

Акустические измерения с помощью программы LspLab 3.

07.09.2005 00:00 Fenyx

Краткое руководство для начинающих.

По многочисленным просьбам и вопросам, которые регулярно задаются на форуме [vLab](#).

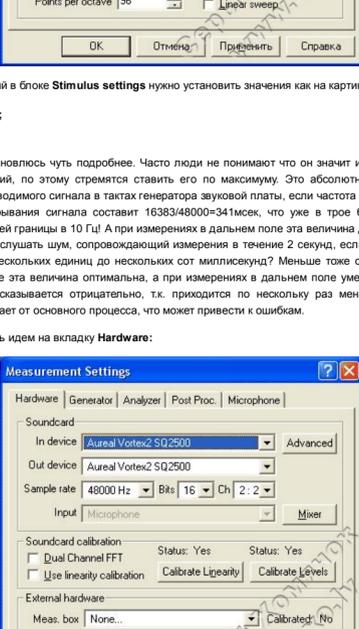
Издание второе, дополненное. Все дополнения напечатаны цветным шрифтом.

Для того, чтобы изложенный материал содержал наименьшее количество неточностей и у читателя не возникло непонимания в какой-нибудь простейшей ситуации, я решил, что буду параллельно выполнять измерения и документировать все действия и их результаты.

Итак, приступим! Для того, чтобы получить достоверные результаты, а не что-то с потолка, необходимо правильно настроить программу и правильно выполнить измерения. Надеюсь, что я это делаю без грубых ошибок :-).

Основные настройки.

При запуске программы, видим основное окно и окно уровней сигналов. Чтобы открыть окно настроек можно щелкнуть мышью на кнопке с изображением молотка и отвертки  или через меню: **Measurement-Settings**. В открывшемся окне видим такую настройку:

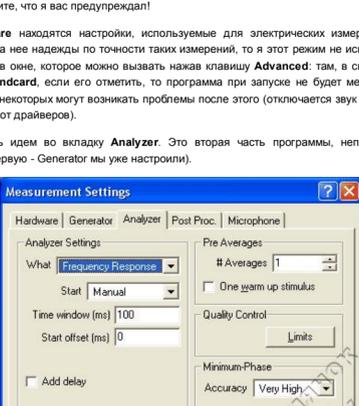


Для акустических измерений в блоке **Stimulus settings** нужно установить значения как на картинке:

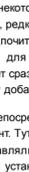
Stimulus: White MLS;
MLS length: 16383.

На втором параметре остановлюсь чуть подробнее. Часто люди не понимают что он значит и считают, что от его длины зависит точность измерений, по этому стремятся ставить его по максимуму. Это абсолютно неверно! Этот параметр указывает длину воспроизводимого сигнала в тактах генератора звуковой платы, если частота дискретизации установлена в 48000, то время воспроизведения сигнала составит 16383/48000=341мсек, что уже в трие больше чем требуется для измерений вплоть до нижней границы в 10 Гц! А при измерениях в дальнем поле эта величина должна быть примерно в 10 раз меньше, так зачем же слушать шум, сопровождающий измерения в течение 2 секунд, если для измерений все равно используется только от нескольких единиц до нескольких сот миллисекунд? Меньше тоже ставить нет резона, т.к. для измерений в ближнем поле эта величина оптимальна, а при измерениях в дальнем поле уменьшение этой величины на длительности измерений сказывается отрицательно, т.к. приходится по несколько раз менять настройки, что сильно замедляет работу и отвлекает от основного процесса, что может привести к ошибкам.

С этим разобрались, теперь идем на вкладку **Hardware**:



