

Реальное покрытие

Как обеспечить нормальное покрытие, или истинная ширина диаграммы направленности громкоговорителя

Часть 2

Рик Кэмлет

При проектировании звуковой системы необходимо учитывать уровень звукового давления (SPL), который система должна обеспечивать в течение длительного времени. Надо быть уверенным, что система не окажется перегружена, поскольку это в свою очередь приведет к плохому качеству звучания.

В то время как программы акустического моделирования помогают предсказать качество звучания в конкретном помещении, проектировщик должен определить основное назначение этой системы.

Мир музыки для бизнеса претерпевает значительные изменения. Слушатели становятся более искушенными и требовательными к качеству музыки. Заказчик сейчас больше, чем когда-либо, начинает сознавать, что высокое качество звука является неотъемлемой частью благоприятного впечатления, которое он хочет произвести на посетителя своего заведения.

Что касается понимания того, как создать музыкальную систему для бизнеса высокого класса, то в первой части статьи мы определили некоторые вопросы, которые разработчик должен задать заказчику до начала проектирования. Мы обсудили требования к усилителям мощности и регуляторам громкости, углубились в область характеристик ДН потолочных громкоговорителей, отметив при этом, что характеристика полярной ДН не может непосредственно использоваться при составлении схемы размещения потолочных громкоговорителей и что необходимо учитывать реальную ширину ДН, спроецированную на плоскость прослушивания. Остановились на том, что громкоговоритель должен обеспечивать равномерное покрытие плоскости прослушивания, что использовать громкоговорители, у которых ширина ДН меняется с частотой, нежелательно.

Дальнейшее обсуждение мы начнем с уровня звука и с того, как определить реальный SPL системы, как избежать распространенной ошибки в вычислениях при использовании 70-вольтных громкоговорителей, как учесть компрессию мощности, а также изложим некоторые соображения технического характера. В будущих статьях рассмотрим размещение громкоговорителей и коснемся современной тенденции к использованию субвуферов в системах для бизнеса. Итак, вперед, к обеспечению реального покрытия!

Примечание. Начало см. «Install Pro», 2001, № 4(12)

С чем не надо путать SPL

Не путайте SPL с точностью воспроизведения. Вам наверняка приходилось бывать в одном из множества заведений, владельцы которых, похоже, считают, что для того, чтобы отвечать современным требованиям к повышенному качеству звучания музыки, достаточно лишь установить более громкую звуковую систему. В таких местах все ваши мысли теряются в шумовой завесе либо звучание громкоговорителей становится просто ужасным из-за перегрузки. SPL не может восполнить недостаточную точность воспроизведения. Тем не менее необходимо учитывать допустимый SPL, который система способна обеспечивать в течение длительного времени, чтобы гарантировать отсутствие перегрузки, приводящей к неудовлетворительному звучанию.

Уровень звукового давления

Максимальный уровень звукового давления. Согласно простейшей теории на уровень звукового давления, создаваемый громкоговорителем, влияют три фактора: допустимая входная мощность громкоговорителя (для стандартного сигнала типа розовый шум); чувствительность громкоговорителя (звуковой уровень, создаваемый сигналом мощностью 1 Вт); расстояние между плоскостью прослушивания и громкоговорителями.

Допустимая входная мощность и чувствительность обычно указываются в характеристиках громкоговорителя. Считаем, что расстояние до громкоговорителей равно высоте потолка за вычетом высоты плоскости прослушивания (иногда называемой высотой уха). Обычно предполагают, что в среднем высота уха для сидящих слушателей составляет около 1 м над уровнем пола, а для тех, кто стоит, – 1,5 м. При каждом увеличении расстояния в два раза, начиная с 1 м, необходимо вычесть 6 дБ.

Формула, по которой вычисляется максимальный уровень звукового давления для розового шума:

$$M = S + 10lgP - 20lgD,$$

где S – чувствительность; P – допустимая входная мощность для розового шума; D – расстояние в метрах.

