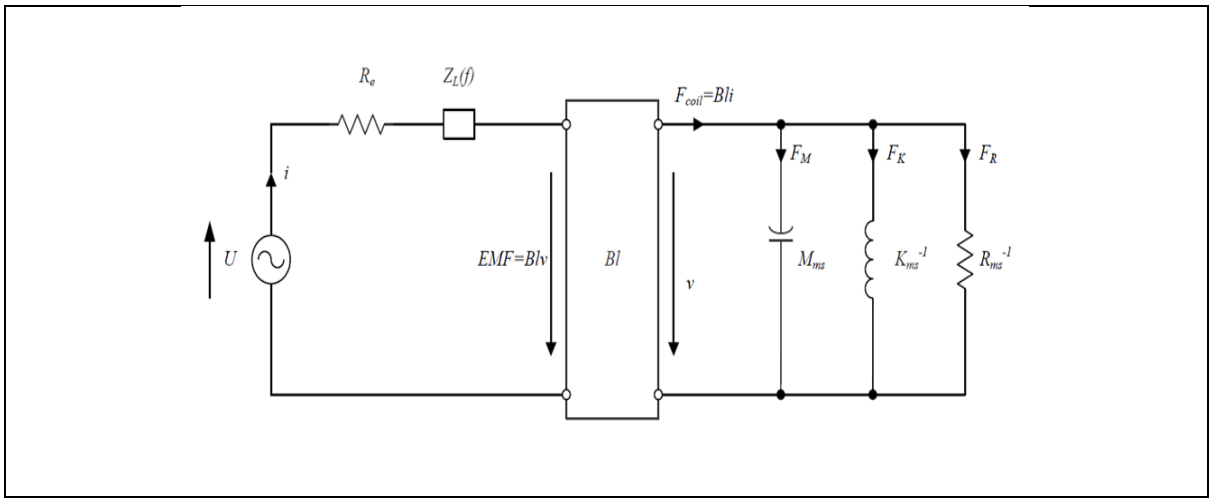
<LPM 설정>

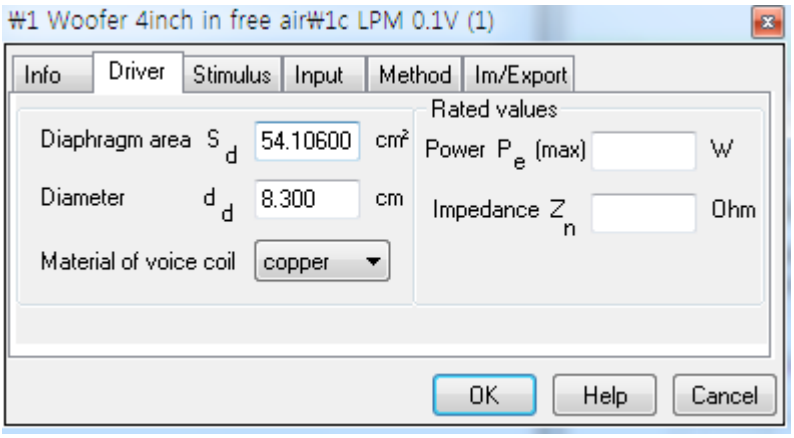
LPM은 소신호 선형 T-S 파라메터를 측정하는 모듈임. 소신호 선형이란 드라이버가 왜곡이 없이 강체 진동하는 것을 의미함. 따라서 아주 작은 신호로, 진동판의 진동이 전체를 대표할 수 있는 지점을 측정함. 통상 진동판의 중앙에서 측정하지만, 분할 진동이 심한 경우 보이스 코일 위치에서 측정하여야 하는 경우도 있음. 아주 작은 신호로 측정하여야 하지만 충분히 SNR(시그널 대 노이즈)이 확보 되어야 함. 노이즈 레벨은 에버리지를 높여 낮출 수 있지만, 왜곡 성분은 신호 자체를 낮춰야 없어짐. T-S 파라메터들은 임피던스의 피팅 커브와 변위의 피팅 커브만으로 계산되므로, 이 두개의 측정치가 I SNR(전류 신호비)와 더불어 LPM의 정확도를 좌우함.







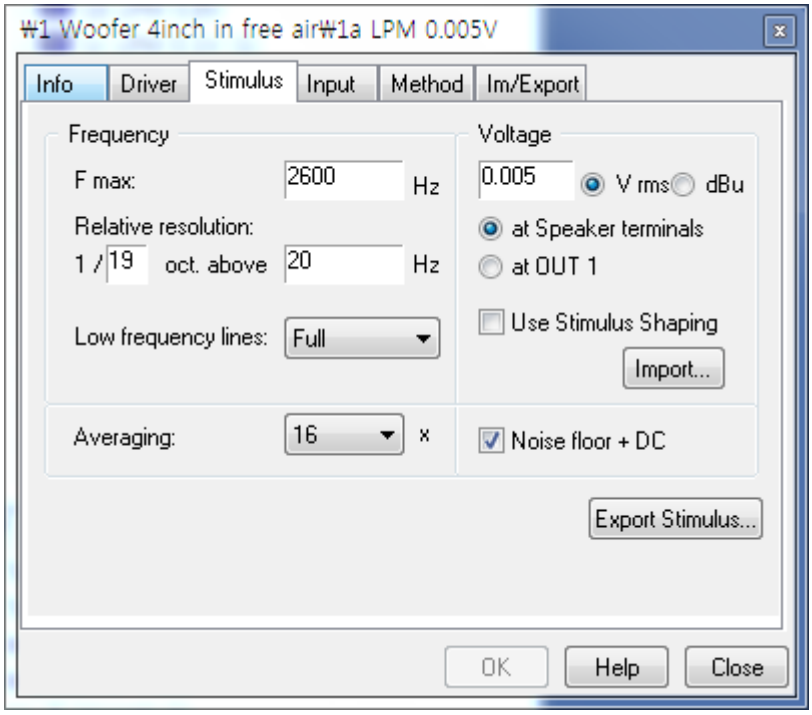




Sd : 유효방사면적 (dd (드라이버 직경) 입력시 자동 계산 ,공기 로드를 제외한 Mmd 계산시 필요)

Material of voice coil : copper (보이스 코일의 재질, 온도 계산시 필요)

정격 값들은 참고 사항임.



F max : 공진 주파수의 20배 (에버리지 1회로 임시 측정하여 Fo를 알아낼 것)

Resolution : 1/16 이상 (높을수록 좋음) above (공진 주파수 1/2 이하)

(해상도를 너무 높게 설정하면 소프트웨어에서 자동 조절함)

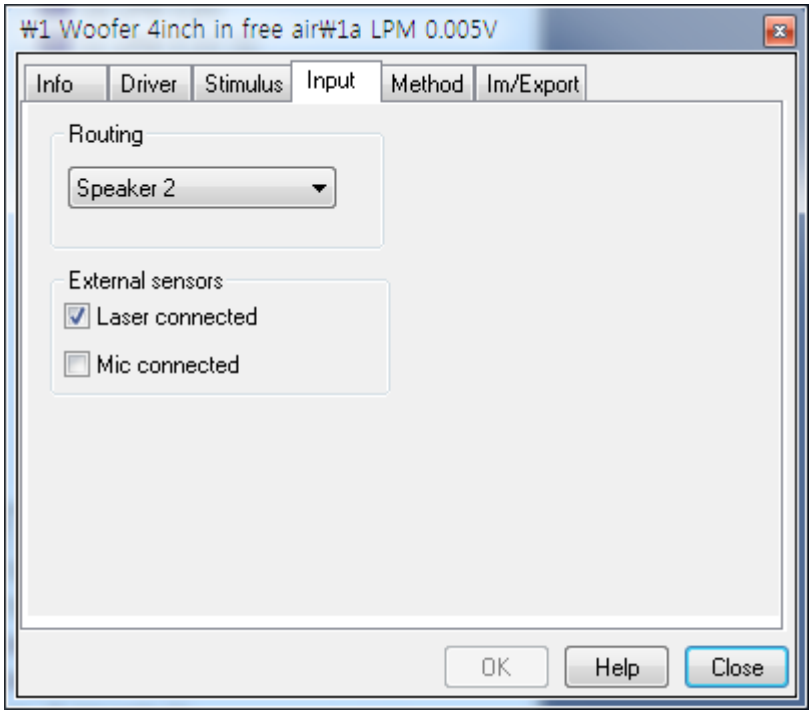
Average : 높을수록 노이즈 플로어 감소. 왜곡 성분은 감소하지 않음

