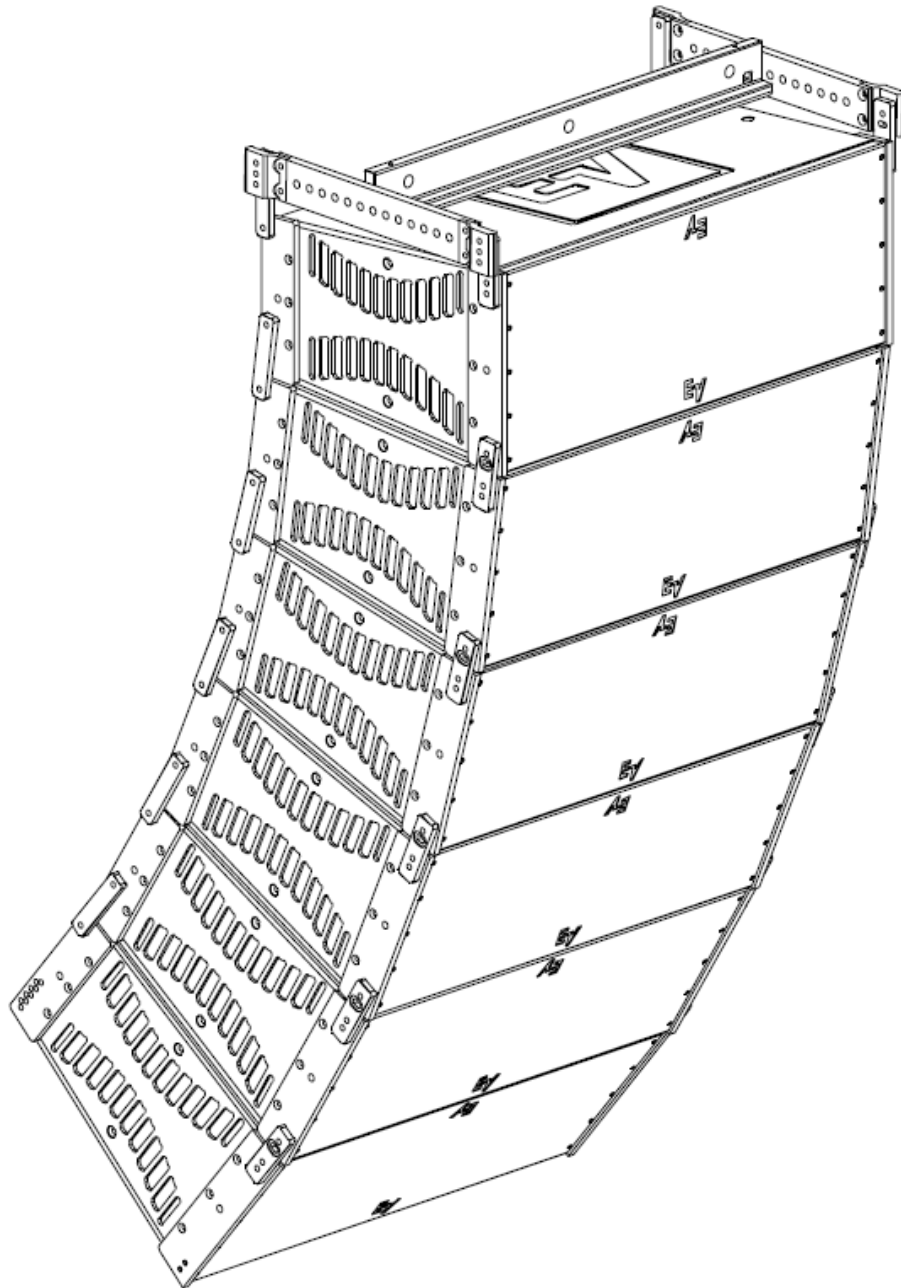


Проектирование линейных массивов с помощью LAPS II.

Избранные техники.



Проектирование линейного массива с помощью LAPS II.

Избранные техники.

Джеф Беримен.



1. Введение

LAPS II – это программное обеспечение, содержащее функции для создания улучшенных конфигураций линейных массивов. Данный документ содержит описание того, как эти функции работают, и как ими лучше воспользоваться.

2. Расчет звукового покрытия для трех полос частот

LAPS II осуществляет расчет звукового покрытия линейного массива для трех полос частот одновременно. На один график накладывается несколько кривых. Это позволяет легче оценивать тональный баланс на покрываемой площади.