Однако для музыкального или речевого сигнала итоговое значение SPL, создаваемого системой, даже на стандартном расстоянии в 1 м будет другим. Дело в том, что розовый шум отличается от музыки и речи. Чтобы получить реальный максимальный уровень давления для музыки или речи, необходимо вычесть, по крайней мере, 4 дБ из значения для розового шума.

Откуда берутся эти 4 дБ? Для розового шума отношение пикового значения к среднему составляет 6 дБ. Другими словами, средний уровень сигнала лишь на 6 дБ ниже пикового. С другой стороны, для музыки или речи отношение пикового значения к среднему равно примерно 10 дБ (если не выше). Если оставить пиковое значение на том же самом уровне, как при тестировании розовым шумом, то средний уровень для музыки или речи будет на 10 дБ ниже (или на 4 дБ ниже среднего уровня для розового шума). Возьмите значение для розового шума, уменьшите его, по крайней мере, на 4 дБ и вы получите максимальный уровень для музыки или речи. Есть!

Обратите внимание на то, что мы взяли поправочный коэффициент в 4 дБ, исходя из того, что отношение пикового значения к среднему равно 10 дБ. Я считаю, что разница в 4 дБ – это максимум того, что может быть для обычной музыки или речи. Вы можете сделать даже большую поправку – на 6 или 10 дБ, что соответствует отношению пикового значения к среднему 12 или 16 дБ.

Вводим поправку в нашу формулу, при этом максимальный уровень звукового давления для музыки или речи, создаваемый одиночным громкоговорителем, составит:

$$M = S + 10lgP - 20lgD - 4,$$

где S – чувствительность; P – допустимая входная мощность для розового шума; D – расстояние в метрах.

Уровень звукового давления для нескольких громкоговорителей и для одиночного громкоговорителя. Необходимо учитывать еще один нюанс, что SPL в системе из нескольких громкоговорителей выше, чем у одиночного громкоговорителя, в зависимости от схемы их расположения и разнесения.

Уровень звукового давления 70/100-вольтовых громкоговорителей и громкоговорителей с низким сопротивлением. У 70/100-вольтовых громкоговорителей максимальный уровень звукового давления на выходе ниже, чем у громкоговорителей с низким сопротивлением (4, 8 или 16 Ом). Происходит это потому, что, во-первых, у 70/100-вольтовых громкоговорителей обычно более низкие допустимые уровни мощности, чем у низкоомных, во-вторых, всегда существуют некоторые вносимые потери от трансформатора громкоговорителя.

Возможно, наиболее важным, хотя и часто упускаемым из виду фактором, является то, что в выходном усилителе при 100 В начинается клиппирование (в случае синусоидального сигнала). 100 В (или 70 В в США) – это максимум, чего может достичь звуковой сигнал прежде, чем начнется клиппирование. Средний уровень музыки или речи будет, по крайней мере, на 10 дБ ниже этого значения. Таким образом, если трансформатор громкоговорителя установлен в положение «15 Вт», в действительности вы получите от этого громкоговорителя в среднем лишь 1,5 Вт, при этом пики будут клиппироваться!

Если вы вычисляете уровень звукового давления, исходя из предположения о том, что на вход громкоговорителя подается 70 или 100 В, то ваша оценка будет на 10 дБ выше, чем реальный уровень на выходе гром-

коговорителя для среднего уровня музыки или речи.

Компрессия мощности. При высоких уровнях в громкоговорителях происходит компрессия звука. Повышается температура звуковой катушки, возрастает ее сопротивление, и при том же самом напряжении сигнала звуковая мощность будет меньше. Это называется «компрессией мощности». Мы не приводим никаких формул для расчета компрессии мощности, так как громкоговорители значительно различаются по этому показателю, а также потому, что степень компрессии сильно зависит от таких характеристик, как отношение пикового значения сигнала к среднему. На компрессию мощности влияет и то, насколько уровень громкоговорителя ниже максимально допустимого. Обычно у качественных громкоговорителей компрессия мощности для музыки или речи составляет 2–3 дБ (например, для громкоговорителей с катушкой большого диаметра). В недорогих громкоговорителях компрессия равна 5 или 6 дБ (особенно при малом диаметре звуковой катушки и/или низкой номинальной мощности).