Voltage : 전류 왜곡이 나타나지 않는 수준으로 낮춤. (마이크로 스피커 0,1V 이하)

At Speaker terminals에 체크 (at OUT1에 설정하면 Voltage + 측정 앰프의 게인이 더해져 출력됨)

Use Stimulus Shaping : "LPM측정 시 전류 SNR 관련.pdf" 참조

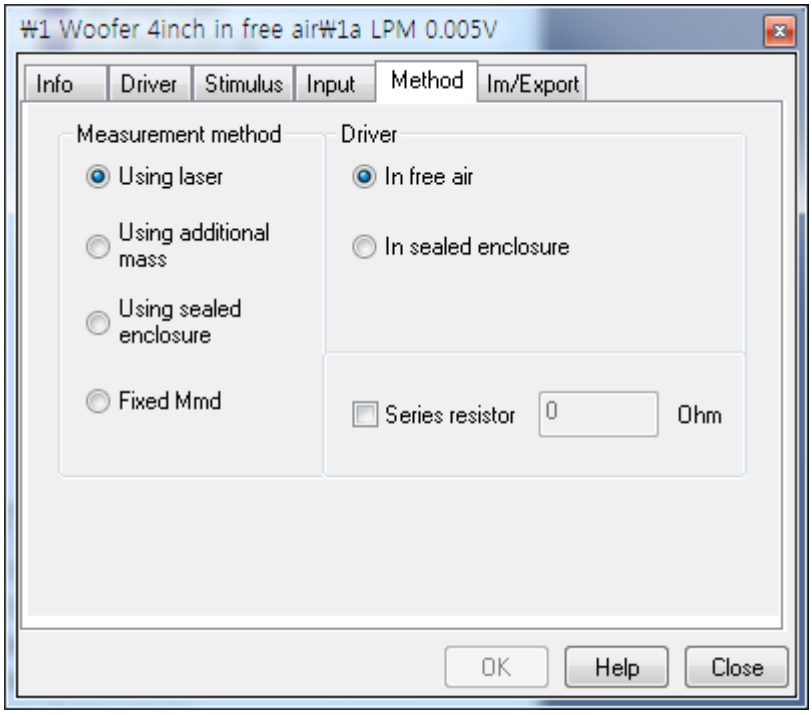
Noise floor + DC : 체크



라우팅 ; 스피커 채널 선택 (1,2모두 사용 가능. 채널 1의 허용 최대 전류값이 더 큼. (DA의 후면 패널에 위치한 휴즈 단자에 용량이 표시되어 있음.) 채널 2의 SNR이 더 높지만 추가 저항이 달려 있음, 우퍼는 채널 1, 마이크로 스피커는 채널 2 추천, "LPM측정 시 전류 SNR 관련.pdf" 참조)

레이져 : 체크

마이크 : 언체크 (멀티톤 디스토션 측정용)



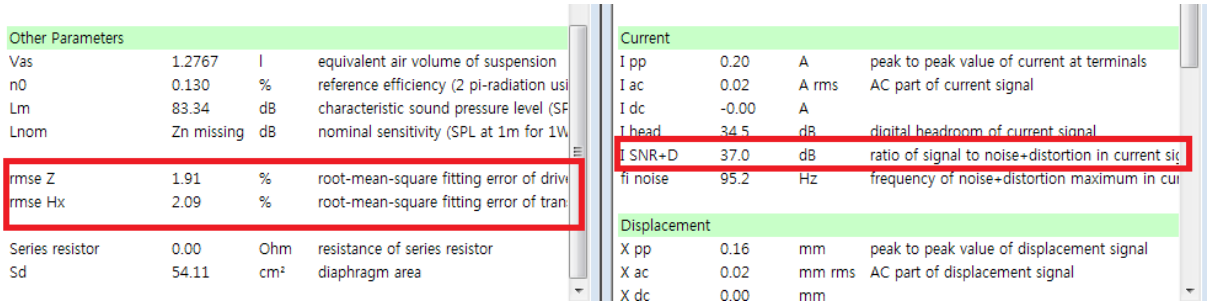
"Using laser"에 체크

"In free air"에 체크

"In sealed enclosure"는 드라이버가 하우징에 장착된 상태로 파라매터 측정 가능 (박스의 볼륨을 알고 있어야 함,)

"Series resistor" 항목은 높은 Q의 드라이버 측정시 SNR이 확보되지 않을 때 사용하는 방법으로 "LPM측정 시 전류 SNR 관련.pdf" 참조할 것. (시그널 shaping으로도 해결 가능)

기타 유의 사항 : LPM은 유닛의 T-S파라매터를 측정하는 모듈로 유닛의 기계적 저항, 기계적 스티프니스(탄성), 기계적 질량을 등가 회로화하여 분석하는 방법임. 따라서 포트나 기타 음향적 성분들이 추가되어 있는 세트 상의 유닛은 측정이 불가능함. (피팅이 불가능함.) 단순히 박스의 공기에 의한 탄성만 추가되어 있는 경우 Bl, Mms, Re값은 측정 가능함 (Box의 체적을 알고 있는 경우 unit만의 파라매터 계산 가능) . 측정의 정확도는 변위와 임피던스 곡선의 피팅 에러율과 측정된 시그널의 SNR이 결정하므로 해당 값들에 유념하여야 함.

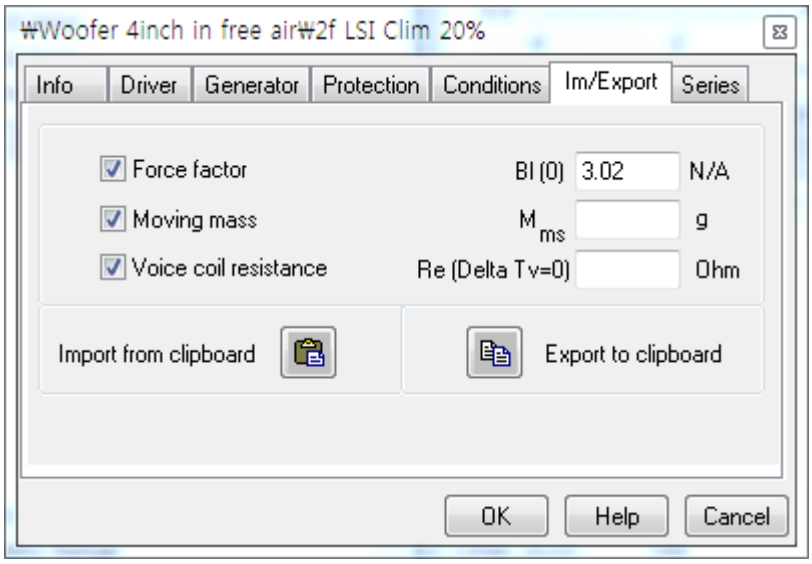


Other Parameters			
Vas	1.2767	l	equivalent air volume of suspension
n0	0.130	%	reference efficiency (2 pi-radiation usi
Lm	83.34	dB	characteristic sound pressure level (SF
Lnom	Zn missing	dB	nominal sensitivity (SPL at 1m for 1W
rmse Z	1.91	%	root-mean-square fitting error of drive
rmse Hx	2.09	%	root-mean-square fitting error of tran
Series resistor	0.00	Ohm	resistance of series resistor
Sd	54.11	cm²	diaphragm area