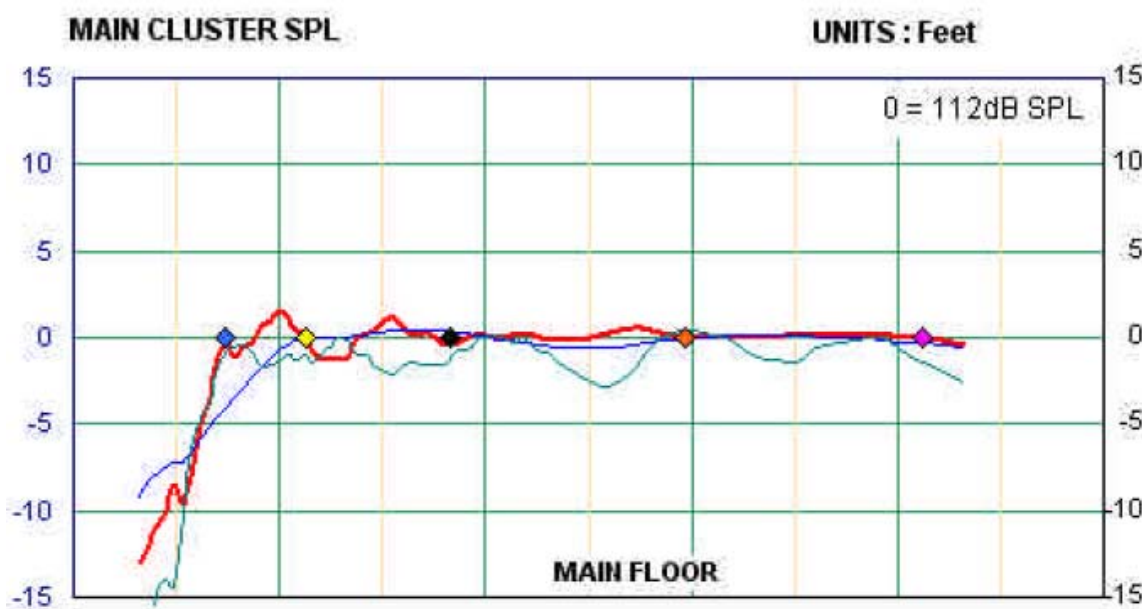


Рисунок 1. Расчет звукового покрытия для трех полос частот.

По умолчанию, расчет осуществляется для полос с центральными частотами 500, 3000 и 8000 Гц. Ширина полосы составляет 1/3 октавы. При необходимости, эти значения можно изменить.

Предыдущая версия, LAPS I, осуществляла расчет только для одной полосы (шириной в одну октаву с центральной частотой 3150 Гц). Эта полоса хорошо подходит для оценки покрытия среднечастотного диапазона, но полноценной картины она не дает.

Вот пример линейного массива, чья характеристика хорошо выглядит на 3000 Гц, но требует доработки, на других частотах. Это существующий пример от одного из клиентов EV. Местом установки является большой выставочный центр. Массив состоит из двенадцати громкоговорителей XLC-DVX. Расстояние до самого дальнего балкона составляет приблизительно 76 метров. Максимальная рабочая дистанция на основной площадке составляет приблизительно 36 метров.

На рисунке 2 показан уровень звукового давления основной площадки оригинальной конфигурации массива для частоты 3000 Гц. График немного грубый, но все значения находятся в пределах ± 3 дБ.

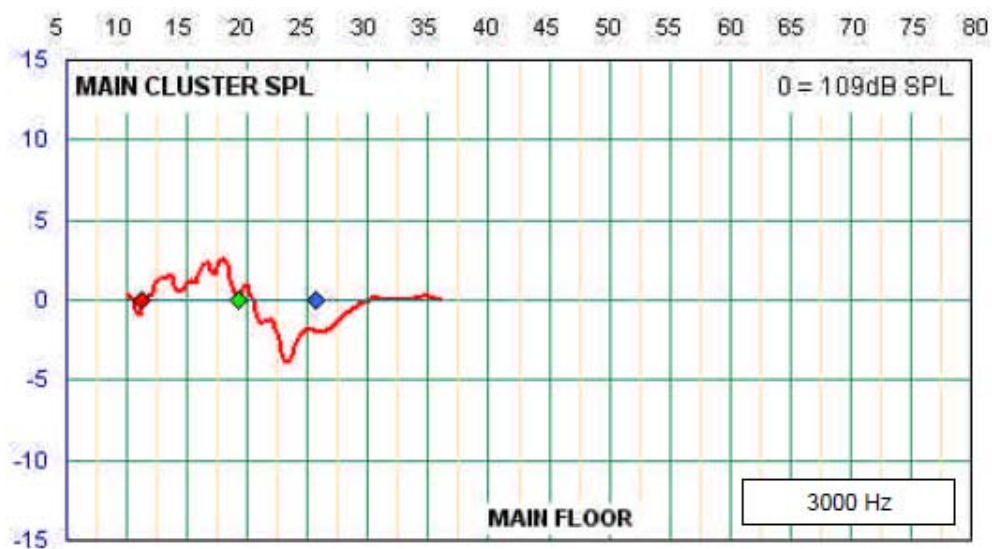


Рисунок 2. Выставочный центр. 12 XLC-DVX. Основная площадка. Оригинальная конфигурация.

Рисунок 3 содержит кривые для частот 500 Гц и 8000 Гц.

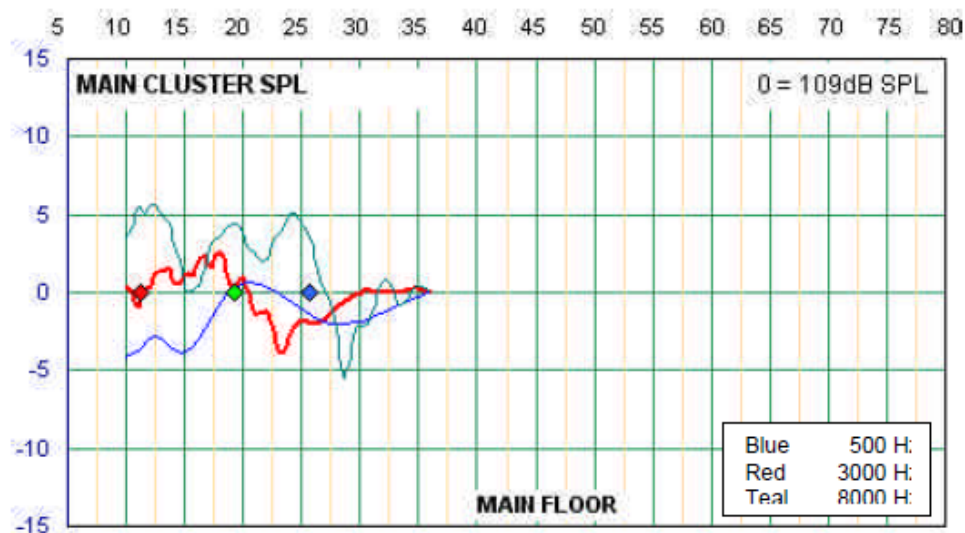


Рисунок 3. Выставочный центр. 12 XLC-DVX. Основная площадка. Оригинальная конфигурация.