Теперь, когда сказано о необходимости представлять себе реальное покрытие громкоговорителя и о том, как определить, насколько громко может звучать система, мы можем использовать эту информацию при составлении схемы размещения громкоговорителей.

SPL в системах различного назначения

В то время как программное обеспечение JBL «Проектирование распределенных систем», программы акустического проектирования (типа EASE) или компьютерные программы других производителей помогают предсказать, как будет звучать система в конкретном помещении, проектировщик должен определить основное назначение системы. Приведенные данные среднего уровня звукового давления системы относительно уровня фона помогут выбрать SPL системы в зависимости от ее назначения:

- +5 дБ – только фоновая музыка;
- +10 дБ – хорошая разборчивость речи и качество музыки;
- +15 – +20 дБ – максимальная разборчивость и самый высокий динамический диапазон.

Для систем, требующих хорошей разборчивости при оповещении, существуют некоторые общие рекомендации, которые необходимо использовать в качестве отправной точки при разработке. Уровни, которые мы здесь рассматриваем, соответствуют максимальному уровню для музыки и речи (который, по крайней мере, на 4 дБ меньше, чем максимально допустимый SPL для розового шума).

Необходимо учитывать такие факторы, как фоновый шум, расстояние между громкоговорителем и слушателем, перекрытие зон озвучения громкоговорителей, тип программного материала и ожидаемая слушателем точность воспроизведения.

Выбор уровня звукового давления относительно фона. При инсталляции дешевой системы фоновой музыки требуется, чтобы средний уровень музыки был хотя бы на 5 дБ выше уровня фона. Для обеспечения хорошей разборчивости в системе оповещения уровень

должен быть на 10 дБ выше фонового шума. Уровни от 15 до 20 дБ над уровнем фона обеспечивают превосходную разборчивость.

Нахождение уровня фона. Если вы делаете установку в уже действующем заведении, используйте инерционный измеритель SPL, чтобы измерить шум, взвешенный по кривой А в плоскости прослушивания. Производите измерения в самое шумное время. Убедитесь, что в период испытаний будет включена система вентиляции и кондиционирования. Если предполагается установка в новом месте, попробуйте измерить уровень фона в аналогичном заведении.

Эквализация потолочных громкоговорителей

Настройка эквалайзера для потолочных громкоговорителей может быть совсем иной, нежели для громкоговорителей в концертной звуковой системе. Неправильные измерения приведут к тому, что система будет звучать не очень хорошо. Согласитесь, обидно спроектировать и установить большую систему, а затем из-за неправильной настройки получить звучание, как у любительской системы.

Примером неправильной методики измерения является установка измерительного микрофона в область перекрытия – между смежными громкоговорителями, вследствие чего результаты могут оказаться неверными. В этом пространстве шириной даже около 6 мм микрофоны начинают суммировать и компенсировать сигналы на различных частотах, чего не наблюдается в остальной части плоскости прослушивания.

Кроме того, многие установщики пытались скорректировать АЧХ системы при наличии отражений от пола, что иногда приводило к значительному повышению или ослаблению уровней в смежных диапазонах эквалайзера. Вы не можете осуществить измерения при наличии отражений от пола (или любых других отражений). Но есть несколько соображений относительно того, как сделать качественные измерения.

Размещение микрофона в пределах ширины ДН громкоговорителя. Разместите микрофон или на оси, или под углом до 20° от оси. Пробуйте остаться в пределах ширины ДН одиночного громкоговорителя. При эквализации в осевом направлении вы выравниваете прямой звук на средних и высоких частотах, тогда как на низких вы еще должны учитывать низкочастотное суммирование сигналов смежных громкоговорителей.