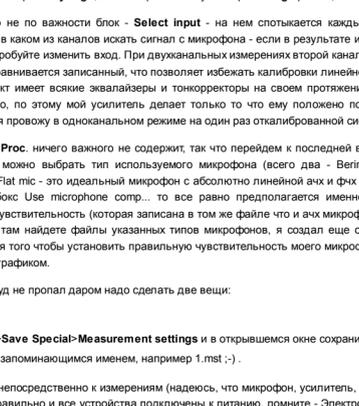
В блоке **Soundcard** выставляем свою звуковуху (по умолчанию там выставлена "Программа переназначения звука", т.е. windows mapper) и частоту дискретизации - ее надо установить на значение 48000, если карта не поддерживает 48000, то дает некоторые искажения, так что смысла в этом режиме в данной программе нет. Если ваша звуковуха поддерживает режим 24 бит, то можно, конечно установить его, хотя услышней от этого заметно не будет. Затем можно нажать на кнопку **mixer** и выбрать там в качестве устройств ввода/вывода ту же самую звуковуху, хотя по умолчанию там стоит режим auto, который должен работать (я меня второе аудио устройство - интегрированный звук, который из-за отвратительных его характеристик я отключил в BIOS, так что проверить работоспособность автовыбора не довелось). Далее переходим к блоку **calibration** на той же вкладке. Как видно на картинке выше, я менял уже все оптимизировано (надпись Status: Yes), однако калибровка линейности не используется (checkbox **Use linearly calibration** не выбран). Если ваша звуковуха обладает достаточной линейностью АХХ (ровная линия с завалами на краях диапазона не более 1-3 дБ), то можно эту калибровку не проводить и не использовать. В противном случае провести ее очень просто: нужен короткий кабель с двумя ждками на концах (естественно стерео), которым вывод звуковухи соединяется с ее входом, после чего ждем на кнопку **Calibrate linearity** там текст и программа калибруется сама. Нужно только выставить уровень сигнала, чтобы он не зашкаливал на

выходе: ждем на кнопку >> в окне Levels:  после чего окно развернется и там надо будет нажать (при уже

подключенном кабеле!) на кнопку  - программа сама выберет нужный уровень сигнала. Про калибровку уровней высказываю такое мнение: для измерений АХХ абсолютные величины в вольтгах на выходе платы не нужны, зато очень точно измеряют уровень сигнала на выходе платы, для этого нужно оптимизировать (нажав кнопку **Calibrate Levels**) так, чтобы максимальный уровень на выходе, который показывает программа в своем микшере был целым числом (у меня 28, т.к. эта величина ближе к действительному уровню), для этого при измерениях (нужен такой же кабель как и для калибровки линейности ахх!) нужно последовательно на экспресс программе ввести числа 2, 1, 0,5 (или любые другие, но каждое последующее вдвое меньше предыдущего), если же хотите откалибровать до точных значений, то нужен мультиметр, который вместе с кабелем подключается к выходу звуковухи и при запросе программы вводятся точные числа, которые выдает мультиметр, но учтите, что ключается в предыдущем!

В блоке **External hardware** находятся настройки, используемые для электрических измерений и т.к. программа не оправдала возложенные на нее надежды по точности таких измерений, то я этот режим не использую никогда. Еще одна полезная фишка находится в окне, которое можно вызвать нажав клавишу **Advanced**: там, в списке установок, есть пункт **Don't select input on soundcard**, если его отметить, то программа при запуске не будет менять настройки системного микшера. Это важно, т.к. у некоторых могут возникать проблемы после этого (отключается звук во всех приложениях кроме этого или т.п. - это зависит от драйверов).

С этим покончено, теперь идем во вкладку **Analyzer**. Это вторая часть программы, непосредственно связанная с процессом измерения (а первую - Generator мы уже настроили).



Начнем с начала. В блоке **Analyzer Settings** в пункте **What** (что измеряем :) ставим **Frequency response**, что по русски значит АХХ. Пункт **Start** отвечает за установку начала окна для преобразования Фурье, у меня стоит ручной (Manual), т.к. собственноручно это сделать всегда надежнее, чем доверять программе. Но автоматически режим тоже работает нормально, за исключением одной ситуации. Когда я еще не спаял микрофонный усилитель, то измерения проводил, подключая микрофон к микрофонному входу звуковухи, в результате чего перед началом собственно сигнала с ас была длинная пауза (8-10мсек) в начале которой был всплеск сигнала (как-то переходный процесс при подключении) из-за чего программа принимала это всплеск за импульсную характеристику АХХ со всеми вытекающими последствиями. Это еще один довод за то, чтобы не использовать микрофонный вход звуковой платы при измерениях. И вообще его не использовать вообще. Следующий пункт - **Time window** - временное окно установлено в 100мсек - столько нужно для измерений в ближнем поле и обеспечивает выделение АХХ до нижней частоты 10Гц (и это уже очень низко, т.к. во первых, большинство звуковух уже ниже 20Гц (а некоторые и выше) имеют заметный завал АХХ, что обычно сказывается на точности измерений этих частот, а во вторых, редко какая беззвонная камера позволяет замерять частоты ниже 60Гц, так что стремиться в инфракрасный резонанс нет). Я предпочитаю не менять эти значения в этих настройках, т.к. гораздо проще сделать соответствующую подстройку измерения в дальнейшем поле, непосредственно в окне импльсивной характеристики. Пункт **Start offset** позволяет сразу сместить начало окна на определенное количество мсек - у меня такой надобности не возникает. Checkbox **Add delay** добавляет паузу перед записанным сигналом (это я тоже не использую).