На графике видно, что тональный баланс системы для большинства слушателей очень тихий. Близко к массиву слишком много ВЧ и слишком мало СЧ; по центру СЧ более сбалансированы, но уровень ВЧ по-прежнему избыточен; в конце помещения, все частоты более менее сбалансированы, но покрытие ВЧ все еще неровное.

На рисунке 4 показан результат изменения углов между кабинетами и шейдинга сигнала для крайних кабинетов массива. Шейдинг сигнала – это важный вопрос, который будет детально рассмотрен ниже. Внесенные изменения **НЕ ТРЕБУЮТ** дополнительных вложений в громкоговорители, усилители или кабель.

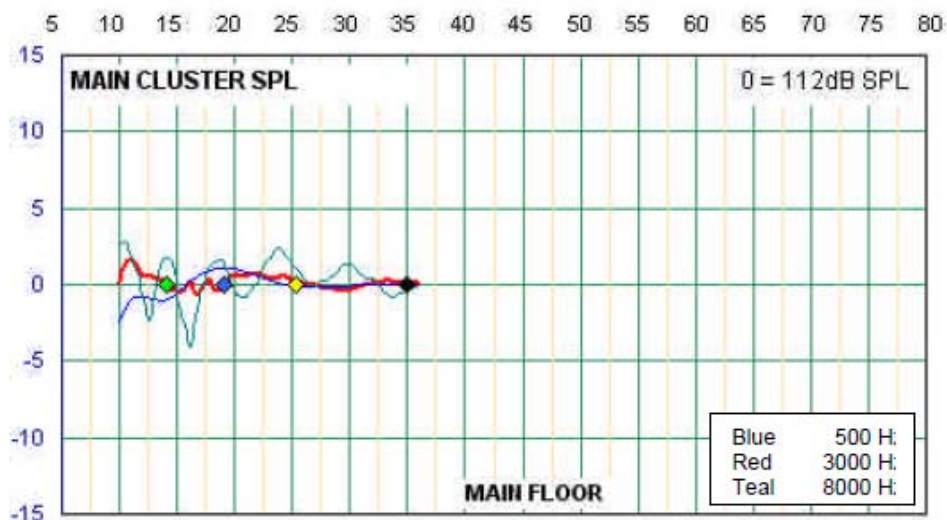


Рисунок 4. Выставочный центр. 12 XLC-DVX. Основная площадка. Исправленная конфигурация.

Отчетливо видно значительное улучшение.

3. Результаты расчета с высоким разрешением.

Многие более ранние инструменты моделирования построенные на Excel (LAPS I и др) имели низкое разрешение, что исключало возможность детальной проработки результатов. На рисунке 5 показаны результаты расчет в LAPS I для выставочного центра, упоминавшегося ранее. Сравните с результатами LAPS II, показанными на рисунке 2.

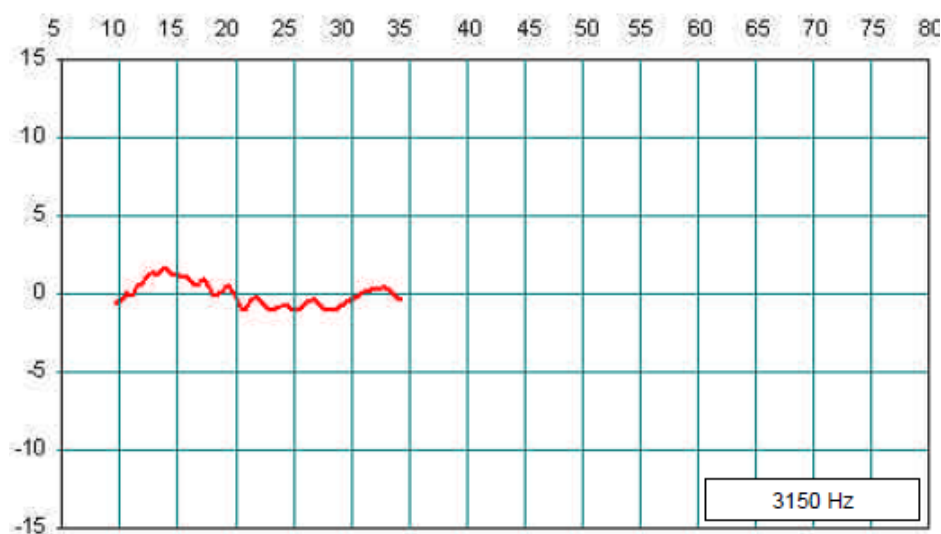


Рисунок 5. Результаты расчета в низком разрешении в LAPS I. Выставочный центр, 12 XLC-DVX. Основная площадка. Оригинальная конфигурация.

Хотя кривая в LAPS I имеет те же подъемы и спады, результат выглядит значительно сглаженным. В LAPS II показывается значительно более правдивая картинка (иногда неприятная).