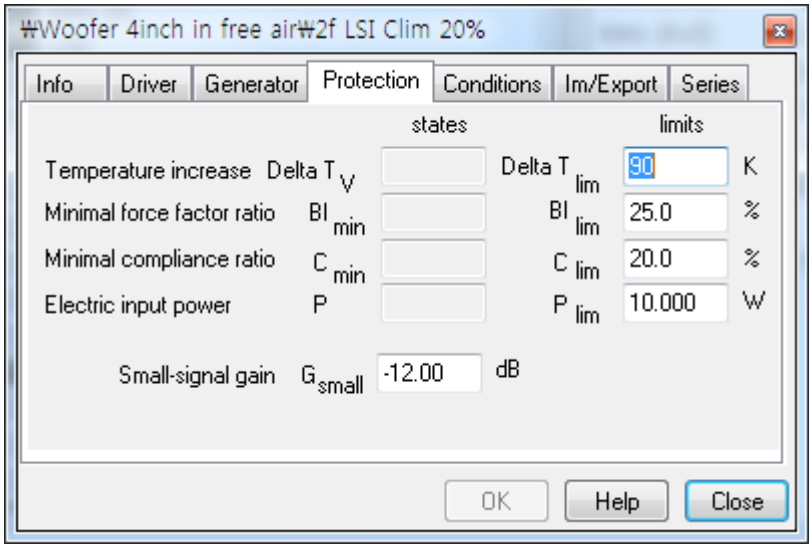
Current			
I pp	0.20	A	peak to peak value of current at terminals
I ac	0.02	A rms	AC part of current signal
I dc	-0.00	A	
I head	34.5	dB	digital headroom of current signal
I SNR+D	37.0	dB	ratio of signal to noise+distortion in current sig
fi noise	95.2	Hz	frequency of noise+distortion maximum in cu
Displacement			
X pp	0.16	mm	peak to peak value of displacement signal
X ac	0.02	mm rms	AC part of displacement signal
X dc	0.00	mm	

<LSI 설정>

LSI는 대신호 비선형 T-S 파라메터를 측정하는 모듈임. 여기서 대신호란 드라이버가 정격 작동 범위내에서 이상 작동하지 않는 범위 이내의 큰 신호란 뜻이고, 비선형이란 파라메터가 변위(x)등의 변수에 따라 변한다(변위 등의 함수)란 의미임. LSI는 "리니어 모드", "인라지먼트 모드", "논 리니어 모드", "써멀 모드" 순서로 진행됨. 리니어 모드는 선형 파라매터를 구하는 모드이지만 LPM값을 임포트 해 오면 이 모드에서 구한 값은 무시됨. (임포트 해왔다고 이 모드를 건너 뛰지는 않음). 인라지먼트 모드는 설정 해둔 비선형(non-linear)지점을 찾아가면서 입력 파워를 올리는(level sweep) 구간임. 비선형 레벨에 도달하면 논 리니어 모드에 진입함. (통상 국내 업체들은 논 리니어모드까지 측정함.) 써멀 모드는 열 파라메터를 추출하는 모드임.



LPM에서 측정된 Bl, Mms, Re를 import 해옴. (LPM의 "Im/Export"탭에서 "Export to clipboard"를 누른 후, LSI의 "Im/Export"탭에서 "Import from clipboard"를 누름)



Protection 탭에서 non-linearity의 수준을 결정함.

"or 조건"이므로 한 항목이 리미트에 도달하면 non-linearity의 수준이 결정됨. 측정 유효 범위를 넘어 입력하면 자동으로 하한값으로 입력됨.

T : 온도 상승(섭씨임, 높을수록 가혹 테스트 조건)

Bl, C : 피크 대비 비율 (낮을수록 가혹 테스트 조건)

P : 실효 입력 출력

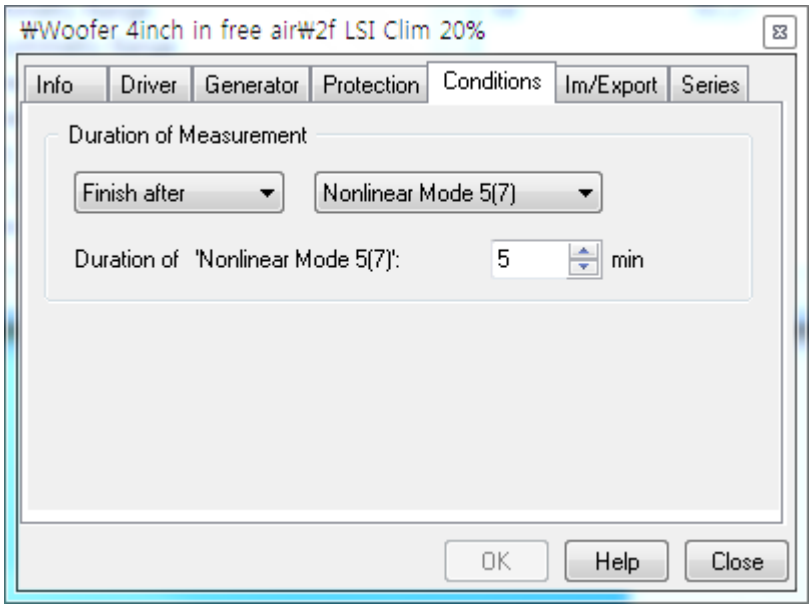
G small : linear mode의 신호 레벨을 결정함 (정격이 낮을수록 낮게 설정함. 너무 낮게 설정하면 non-linearity 수준에 도달하지 못함, G-small 값 설정과 앰프의 gain 설정은 동일한 효과를 가져옴). 잘 모르는 유닛을 테스트할 때는 작은 신호부터 사용하여 테스트하여야 유닛 파손을 막을 수 있음. 너무 작은 신호를 사용하면 non-linearity 수준에 도달하지 못하여 에러가 나거나, 측정 시간이 오래 소요됨. 반대로 너무 높은 신호를 사용하면 linear mode에서 에러 발생. 시행 착오를 통해 적당한 레벨을 찾아야 함.

LSI의 시그널 레벨은 시그널 레벨을 직접 결정하는 것이 아니고 유닛의 non-linear 레벨의 조건을 지정 해주는 방법으로 설정하므로 측정 목적에 따라 다양한 방법으로 설정 가능함.