Далее идет блок **FFT Analyzer**. Это непосредственно настройкой параметров преобразования Фурье, которая и называется АХХ, так что это важный момент. Тут имеется два пункта: **Size** (размер) - он как раз и отвечает за разрешение по частоте, а не тот параметр, что мы выставляем в настройках генератора! Установить его целесообразно в **Auto** т.к. его размер зависит от длины окна, которое мы установили выше и которое меняется для измерений в ближнем и дальнем поле. Второй - **window** (функция окна) нужно обязательно установить в **S Hanning (Cos)**, потому что эта функция окна рекомендована международной ассоциацией звукоинженеров как дающая наиболее достоверные результаты (достаточное обоснование, чтобы мне поверить? :-)).

В блоке **PreAverages** устанавливается число повторений для получения статистически усредненных результатов. Почему-то при измерениях с помощью много шума особого результата я не заметил. Если же измерять не шумом, а импульсным сигналом (**Spikes**), то при количестве повторений 32 и выше получается заметное сглаживание по сравнению с одним или несколькими усреднениями. **One warm up stimulus** добавляет один "пики" без его измерений для "прогрева".

Пропуская блок **Quality control**, перейдем сразу к блоку **Minimum Phase**. Там можно выбрать точность вычисления минимальной фазовой характеристики. При этом отбрасывается не абсолютная фаза, которая меняется в зависимости от расстояния между динамиком и микрофоном, а ее минимальные значения, а крутизна изменения фазы становится зависимой только от собственных фазовых характеристик динамика, т.е. эта функция удаляет линейный фазовый сдвиг, вызванный разностью времени между излучением динамиком и приемом микрофоном, того же эффекта можно достигнуть, сдвигая маркер начала окна измерения ближе или дальше по отношению к центру пику на импульсной характеристике, но тогда результаты получатся несколько разными (как рука возмощет), по этому я всегда пользуюсь автоматическим режимом. Ставлю этот параметр в **Very High**, хотя по сравнению уже с просто **High** различия нет.

Последний по порядку, но не по важности пункт - **Selected input** - на нем спотыкается каждый второй, если не каждый третий измеритель - он указывает в каком из каналов искать сигнал с микрофона - если в результате измерений получается не то, что ожидается, то можно попробовать изменить вид. При двухканальных измерениях второй канал используется как опорный, референсный с которым сравнивается записанный, что позволяет избежать калибровки линейности АХХ тракта при каждом измерении, если один тракт имеет всякие искажения и тонкорректоры на своем протяжении. Я же не люблю лишних наворотов не там где надо, по этому мой усилитель делает только то что ему положено по определению - усиливает сигнал, по этому измерения провожу в одноканальном режиме на один раз откалиброванной системе.

Следующая вкладка **Post Proc** содержит важные настройки, которые относятся к последнему вкладке **Microphone**. Здесь имеется поле, в котором можно выбрать тип используемого микрофона (всего два - Beringer ECM8000 и Panasonic WM-60AY, третий вариант Flat mic - это идеальный микрофон с абсолютно линейной ахх и фхх - зачем вставили - не знаю, т.к. если не отмечен checkbox **Use microphone comp...** то все равно предполагается именно такой микрофон). В окне **Sensitivity** показывается чувствительность (которая записана в том же файле, что и ахх микрофона, кому надо - поищите в файле самой программы - там найдете файлы указаний типов микрофонов, я создал еще один тип (чтобы не портить исходный файл) - там найдете файлы указаний типов микрофонов, я создал еще один тип (чтобы не портить исходный файл) с самим графиком.

Все, теперь, чтобы весь труд не пропал даром надо сделать две вещи:

Нажать на ОК!