4. Расчет настроек эквализации

4.1. Теория

Для обеспечения ровной АЧХ в позиции слушателя для изогнутого линейного массива требуется внести значительное изменение настроек эквализации. Это утверждение справедливо даже в том случае, если громкоговорители имеют идеально ровную АЧХ.

Причиной этому является то, что твитеры линейных массивов имеют значительно более узкую направленность, чем обычные динамики. Это сделано с той целью, чтобы выходы различных твитеров не пересекались друг с другом. Для этих целей используется EV Hydra® и другие формирующие волну устройства. Таким образом, когда вы слушаете линейный массив, вы слышите только один твитер (возможно несколько), но при этом вы слышите все динамики.

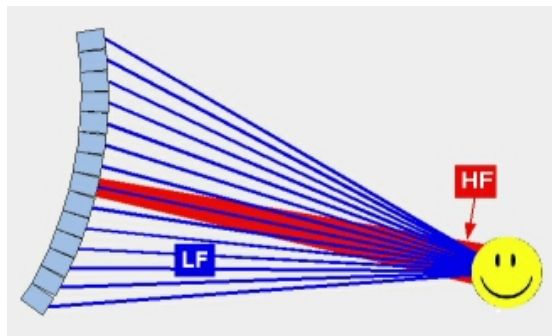


Рисунок 6. Слышно все динамики, но только несколько твитеров.

Чем дальше слушатель находится от массива, тем больше твитеров он слышит. Тем не менее, расстояние от уха слушателя до громкоговорителя в массиве меняется, особенно в изогнутом массиве (а они все изогнуты). Таким образом, звуку требуется больше времени, чтобы дойти до ваших ушей от элементов массива не направленных прямо на вас. Утверждение справедливо даже для больших расстояний. Это значит, что звук от удаленных громкоговорителей задерживается.

Для низких частот, этой задержкой можно пренебречь, т.к. длина пути очень мала по сравнению с длиной волны. Низкие частоты всех громкоговорителей суммируются вместе, т.к. фазовые отличия между волнами пренебрежительно малы. Для высоких частот, эта задержка существенна. Зачастую волны различной длины имеют различное время прибытия. Т.к. задержанные волны прибывают не в фазе, сложение ВЧ происходит не достаточно хорошо. Результатом является меньшая сумма высоких частот. Чем выше частота, тем меньше сумма. Это справедливо для всех линейных массивов, независимо от их размера, цены и производителя.

На рисунке 7 показана частотная характеристика теоретического линейного массива, в котором каждый громкоговоритель имеет идеально ровную АЧХ. Высота громкоговорителя в этом примере составляет 10,5 дюймов (приблизительно размер XLD-281), массив изогнут и подвешен в типовой конфигурации. Позиция слушателя (т.е. точка для которой измеряется АЧХ) расположена на центральной оси массива, на расстоянии 100 футов (30,5 метров).

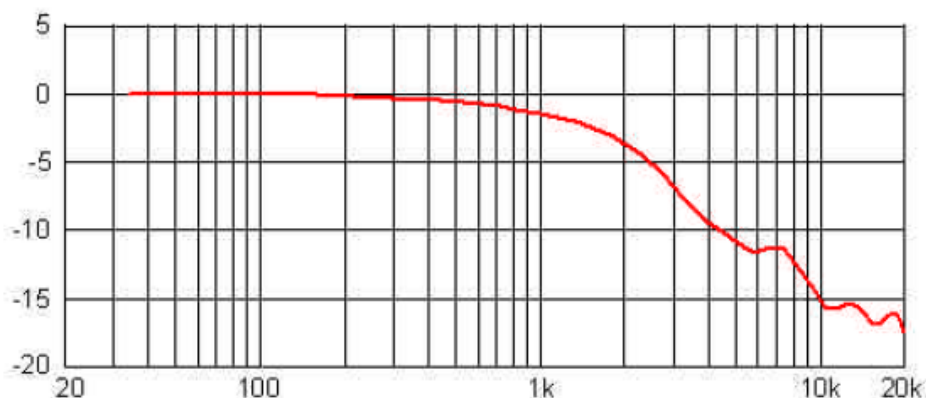


Рисунок 7. АЧХ изогнутого линейного массива.

Из графика видно, что для хорошего тонального баланса необходимо применить эквализацию. Для типичных линейных массивов, кривая эквализации начинается гладким подъемом по направлению от НЧ к ВЧ. На практике, подъем будет составлять от 6 дБ до 18 дБ, в зависимости от длины и изгиба массива.

Часть эквализации может быть осуществлена на самих громкоговорителях, т.к. громкоговорители линейных массивов часто имеют встроенные усилители ВЧ, но остальная часть должна быть произведена до кроссовера.

4.2. Расчет настроек эквализации в LAPS II

Для всех линейных массивов, настройки эквализации зависят от:

- Длины массива и его угла направленности
- Угла приращения каждого кабинета
- Шейдинга сигнала (т.е. уровня сигнала подаваемого на каждый кабинет)
- АЧХ отдельного кабинета

LAPS II осуществляет расчет настроек эквализации учитывая все эти факторы.

Кривая настроек эквалайзера LAPS не учитывает влияние самого помещения (реверберация, резонанс помещения, отражающие поверхности и т. д.). Тем не менее, это отличная стартовая точка для настройки массива под конкретное помещение. Опыт показывает, что использование кривой полученной в LAPS позволяет получить чисто звучащую систему, с меньшим количеством точек требующих узкополосной эквализации, и при минимальных настройках подходящую для широкого диапазона программного материала.