- 설정 방법 1 : 정격 또는 표준 사용 조건의 power를 리미트(non-linearity 수준)으로 하는 방법 – 다른 조건을 가혹 조건으로 한 후 P lim을 정격 값으로 설정, 이 경우 정격에서의 비선형 파라매터를 측정하게 됨. (즉 P lim에 도달하면 논 리니어 모드에 진입함)
- 설정 방법 2 : 최대 변위에서 파라매터를 추출 하는 방법 - 모든 항목을 가혹 조건으로 설정 후 실시간으로 변위를 확인하면서 측정함. (변위는 결과 창에 실시간으로 관측할 수 있음.) 최대 변위에 도달하면 그 때의 입력 파워를 P lim에 실시간으로 입력하여 리밋에

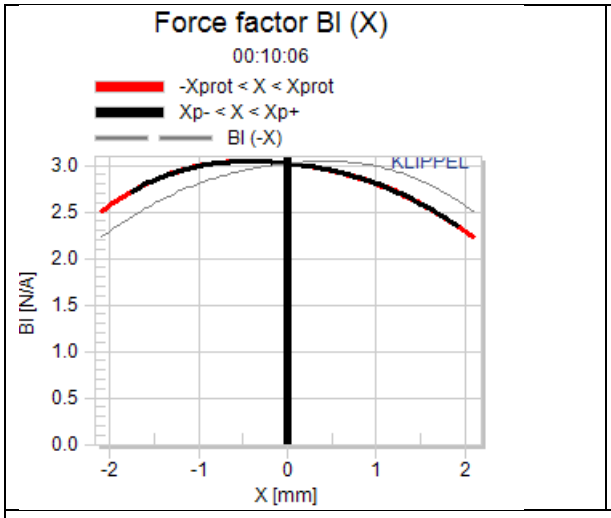
도달시킴. 입력 파워는 실시간으로 설정창의 “states”에 표시됨.

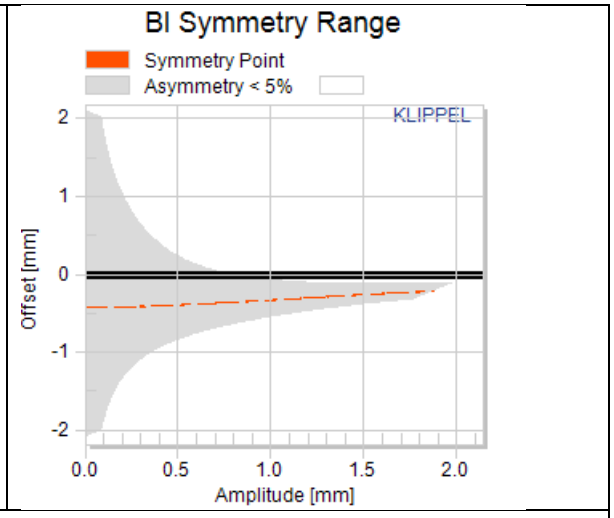
<주의> LSI 측정 시 이음이 발생하거나 유닛이 비정상적으로 작동하는 구간에서는 의미없는 데이터가 추출되므로, 유닛의 설계상 최대 변위를 확인하고, DIS에서 정상 작동 범위를 판정한 후 그 이내에서 측정하여야 함.



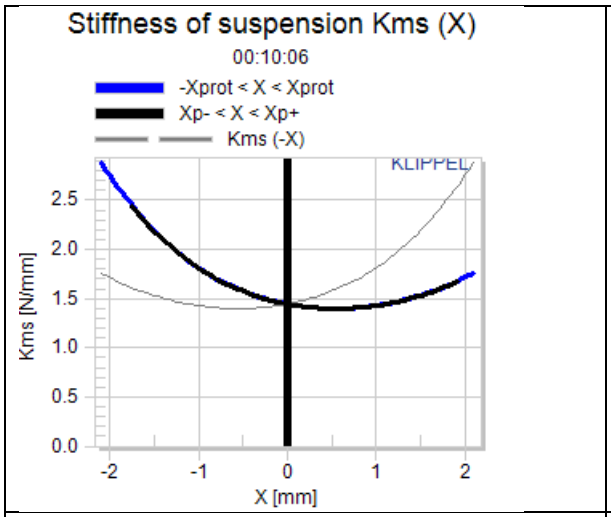
“Finish after”, “Nonlinear Mode 5(7)” 측정 시간은 5분 이상.

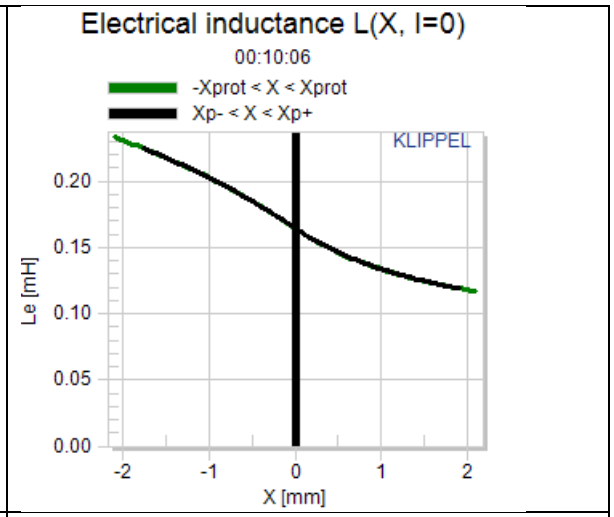
기타 유의 사항 : LSI 측정 시 레이져(변위 센서)는 필수 요소는 아님. (이 때 측정 결과는 절대값(변위)가 아닌 %로 표시됨). BI을 LPM으로부터 임포트 해 오면 레이져 없이도 절대값 측정이 가능. (이 때 레이져는 극성 체크용으로 사용됨.)





Bl이 바닥쪽(coil in)방향값이 더 크다는 의미는 보이스 코일이 중심에서 앞 쪽으로 떠 있다는 의미임. Bl Symmetry Range의 중심선(붉은색 점선) 만큼 내려줄 것



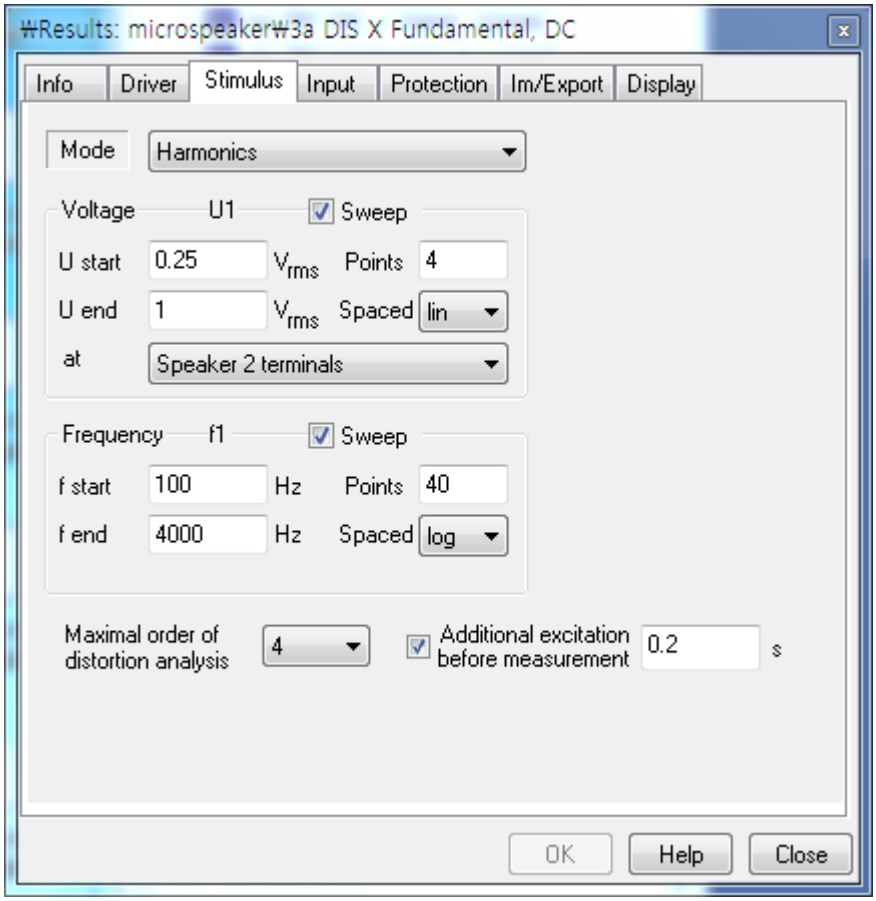


서스펜션이 앞쪽으로 나갈 때 부드럽다는 의미임. 서스펜션이 중요한 주파수 영역(stiffness control)에서 드라이버가 튀어나가려는 경향을 보임

코일 인에서는 철심 코어가 되면서 인덕턴스 성분이 증가함. 적당한 쇼팅링(동캡)을 사용하면 기울기가 감소함.