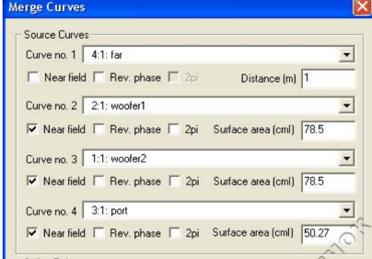
Выбрать в меню **File>Save Special-Measurement settings** и в открывшемся окне сохранить все настройки в файле с каким-нибудь хорошо запоминающимся именем, например 1.mst :-).

Теперь можно приступить непосредственно к измерениям (надеюсь, что микрофон, усилитель, кабели у вас есть и они все соединены между собой правильно и все устройства подключены к цифровому, помните - Электроника, не выключайте в розетку электропитания **НЕ РАБОТАЮТ!** в микшере уровни цифрового звука и общей громкости сдвинуты вверх до максимума и баланс по центру, а у усилителя регулятор громкости на минимуме. Если все в порядке, то ничего теперь не мешает вам снять ахх как в лучших лабораториях мира! Ну, или почти. :-). Еще один важный момент. Измерения для стандартизации и возможности сравнения друг с другом желательно проводить либо на одной подводимой мощности, что проблематично, учитывая нелинейность импеданса динамика либо на постоянном напряжении сигнала, например таким, которое на 8Омах даст 1Вт. Это напряжения не долго думать можно определить по закону Ома для участка цепи и будет оно 2.8284271... короче 2.83В! Для достижения этой цели можно поступить следующим образом: в каком-нибудь аудиоредакторе сгенерировать синусоиду с максимальным размахом (под 0) и частотой герц 60 (т.к. стандартную 1000 многие мультиметры меряют с большой погрешностью), размотать на воспроизведение по кругу и подсовывая к выходу усилителя мультиметр крутите ручку громкости пока показания прибора не достигнут целевого уровня. Затем можно поставить отметку на корпусе, напротив которой и выставить всегда время регулятор при измерениях, который раз не мерять. А можно сделать отдельный одноканальный усилитель, усиление которого будет точно настроено на выходной уровень звуковухи и будет всегда давать на выходе целевые 2.83В. Я так и сделал, если руки найдутся...

Все, меряем, но для начала еще пара штрихов: в меню **Measurement** установим флажок напротив пункта **Show small measurement window** - это чтобы при каждом измерении не видеть сразу название нового окна - это неудобно и можно сделать потом, нам мерять надо, а не бухгалтерию разводить!!! И там же пункт **Open impulse window** - это чтобы можно было много полезного и интересного почитать из импульсной характеристики, остальные пункты убрать, если они установлены.

Итак, подключаем все устройства и расположив микрофон на расстоянии 1 м. напротив измеряемого объекта, ждем кнопку с изображением зеленого треугольника или все в том же пункте **Measurement-Do measurement**.

Получили примерно такое окно:

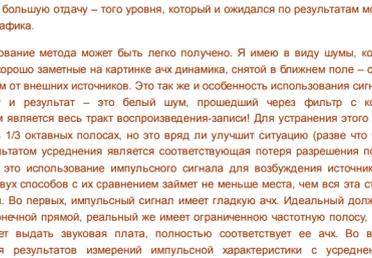


Если не получили, то ничего страшного - проверьте все настройки снова =) (я, по секрету сказать, сейчас тоже получил только с третьего раза - сначала забыл вместо пельменного кабеля подключить микрофон, а потом пошла какая-то каша, но после отключения пункта **Use linearly calibration** все заработало правильно, выдать программа неправильно откалибровалась, ну и фиг с ней - не очень то и надо).

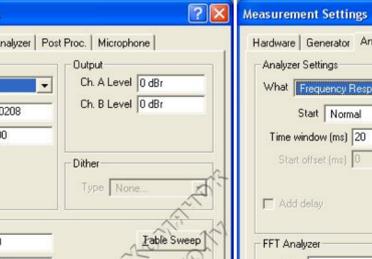
Теперь посмотрим что делать дальше. Для начала можно нажать на кнопку **FFT** в верхней части окна анализа и получить ахх системы... вместе со всеми отвращениями комнаты!