LAPS рассчитывает кривую эквализации каждый раз при осуществлении акустических расчетов. Эта кривая рассчитывается для особой точки, называемой Контрольной акустической точкой (КАТ). Положение КАТ задается на странице Venue. Обычно, КАТ располагается в точке, в которой расположен ФОН-микшер.

Кривая эквализации LAPS рассчитывается таким образом, чтобы обеспечить определенную целевую АЧХ в КАТ. Целевая АЧХ выбирается для обеспечения хорошего тонального баланса. До приблизительно 7 кГц (в зависимости от модели громкоговорителя) она имеет ровную форму, и затем плавно спадает.

Несмотря на то, что кривая эквализации рассчитывается для КАТ, она применима для всей площадки, т.к. конфигурация массива подбирается для обеспечения ровного покрытия по всей площадке.

На рисунке 8 показан график эквализации LAPS. Данная кривая рассчитана для линейного массива, состоящего из 10 XLC-DVX громкоговорителей и расположенного в типовом театре. КАТ расположена на расстоянии 100 футов (30,5 метров) от сцены, что является нормальной позицией микшера для подобного места.

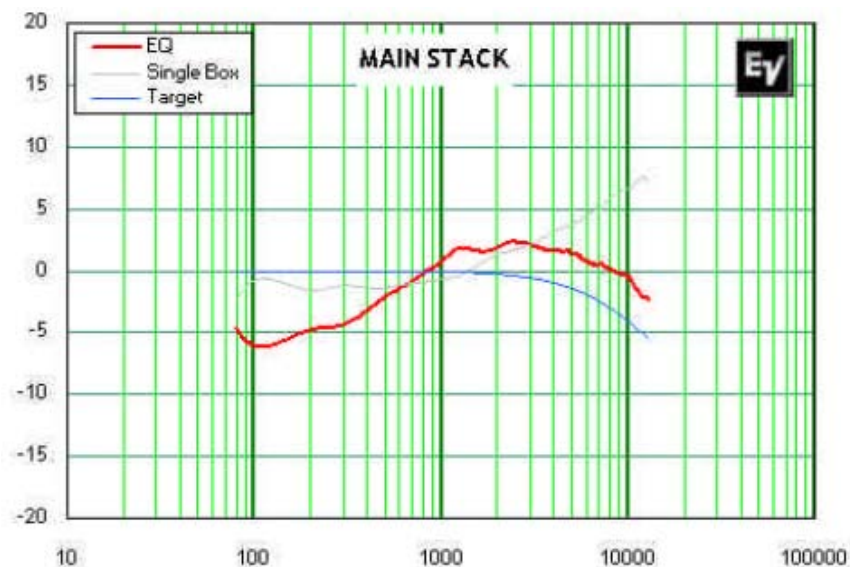


Рисунок 8. Типичная кривая эквализации LAPS (10 XLC-DVX в театре).

Красная линия – это рекомендуемая кривая эквализации. Светло-серая линия показывает АЧХ одного кабинета XLC-DVX, измеренная в лаборатории. Синяя линия показывает целевую АЧХ.

4.3. Практические советы. Создание кривой эквализации в LAPS.

Ввод кривой эквализации обычно требует три или четыре параметрических секции. В каждом случае кривые будут различными. Но в таблице мы показали стартовую точку, которую мы считаем полезной для всех случаев:

№	Тип	Частота	Уровень	Добротность	Заметка
1	НЧ-полочный, 6 дБ	600 Гц	-6	Не назначена	Спад НЧ
2	Параметрический	3 кГц	+3	0,5	Контур СЧ
3	Параметрический, или ВЧ-полочный, 12 дБ	7-12 кГц	Варьируется	Варьируется	Контур ВЧ
4	Параметрический	Варьируется	Варьируется	Варьируется	Опционально, для исправления маленьких изгибов

Таблица 1. Рекомендуемая стартовая точка.

5. Шейдинг сигнала

Здесь в компании EV, наш опыт работы с LAPS показал высокую важность применения шейдинга для линейных массивов. Под «шейдингом сигнала» мы понимаем настройку уровней сигналов подающихся на различные элементы массива, и в частности, снижение уровня сигнала подающегося на крайние верхние и нижние громкоговорители.

Многие пользователи линейных массива будут использовать шейдинг сигнала только для нижних элементов массива, для снижения избыточной громкости в нескольких первых рядах слушателей. В этом случае, шейдинг воспринимается как простая техника ближнего поля – «если кабинет слишком близко к месту слушателя, уменьшите его уровень». Тем не менее, шейдинг сигнала, это нечто большее, чем описанное выше.

5.1. Теория.

В физике и электронике, жесткие границы часто имеют побочные эффекты. Например, когда световой луч проходит через узкую щель, возникает феномен, известный как «однощелевая дифракция». Данный феномен

приводит к тому, что луч разбивается на несколько узко расходящихся лучей с небольшими различиями в силе относительно друг друга:

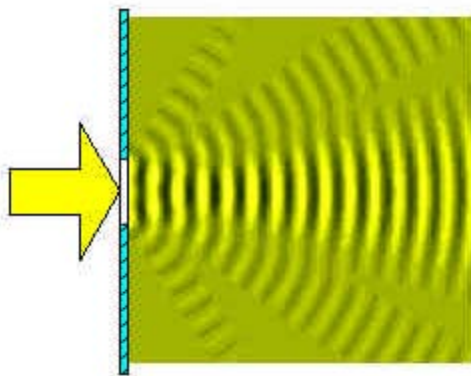


Рисунок 9. Однощелевая дифракция.