<DIS 설정>

DIS의 본래 기능은 디스토션(distortion)을 측정하는 모듈임. 기음(Fundament)및 배음(Harmonics)과 인터모듈레이션 측정이 가능하며, 변위 센서와 음압 센서 모두 사용가능 하지만, 국내 업체에서는 주로 피크-바텀 (변위)이나 최대 변위를 체크하기 위해 사용하므로 변위 측정에 대한 설정만 설명함. (템플릿 : DIS X Fundamental, DC AN 13)



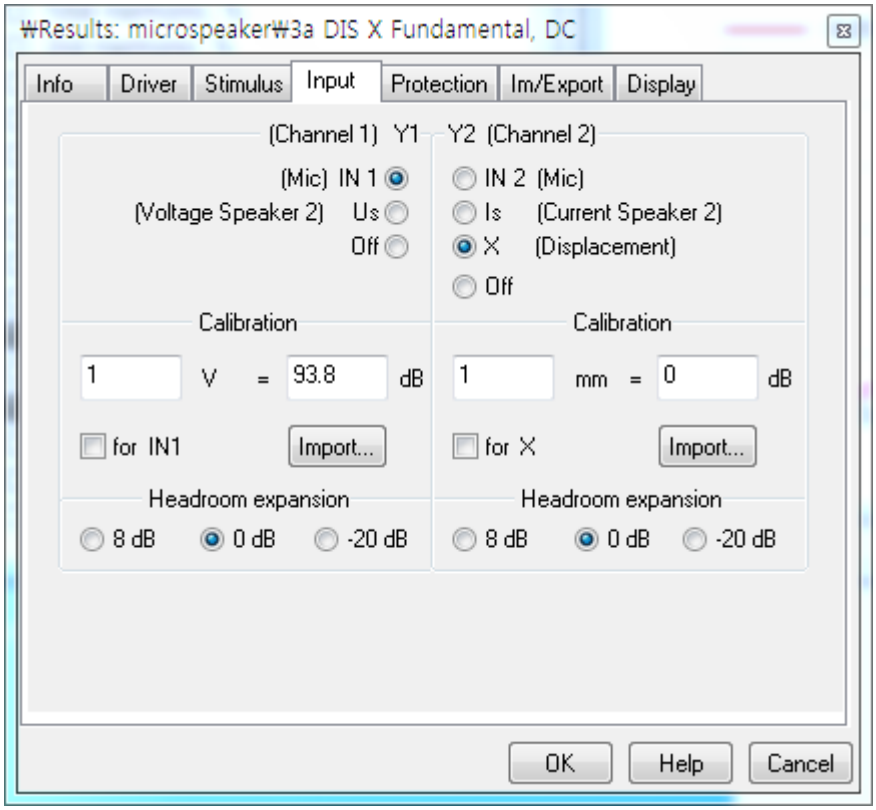
mode : harmonics

voltage : 스윕 체크, U end는 드라이버가 파손되지 않는 범위 내, point 5이상, Spaced는 lin(리니어 스케일), 스피커 채널 설정

Frequency : 스윕 체크, 주파수는 관심 대상 주파수 영역, point는 많을수록 부드러운 곡선이 추출됨, 20point 이상, Spaced는 log(로그 스케일)

Maximal order..... : 변위의 Fundamental 측정(피크와 바텀)이므로 설정이 필요 없음.

Additional excitation... : steady state 도달 시간 입력 (마이크로 스피커는 설정 필요 없음), 무거운 드라이버일수록 도달 시간이 길어짐.



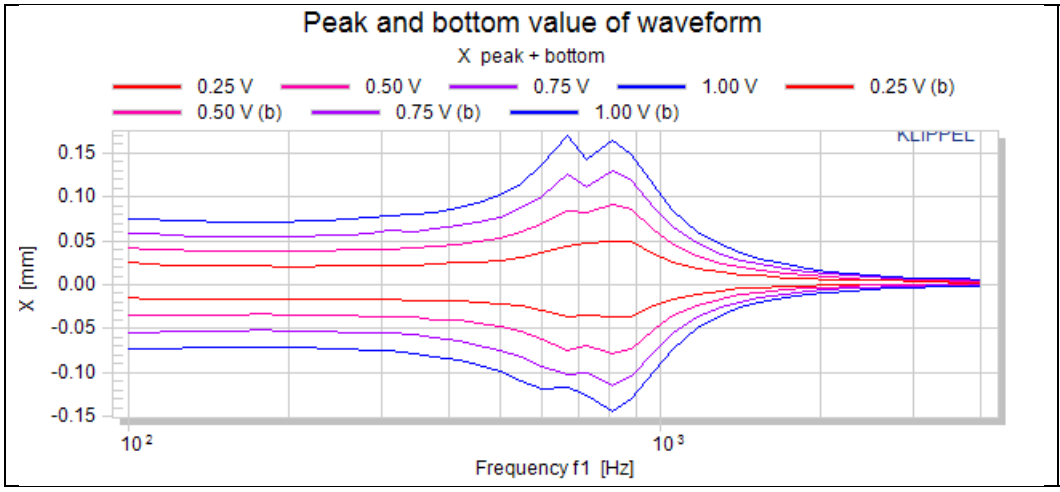
변위 측정이므로 Y1-off, Y2-X (Displacement)에 체크

칼리브레이션 필요 없음. (절대 음압 측정 시에 만 필요)