Высота микрофона. Несмотря на то что лучше всего разместить микрофон на высоте плоскости прослушивания, характерной для данного применения, результаты измерений могут быть искажены отражениями от пола, которые могут искусственно добавляться либо вычитаться на различных частотах, как показано на вашем испытательном оборудовании. Например, измерение, проведенное на высоте 1,2 м, может показывать провалы на нечетных частотах, кратных 80 Гц (240, 400, 560, 720, 880 Гц и т.д.), и пики на четных (160, 320, 480, 640 Гц и т.д.). В зависимости от разрешающей способности и полосы пропускания вашего измерительного устройства, отражения могут проявляться в виде подъе-

Как обеспечить разборчивость речи

Выберите соответствующий громкоговоритель. Удостоверьтесь, что выбранный вами громкоговоритель имеет допустимую входную мощность и чувствительность, которые достаточны для обеспечения требуемого уровня звука. Громкоговоритель для хорошей системы оповещения должен быть рассчитан на средний уровень не ниже +10 дБ над уровнем фона.

Обеспечьте нормальное воспроизведение средних и высоких частот. ДН громкоговорителя должна соответствовать вашему приложению. Для обеспечения разборчивости речи выберите громкоговоритель, который имеет максимально плоскую характеристику в диапазоне 1 – 6 кГц.

Подводите к громкоговорителю соответствующую мощность. Убедитесь, что на громкоговоритель подается достаточная мощность с усилителя, чтобы обеспечить требуемый уровень звука. Недостаточно иметь громкоговоритель с приемлемой нагрузочной способностью, если вы не подаете на него необходимую мощность с усилителя. Если усилитель окажется перегружен, возникнут значительные искажения, что приведет к ухудшению разборчивости и неприемлемому качеству звучания. Это особенно сильно сказывается на высокочастотных составляющих громкоговорителя и даже может вызывать его повреждение.

мов и спадов характеристики в диапазоне измерения. Эти отражения не корректируются, и попытка выровнять их может привести к очень плохому звучанию системы. Лучше постараться устранить влияние отражений от пола на результаты ваших измерений. Как это можно сделать?

Устранение влияния отражений от пола путем выбора соответствующего положения микрофона. Чтобы устранить влияние отражения от пола на ваши измерения, используйте микрофон в режиме микрофона граничного слоя, располагая его на жесткой поверхности на земле или на большом куске фанеры на высоте уха. При таких измерениях микрофон кладут на бок. Если вы используете фанеру, поместите микрофон слегка вбок от ее центра, чтобы свести к минимуму влияние эффекта симметричной дифракции от краев листа фанеры. Достаточно будет разместить микрофон на расстоянии приблизительно 10 – 15 см от центра в сторону одного из углов.

Чтобы максимально увеличить точность измерений на высоких частотах, убедитесь, что диафрагма микрофона расположена как можно ближе к поверхности фанеры (или пола). Если форма корпуса микрофона такова, что диафрагма находится не на поверхности, то полезно наклонить микрофон так, чтобы его диафрагма оказалась в пределах 6 мм от поверхности фанеры (или пола), но не касалась ее.

На вас могут посмотреть с недоумением, когда вы положите свой микрофон на пол, однако это хороший способ получить точные результаты измерения. В любом случае, лучше уж пусть над вами смеются на стадии проведения измерений, чем когда система готова и неправильно работает.

Тип микрофона. По возможности используйте микрофон измерительного класса. Для получения наиболее точных результатов измерений в режиме микрофона граничного слоя лучше всего подойдет малогабаритный микрофон с маленькой диафрагмой, так как это позволяет максимально приблизить диафрагму к поверхности фанеры (или пола) и устранить любую интерференцию между прямыми волнами и отраженными от фанеры. Точность полученной вами характеристики напрямую зависит от точности вашего измерительного микрофона. Поэтому пользуйтесь точным измерительным микрофоном высшего класса.