Однощелевая дифракция – это частный случай апертурного эффекта, и существует для всех типов волн, в том числе и звуковых. Параметры эффекта (количество лучей, сила каждого и т.д.) зависит от размеров щели и длины волны.

Линейный массив подобен щели показанной на рисунке 9: длинный, узкий, является источником волны и имеет эффект апертюры сходной природы. Этот эффект показывает неравномерности в диаграмме покрытия.

Физическая теория говорит, что чувствительность эффекта апертюры может быть снижена за счет пошагового снижения амплитуды волны к нулю к границам апертюры. Для линейных массивов, это значит снижение уровня сигнала верхних и нижних элементов массива. Это и есть шейдинг сигнала о котором мы говорим. Также он называется «сужением».

5.2. Пример 1.

На рисунках 10, 11 и 12 показан пример существующей инсталляции в большой церкви. Массив состоит из десяти кабинетов XLC-DVX. На рисунке 10 показана начальная АЧХ для основной площадки и балконов. Шейдинг не применяется. Горизонтальная шкала – 25 футов (7,62 метра) на деление.

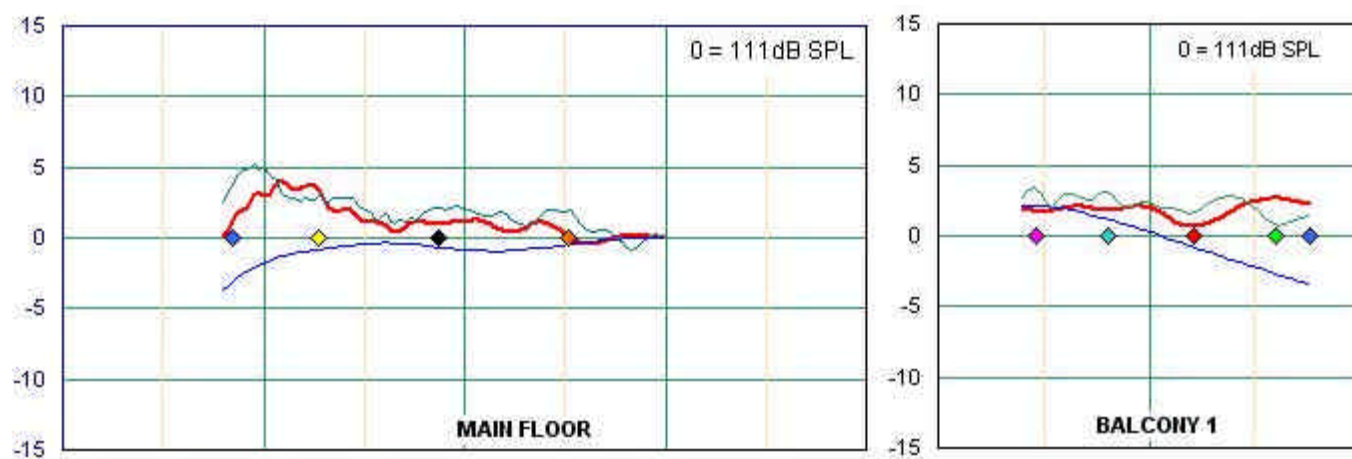


Рисунок 10. Церковь, 10XLC-DVX. Шейдинг не применяется.

По факту, данные кривые уже сами по себе достаточно хороши. Но посмотрите, что происходит при небольшом добавлении шейдинга. На рисунке 11 показана АЧХ того же массива. Уровень сигнала подающегося на кабинет 1 (верхний кабинет) ослаблен на 3 дБ, на кабинет 9 – ослаблен на 2 дБ, а подающийся на кабинет 10 ослаблен на 4 дБ.

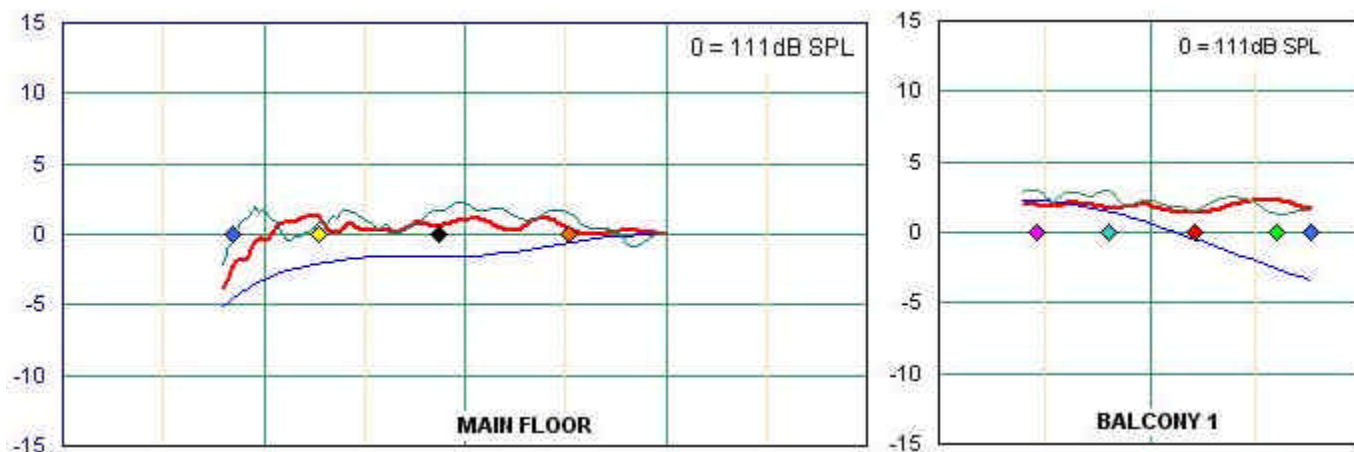


Рисунок 10. Церковь, 10XLC-DVX. Применяется шейдинг.