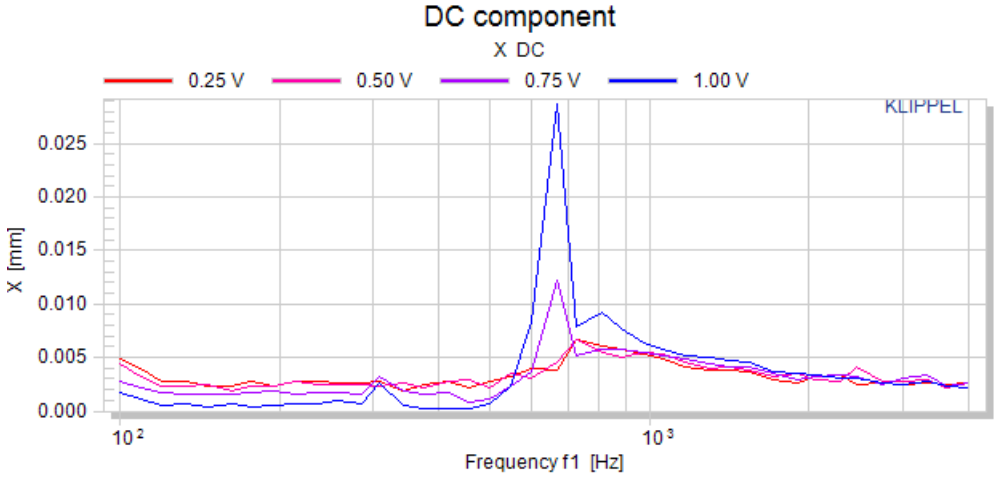
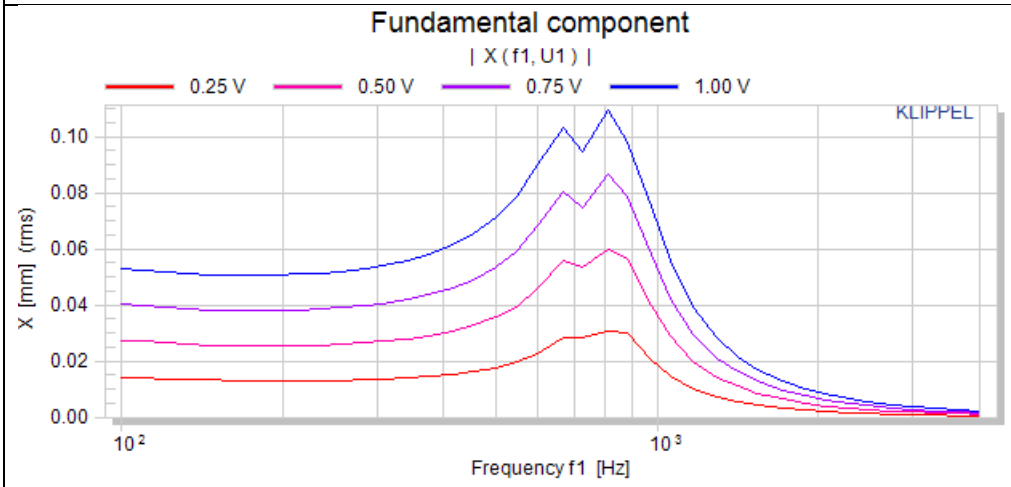
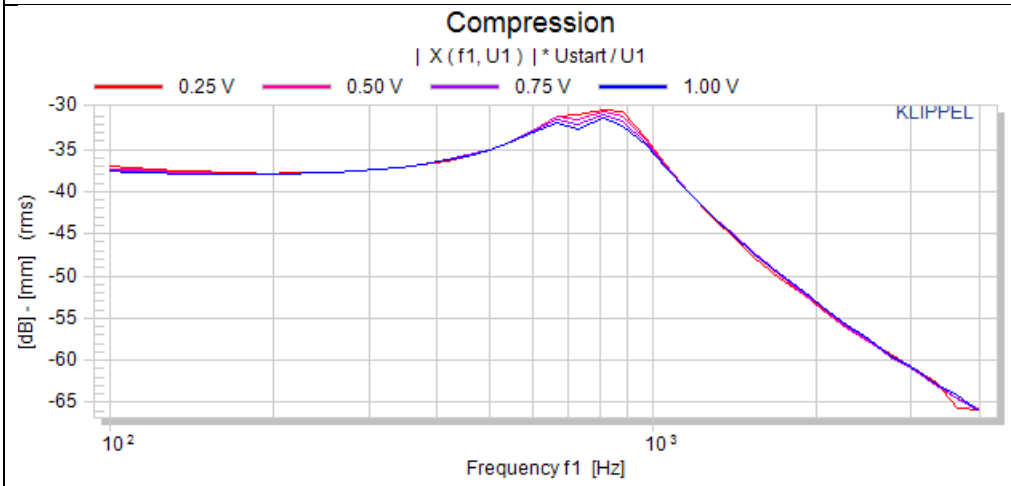
Headroom expansion 필요 없음

프로텍션 탭 설정 필요 없음. (설정 시 스피커 보호용 온도 측정을 위한 테스트 톤 발생)

기타 주의 사항 : 고역으로 갈수록 변위가 0에 수렴하는지를 반복 측정을 통해 확인하여야 함.

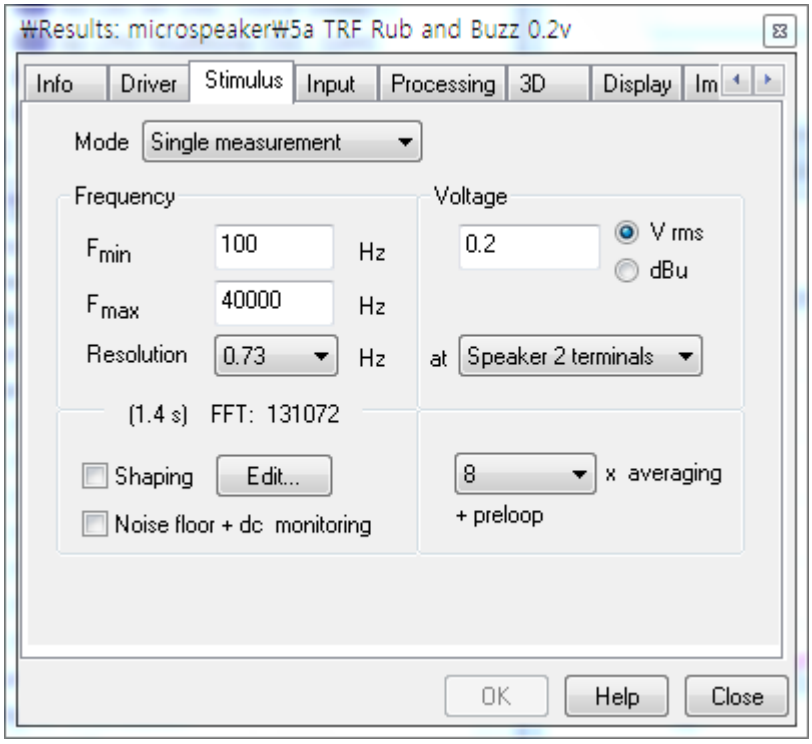


기음의 피크와 바텀 값 (나머지 측정치들은 피크-바텀으로부터 계산됨)

	피크-바텀의 중앙값, 드라이버가 치우친 정도를 나타냄, (Fo에서는 Kms의 영향, F0 X 1.5배에서는 Bl의 영향을 받음)
	기음의 피크-바텀 변위의 rms값
	입력 전압 상승분을 보상하여 기음을 표시 (즉, 컴프레션이 없을 경우 정확히 겹치는 그래프가 나타남.) 로그 스케일임에 유의.

Effects of dominant nonlinearities				
NONLINEARITY	**FREQUENCY OF THE EXCITATION TONE**			
	$f < f_s$	$f = f_s$	$f > f_s$	$f >> f_s$
Bl(x) (motor)	moves to *Bl(x)* maximum	no DC component	moves coil away *Bl(x)* maximum **(unstable)**	negligible
$C_{ms}(x)$ (suspension)	moves coil to stiffness minimum	moves coil to stiffness minimum	negligible	negligible
$L_e(x)$ (reluctance force)	moves coil to $L_e(x)$ maximum	negligible	moves coil to $L_e(x)$ maximum	moves coil to $L_e(x)$ maximum

<TRF 설정>



Mode : single measurement

Frequency : 주파수 응답 측정의 관심 주파수 영역 (예 : 서브 우퍼는 10~500Hz)

R&B 측정 시 Absolute PHD 측정은 4kHz까지 가능함.

resolution : FFT 사이즈 결정 (0.37~2.93), FFT 사이즈를 변경 해 가면서 측정치의 가독성 높고, 재현성이 높은 사이즈를 확인 후 설정함. 로그 스윕 시그널의 특성상 하모닉스 측정 대역을 낮추려면 긴 신호를 사용하여함.