Не слишком приятное зрелище, не правда ли? Что с этим делать? А вот что. Для начала закрыть этот мусор и вернуться в окно импульсной характеристики. Затем нажав пару раз на кнопку с лупой и инсом в ней, добьемся того, чтобы стал виден маркер конца окна, схватим его мышью и оттащим ближе к началу, затем несколько раз нажмем на кнопку с "плюсовой" лупой так, чтобы в видимой области бал фрагмент около 10мсек и были видны оба маркера. Примерно так:

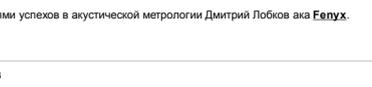


Теперь в меню **Calculator** выберем последний пункт - **Time window**. В появившемся окне все наглядно видно и подставив в первое и второе поля ввода расстояние динамика-микрофон и высоту от пола соответственно и нажав кнопку **Calculate**, получим две важные величины: собственно **Time window** (при значении обоих расстояний по умолчанию - 1м, получим величину 3.6мсек) и **Start frequency** - 277.49Гц - эти значения частота, которую способен определить алгоритм преобразования Фурье при заданной длине окна - эту величину стоит запомнить, т.к. она имеет важное значение при измерениях измерений в дальнем и ближнем поле! Теперь zurück zum anfang и вернемся к графику. Не трудно заметить, что импульсная характеристика, после первых пиков постепенно спадает практически до нуля, но примерно на 4мсек имеет небольшую пику! Это первое отклонение от ближайшей поверхности! Расчет подтверждается - надо установить временное окно на 3.6 мсек, тогда получим АХХ без влияния отражений! Размеру окна гораздо больше, чтобы захватить более низкие частоты, а не диаметр, который не увидели, но закрывав его на уровне глаз, не смотря на то, что результатом измерений уже доверять нельзя - они отражают уже суммарную ахх акустики и помещения! Поймите, что суть всей методики в том и состоит: чтобы получить «чистую» ахх системы! Проблем...



Ну вот, уже что-то! Теперь нажмем Alt+F1 и в открывшемся окне введем название измерения, например far, т.к. в нем измерения в дальнем поле.

Небольшое, но важное замечание по поводу установки маркера начала окна. Момент этот важен потому, что положение начала окна непосредственно влияет на получаемую фазочастотную характеристику. Я долго искал внятное объяснение, как надо делать и почему именно так, а не иначе, но из-за отсутствия специальной литературы по такому вопросу, я решил, что лучше не читать, а тем более не читать непрофессионального читателя, просто ответа не дано. Однако наш косвенный указание на то, каким должно быть результат и как выставлять этот параметр в некоторых специализированных программах. На этом основании, а так же на основании собственного опыта могу посоветовать выставлять маркер с максимальной точностью и всегда одинаково - тогда результаты будут воспроизводимы и, что особенно важно, не возникнет ошибок при моделировании разделительных фильтров ас с использованием этих данных. Положение маркера должно быть точно у основания первого пика на импульсной характеристике. Как на рисунке слева. Я в последнее время меряю именно так и получаю хорошие результаты вполне удовлетворительными как по теоретическим соображениям, так и по практическим - для адекватности следующего моделирования ас точки зрения соответствия его двум динамиком и порт фазоинвертора в ближнем поле. Для того, чтобы не было проблем при смене, нужно тщательно и аккуратно обращаться с уровнями сигнала. Развернем окно Levels, нажав на кнопку >> в нем, и установим значение ровно в 8 раз меньше максимума (а попробуем-ка это сделать, если у вас максимум типа 1.418, а ведь я предупреждал!) Просто уменьшаем 0.25 в соответствующем окне и жмем Enter. Теперь нужно расположить микрофон на расстоянии 5 мм. от полезного колпачка около одного из ич динамиков (если в нем есть отверстие, то подальше от него, иначе по центру), теперь ждем и зеленый треугольник и получаем импульсную характеристику с которой ничего делать не надо, кроме как нажать на кнопку **FFT**. В полученном окне АХХ сразу введем название (Alt+F1), чтобы потом не запутаться (woof1).