Как упоминалось ранее, на практике обычно ослабляют только нижние кабинеты, но не верхние. Что произойдет, если мы ослабим сигнал только нижних кабинетов? На рисунке 12 показана та же конфигурация что и на рисунке 11 с одним исключением – уровень сигнала верхнего кабинета установлен в 0 дБ, вместо – 3 дБ. Результат получился хороший, но не такой хороший как раньше.

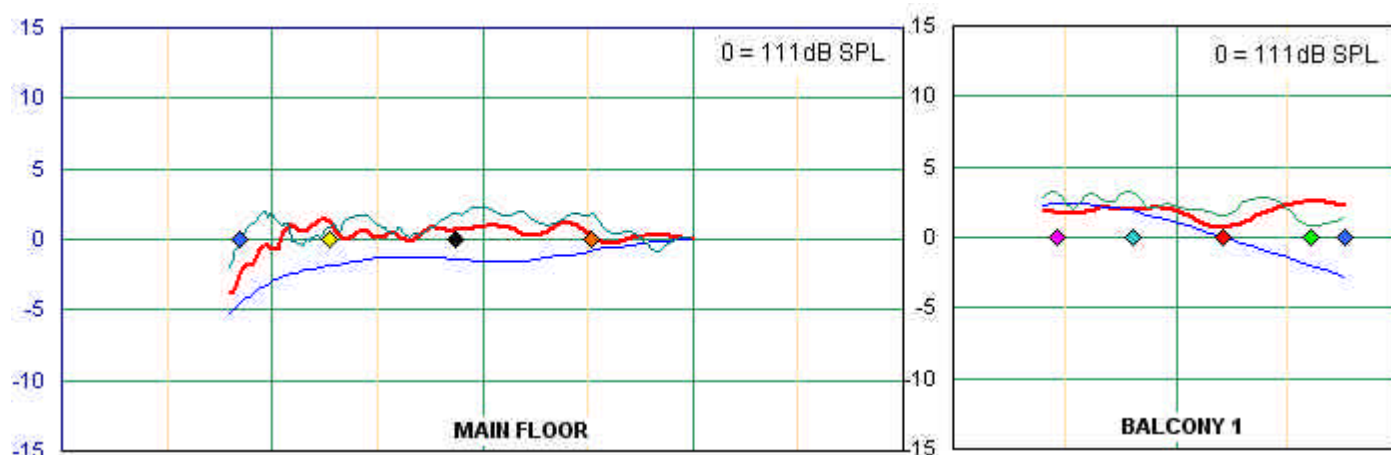


Рисунок 12. Церковь, 10XLC-DVX. Шейдинг применяется только к нижним кабинетам.

5.3. Пример 2.

Вот еще один пример, показывающий пример применения шейдинга для коротких линейных массивов. Показан массив, состоящий из шести XLE181, установленный на площадке с плоским полом глубиной 100 футов (30,5 метров, например, конференц-зал в отеле). Это сложный случай, т.к. массив очень короткий.

На рисунках 13,14 и 15 показаны преимущества применения шейдинга сигнала. Горизонтальная шкала: 12,5 футов на деление. Максимальное значение по горизонтали - 100 футов.

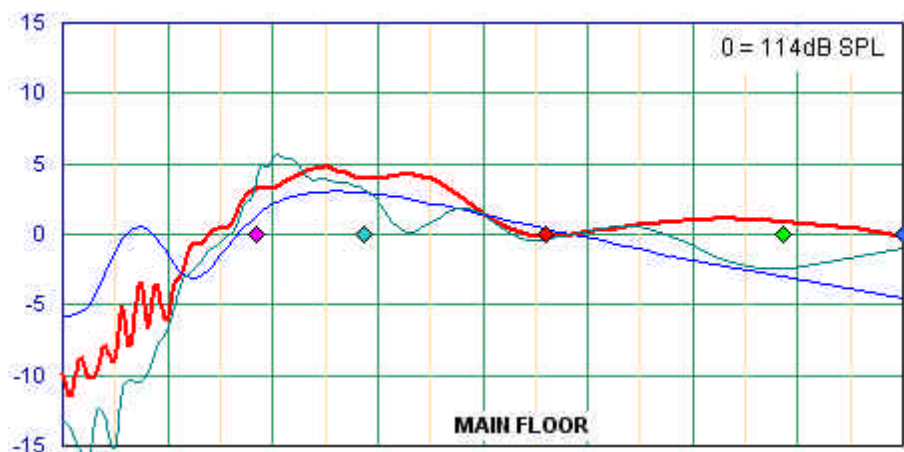


Рисунок 13. Место с плоским полом. 6 XLE. Шейдинг не применяется.