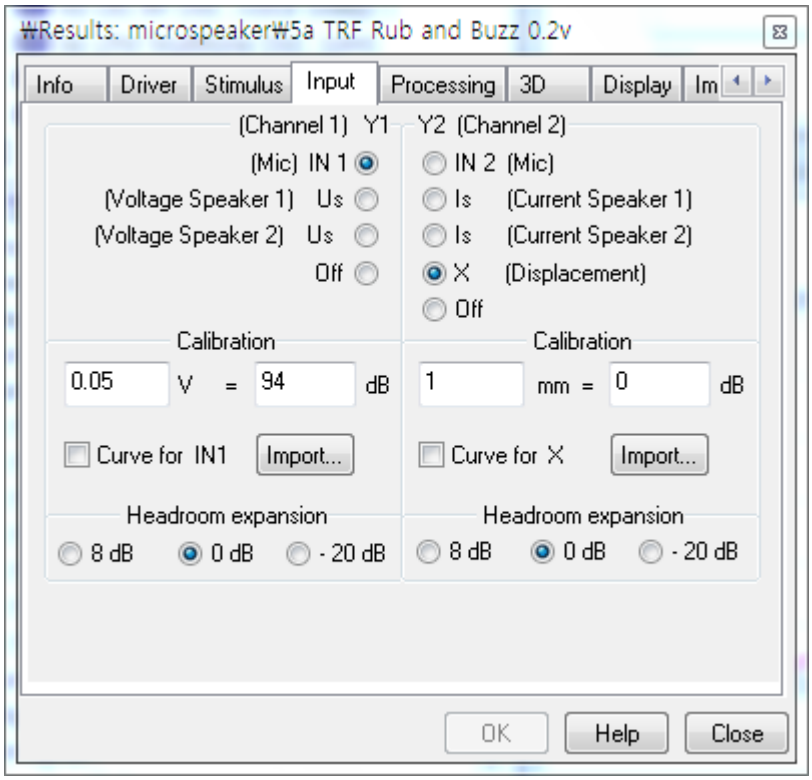
Shaping : 언체크

Noise floor + dc monitoring : 체크

Voltage : 입력 전압 (주파수 응답 측정 시 통상 정격 전압 입력, R&B 측정 시 레벨 스윕 필수)

스피커 채널 : 1번 채널 (전달함수 측정 시 1번 채널 사용)

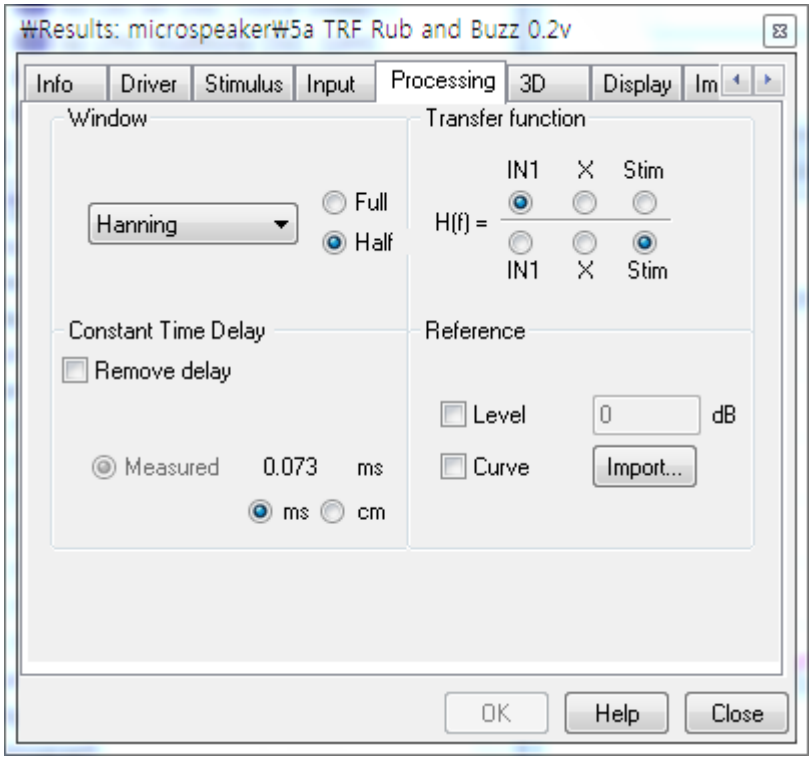
Average : 주변 노이즈가 많을수록 높게



Y1-(Mic) IN1, Y2-X (Displacement)

Channel 1 calibration : 마이크 감도 입력 (절대 음압 측정 시 필요, 상대 음압 측정 시 불필요)

Headroom expansion : 기본 0dB, 마이크 감도가 높아 클리핑 시 8dB, 마이크 감도가 낮아 전기 잡음 유입시 -20dB



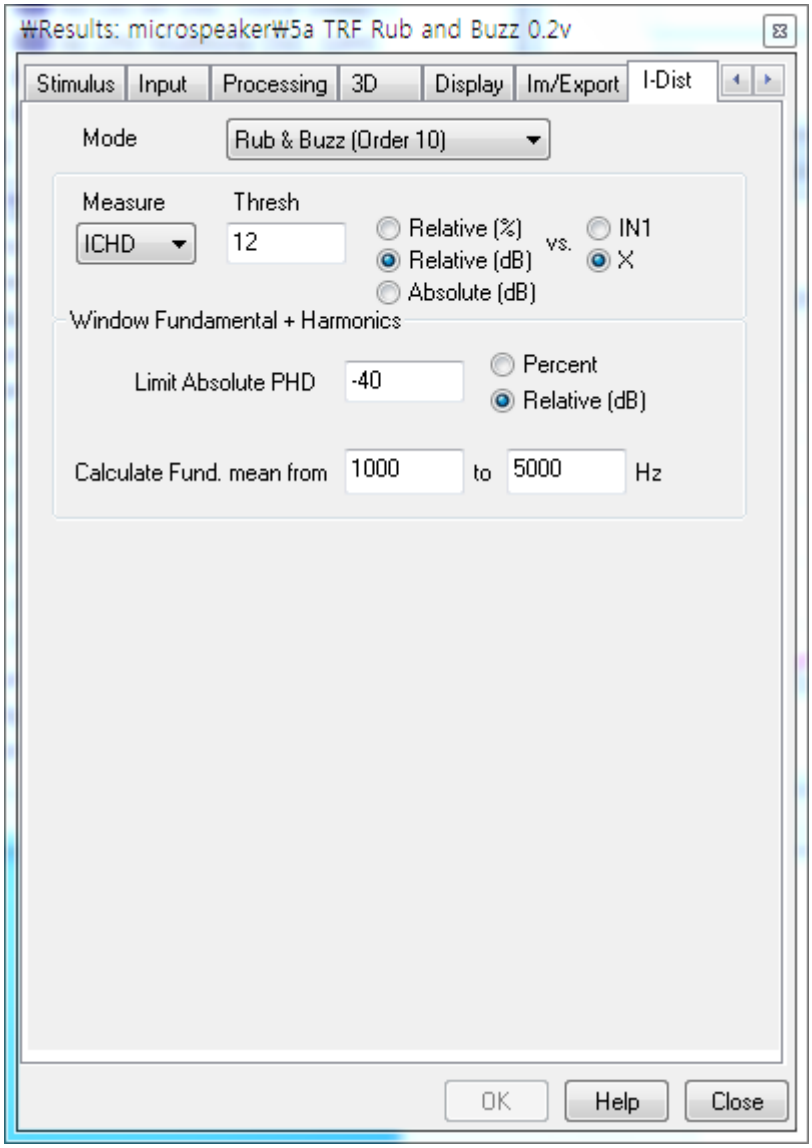
R&B 측정의 기본 Transfer function창 설정 값,

측정 후 사후적으로 적용하여도 무방함.

"Reference"는 이어폰 측정 시 보정커브를 적용한 응답 그래프에 표시할 때 사용하면 편리함.