Имеющиеся шероховатости - это шум рядом со стоящего корпуса компьютера, являются сглаживанием в 1/3-1/6 октавы (правый клик на графике, пункт Smooth curve). То же самое сделаем со вторым динамиком и отверстием ФИ (в него засовывая микрофон не надо, наоборот, располагать примерно в плоскости передней панели), правда уровень сигнала надо восстановить до максимума - там не слишком громко. Не забываем обновить полученные графики а то запутаемся на раз. Так как графики для обоих динамиков получиться идентичными, привожу только график трубы.

Хорошо видно, что резонанс ФИ находится между 50 и 60Гц, а на 400Гц еще есть пик, наверно стоячая волна. Теперь нам надо нормализовать графики вуферов, чтобы они были одной амплитуды. Т.к. мы уменьшали уровень сигнала в 8 раз, то теперь надо нормализовать все графики на +18дБ. Правый клик на графике->**Normalize**. Method выбрать **Add Offset**, значение поставить 18. ОК. Еще, чтобы в финальном окне фаза была не в виде прямой линии на уровне 0 (что неправда), надо во всех графиках выбрать способ отображения минимальнофазовой! Правый клик на графике->**Show Phase-Minimum phase**. Дело тут в том, что, как оказалось, в программе есть ошибка, которая заключается в том, что на графике, получаемом при склеивании результатов измерений в ближнем и дальнем поле, фаза (если выбран вариант «измеренная фаза»-Measurement Phase) отображается не в градусах, а в радианах! То есть все значения точек фхх лежат в пределах +-3.14! Ошибка, которая колет глаза, но которая не исправляется уже как минимум год! Наше неодобрение автору: с измерением фазы и так не совсем все ясно, а тут еще такая неприятность!

Теперь можно и склеивать. Жмем меню **Calculator>Merge curves**. Появляется такое окно:

Теперь, если все сделано правильно, осталось указать правильные данные, чтобы прога могла все правильно подчитать. Для того, чтобы не ошибиться нужно было бы назвать график как советовал! Тем же подставляем: В первом поле ввода ставим график, измеренный в дальнем поле и снимаем флажок **Near field**, если он был установлен. **Distance** - ставим расстояние в поле микрофона, я мерял с 1 метра. Следующее поле - первый динамик в ближнем поле, ставим флажок **Near field**, в поле **Surface area** вводим измеренную площадь диффузора в квадратных сантиметрах, вычисляется так: измеряем линейной диаметр окружности, которая проходит примерно по середине подвеса диффузора, а не по краю самого диффузора - это будет эффективный диаметр. По формуле $S=\pi r^2$ вычисляем площадь (не забывая, что там стоит радиус, а не диаметр, который мы замерили). У меня вышло 78.5 см². В следующем блоке вводим те же параметры для второго динамика, и в последнем для фазоинвертора. Теперь в поле ввода **Splice frequency** надо ввести частоту раздела, о которой я говорил раньше, что ее надо запомнить. Можно брать частоты выше, а ниже низзя - там уже пурга. Распознаю, что частота тоже не стоит забираться - 500 это уже предельно высока - там растут искажения из-за интерференции волны от различных участков диффузора. На картинке выше уже все введено верно - для примера. Убрать или поставить флажок сглаживания, по желанию. Желательно еще ввести название нового графика. Скрестим пальцы. **Merge...**

Аллилуйя!!! Вот вам и АХХ! Провальчик на графике в ближнем поле на 280Гц как раз совпал со спадом графика в дальнем поле - удачно, не правда ли, (я честно ничего не подправлял!), хотя эти мелкие волны суть погрешности и если не состыковаться так гладко, (но частично флажок сглаживания и забейте на это дело! Правда я несколько сомневаюсь на счет результата ниже 100Гц - слишком уж маленький доводок дал фазоинвертор, а так - ничего себе, сойдут для сельской местности.

Я думаю, что это связано с тем, что возбуждающий сигнал является нестационарным и не может вызвать выход резонатора фазоинвертора на минимальный режим. В дальнейшем я проверил это предположение, измерив синусом трубу ФИ при возбуждении ас медленно меняющимся синусом, а так же скользящим по логарифмическому закону импульсом (последнее в другой программе, т.к. в LspLab этот метод почему-то работает не правильно - очередной глюк?). В обоих случаях получил заметно большую отдачу - того уровня, который и ожидался по результатам моделирования. Картинку не привожу для экономии трафика.