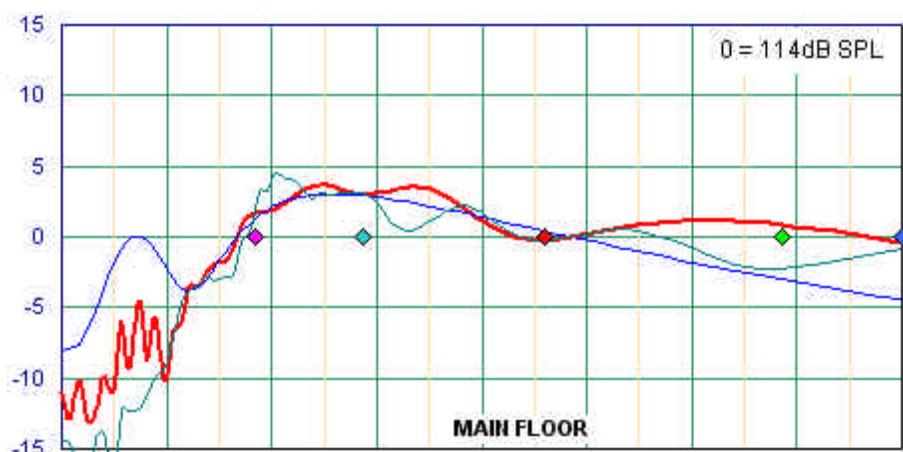


Рисунок 14. Место с плоским полом. 6 XLE. Применяется шейдинг: - 2дБ для нижнего кабинета.

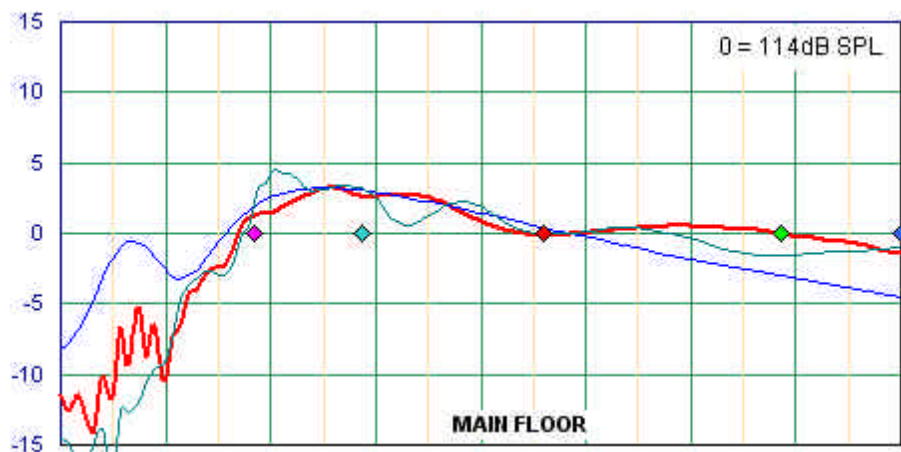


Рисунок 15. Место с плоским полом. 6 XLE. Применяется шейдинг: - 2дБ для нижнего кабинета.

5.4. Практический совет

У нас, в компании EV, мы обнаружили, что для достижения хорошего контроля над ближним полем часто наилучшим образом шейдинг сигнала работает при небольшом сужении верхних элементов, и более аккуратном и последовательном сужении нижних.

Одним из сюрпризов данного подхода является то, что при достаточном количестве кабинетов, сужение верхних кабинетов не значительно уменьшает уровень звукового давления на балконе.

Шейдинг всегда дает наилучшие результаты, если существует возможность настроить уровни сигнала каждого кабинета отдельно. Тем не менее, в большинстве ситуаций достаточного количества доступных каналов усилителей не будет. В таких случаях, необходимо осуществить коммутацию акустического кабеля таким образом, чтобы верхние и нижние кабинеты были подключены параллельно.

С LAPS II поставляются примеры, содержащие несколько сценариев шейдинга, которые были оптимизированы для наиболее рентабельного использования каналов усиления.

5.5. Шейдинг сигнала и шейдинг эквализации

В больших массивах со сложной системой усиления, некоторые проектировщики используют «шейдинг эквализации», т.е. применяют различные настройки эквализации для различных секций массива. LAPS II не осуществляет расчет таких настроек. Но наш опыт показал, что шейдинг эквализации полезно применять при решении задач с большой рабочей дистанцией, где он позволяет устранить эффект поглощения воздухом высоких частот. Для этих целей, для увеличения ВЧ-отдачи верхних элементов массива (тех, что должны «прострелить» через всю рабочую дистанцию) часто используются полочные фильтры.

Шейдинг эквализации может быть полезен и для нижних элементов, где он используется улучшения тонального баланса нескольких первых рядов слушателя, куда попадает смесь звуков от разных источников: основного массива, фронтфилов и прямо со сцены.

5.6. Шейдинг задержкой.

Шейдинг задержкой (т.е. использование различных значений задержки для различных элементов линейного массива) никогда не бывает полезным для широкополосных громкоговорителей линейного массива. Такие массивы не достаточно разделены друг от друга, чтобы позволить осуществлять выравнивание ВЧ-волн. Любая попытка применить к ним задержку приведет к пагубным результатам.

Шейдинг задержкой можно применять к сабвуферам, для управления излучением басов. Всестороннее обсуждение массивов сабвуферов описано в документе «Массивы сабвуферов».

6. Заключение

Функции LAPS II позволяют улучшить звучание линейных массивов без увеличения затрат. Проектировщики должны потратить немного времени для наработки своих собственных успешных подходов. Сначала многочастотный расчет покрытия может показаться более затратным по времени, т.к. он устраняет многие конфигурации массива, которые ранее выглядели хорошо. Тем не менее, результаты стоят потраченных усилий.