"3D"와 "Display" tab도 측정 후 사후적으로 적용 가능함.

- 3D : 시간 함수를 주파수와 시간의 함수로 표시하는 결과창에 관한 탭
- Display : 그래프의 스케일 등을 결정함.



Mode : - Rub&Buzz (order 10) : 10차 이상의 주파수만 분석

- Rub&Buzz (order 20) : 20차 이상의 주파수만 분석

Measure : - R&B 분석 파라매터 설정 항목. "ICHD"

- Thresh : 낮을수록 R&B로 판단하는 기준이 엄격해짐. 10~12 추천

- Relative(dB) : 체크

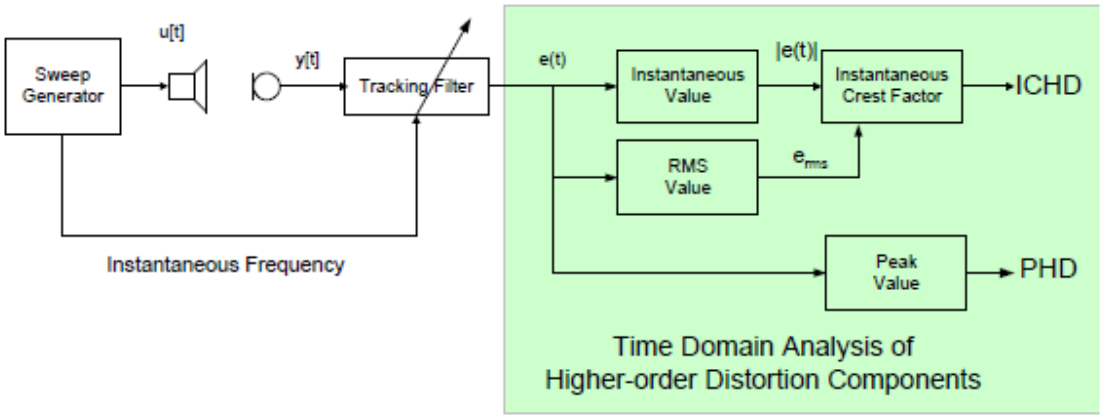
- X : 체크 (IN1으로 체크하면 레이져 없이 마이크로만 측정 가능, 단 이음 부위가 변위에 대해 표시되지 않고, 마이크 인풋의 음압에 대해 표시됨)

Limit Absolute PHD : fundamental의 평균 음압 대비 R&B 판정 기준, -40 추천

Calculate Fund..... : 위의 평균 음압 계산 구간. 유효 주파수 응답 범위로 결정

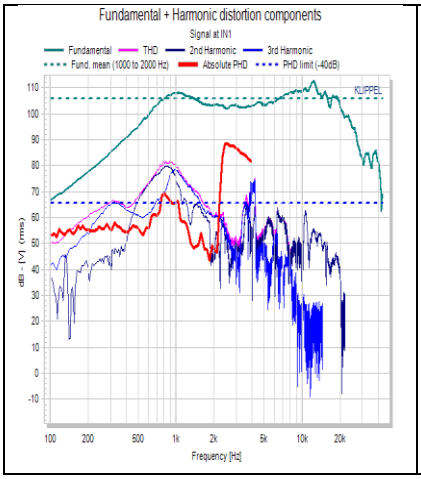
"I-Dist" 탭의 항목도 측정 이후에 변경 가능

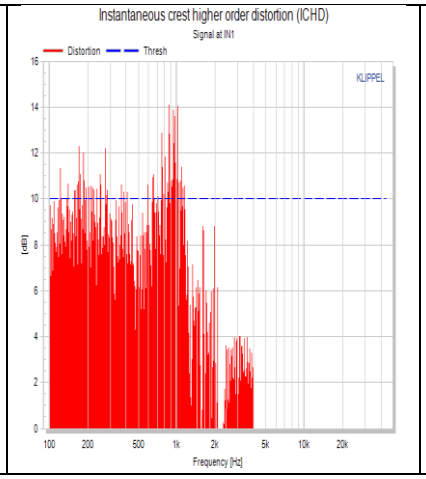
TRF 모듈의 R&B 측정 (without golden unit) 의 모식도는 다음과 같음

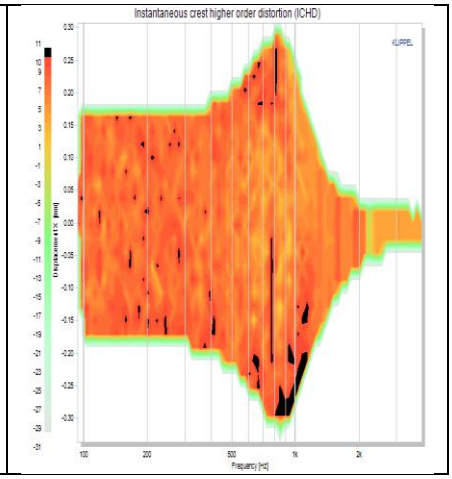


ICHD	*(Instantaneous crest harmonic distortion)* $d_{ICHD}(t) = \frac{\lvert e(t) \rvert}{e_{RMS}}$
PHD	*(Peak harmonic distortion)* $d_{PHD}[f_k] = \frac{e_{peak}}{y_{RMS}}$

- ICHD : 고차 왜곡 성분의 impulsiveness를 나타냄
- PHD : 고차 왜곡 성분의 신호 대비 ratio를 나타냄. (측정 창에는 ratio가 아니라 absolute PHD가 표시됨)

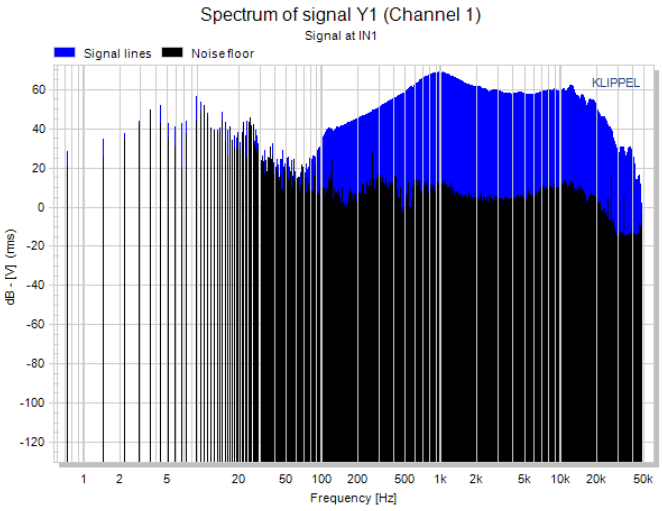






<주의>

- R&B는 SNR이 60~80dB가 확보 되어야 함. (Y1 (f) Spectrum 항목에서 확인) 만약 이음 왜곡 신호가 노이즈 플로어 (아래 그래프의 검은색) 이하로 검출된다면, 노이즈 플로어의 성분을 측정하게 됨.



- 측정 기구에서 이음이 발생할 수도 있으므로 PHD항목은 반드시 스폰지 위에 스피커 유닛을 올려놓는 등 측정 기구의 이음이 없다는 것이 보장된 상황에서 측정한 값과 비교하여 기구의 이음 여부를 살펴봐야 함.

- 이음(R&B)는 코일 러빙, 바트밍과 같은 하드 리미팅, 작은 티끌이 튀는 소리, 와이어 때리는 소리, 바람소리 등 여러 종류이며, 이음의 종류에 따라 다른 양상을 보임. 특히 신호에 의존되는 이음의 측정은 레벨 스윕이 반드시 필요함.