Еще одно усовершенствование метода может быть легко достигнуто. Я имею в виду шумы, которые дают очень мелкие неровности на графике (хорошо заметные на картинке ахх динамика, снятой в ближнем поле - см. выше по тексту). Это на самом деле не только шум от внешних источников. Это так же и особенность использования сигнала MLS - он сам близок к шуму, по этому и результат - это белый шум, прошедший через фильтр с комплексной передаточной характеристикой, каковым является весь тракт воспроизведения-записи! Для устранения этого шума можно использовать сглаживание, делаем в 1/3 октавных полосах, но это вряд ли упустит ситуацию (разве что чисто визуально - и то не всегда) потому что результатом усреднения является соответствующая потеря разрешения по частоте! К счастью, есть способ гораздо лучше - это использование импульсного сигнала для возбуждения источника звука! Описание всего механизма работы этих двух способов с их сравнением займет не меньше места, чем весь этот текст, по этому ограничусь только наиболее важным. Во первых, импульсный сигнал имеет гладкую ахх. Идеальным должен быть нулевой дилни - тогда его ахх будет боковой ветвью, реальной же имеет ограниченную частотную полосу, можно сказать, что полоса импульса, который может выдать звуковая плата, полностью соответствует ее ахх. Во вторых, в LspLab имеется возможность накопления результатов измерений импульсной характеристики с усреднением данных. Последнее обстоятельство дает то огромное достоинство, что отношение сигнал/шум полученных данных растет (в идеале) на 3 дБ за каждое измерение! 32 усреднения дают улучшение отношения сигнал/шум на 96дБ! Т.е. можно сказать характеристику одновременно с прослушиванием рядом стоящего работающего телевизора и не иметь ни каких отрицательных последствий (хотя делать так конечно же не стоит). Такой эффект происходит из-за того, что шум является недетерминированным сигналом, т.е. он никак не связан с сигналом от ас и при статистическом усреднении стремится к нулю, тогда как сигнал, имеющий не случайный, а предопределенный параметрами самого излучателя характер наборот - складывается. В результате мы получаем высочайшую степень повторяемости результатов, гладкую ахх без «мусора» и, что очень важно, каждый небольшой изгиб кривой графика действительно является отражением свойств излучателя, а не случайным артефактом! После опробования этого метода я больше не использую MLS сигнал. Мойства измерения полностью сохраняются, только в окне настроек генератора (**Measurement settings>Generator**) нужно указать соответствующий сигнал (**Spikes**), полную длину измерения установить от 200 до 500 мсек, в зависимости от гулкости помещения (чтобы к следующему измерению отражения от предыдущего уже успели значительно угнаться) и длительность самого импульса поставить на авто (тогда он устанавливается по минимально возможному для используемой звуковой платы и полностью определяется частотой дискретизации). И конечно же установить число усреднений (**Measurement settings>Analyzer>Averages**) - я ставлю 32, т.к. больше смысла нет - результаты не улучшаются (некуда). Жазанные настройки проиллюстрированы на следующих рисунках.

А под конец хочу привести график, снятый в дальнем поле (с 1 метра) и с оном 50мсек., что гарантирует две вещи: частотная характеристика начинается с 20Гц и включает в себя все кривости, которые дает комната. График сглажен в 1/6 октавных интервалах.

Заметьно что комната в целом не слишком изменила график - характерные области снижения и подъема ахх сохранились неизменными, только появилась некоторая волнистость на сч. Спад в районе 100Гц и ниже объясняется тем, что резонанс АС так, что микрофон оказывается очень близко к центру комнаты, где давление не из-за интерференции стремится к нулю. Все это можно визуально прикинуть что примерно мы слышим. А некоторые еще проводочки слушают...

Теперь можно уже эту кучу графиков сохранить, а можно экспортировать (**File>Export**) в том виде, в котором можно скачать LspCAD, если измерялся один динамик для дальнейшего проектирования АС. Заходим в меню **File**, там надеюсь, должно искать не придется...

Выражаю благодарность посетителям форума vLab за подталкивания меня к написанию этой скромной работы (**GREY**), а так же делившимся со мной опытом акустических измерений (Максим Диденко aka **MaxMan**), а так же всем остальным форумчанам.

С наилучшими пожеланиями успехов в акустической метрологии Дмитрий Лобков aka **Fenyx**.

Саратов. 2005г.

Обновлено 24.02.2010 15:53