Эквалаизация

Лучше всего придерживаться стратегии уменьшения уровня полос эквалайзера, а не увеличения. Пики в частотной характеристике могут очень надоедать, и их лучше сгладить. Спады в частотной характеристике, как правило, не так слышимы. Поскольку спады часто вызваны зависимыми от времени факторами, они обычно не поддаются эквалаизации. Так что лучше не тратить на это время. Как было сказано ранее, графический эквалайзер, у которого мало диапазонов, не стоит использовать для коррекции АЧХ системы. Чтобы удалить пики, придется вырезать слишком много полезного содержимого.

Обратите внимание, что в процессе эквалаизации следует избегать больших увеличений и уменьшений уровней в смежных полосах. Корректируйте плавно и нежно.

Параметрические эквалайзеры часто больше подходят, чем графические, потому что вы можете действительно точно определить требуемую частоту и сузить полосу фильтра ровно настолько, насколько необходимо, чтобы не удалять слишком много полезного содержимого. К сожалению, лишь немногие контроллеры для бизнес-музыки выпускаются с параметрическими эквалайзерами, хотя сейчас используется все большее количество цифровых систем управления, и многие из них обладают возможностью параметрической эквалаизации.

Не пытайтесь корректировать отражения, так как они меняются в зависимости от положения микрофона в помещении. Если вы не уверены в том, как реально обстоят дела с отражениями, последовательно поместите микрофон в несколько мест. Также полезно усреднить данные, полученные в разных местах.

Я люблю устанавливать эквалайзер таким образом, чтобы характеристика плавно спадала на высоких частотах. При спаде порядка 3 дБ на октаву, начинающемся с 2 кГц (на 4 кГц будет -3 дБ), звучание часто оказывается лучше, чем при плоской характеристике.

Что касается басов, то вам, вероятно, придется поэкспериментировать с характеристикой, чтобы добиться наилучшего звучания для вашего случая. Возможно, понадобится установить для низких частот (ниже 100 Гц) уровень на целых 10 дБ выше, чем для средних и высоких, чтобы сбалансировать звук. Будьте внимательны, чтобы не увеличить басы больше, чем того допускает громкоговоритель. Компактные громкоговорители не рассчитаны на большую мощность ниже часто-

ты настройки, так что вам надо выяснить у изготовителя, какова частота настройки громкоговорителя. Убедитесь, что на громкоговоритель не подаются частоты намного ниже тех, на которые он рассчитан.

До какого уровня нужно поднять басы определяет тем, насколько громко должна звучать система. К сожалению, уровень музыки сам по себе увеличивает, то уменьшается, так что при некоторых уровнях баланс будет плохим. Если у вас нет динамической системы, которая автоматически подстраивается под уровень (типа функции Autowarmth в модели JBL Soundzone), вероятно, придется пойти на компромисс и установить громкость басов где-то между самым высоким и самым низким уровнем громкости музыки.

Подведение итогов

Теперь вам известны основные этапы создания высококачественной музыкальной системы для бизнеса. Позвольте мне подвести некоторые итоги.

- Расположение системы должно основываться на реальном покрытии в соответствии с проекцией на плоскость прослушивания. Не берите за основу ДН в полярных координатах, указанную в технических характеристиках.
- Постарайтесь разубедить заказчика в том, что хороший звук – это громкий звук. Проектируйте систему так, чтобы реальный допустимый уровень звукового давления отвечал требованиям, звук не искажался и не становился резким.
- Не думайте, что рассчитанный для розового шума уровень звукового давления будет соответствовать для музыки или речи.
- Не допустите распространенной ошибки, полагая, что от 70/100-вольтовой системы вы реально получите SPL, который рассчитали для 70/100 В. Определяйте необходимую вам плотность размещения громкоговорителей в соответствии с назначением системы.
- После инсталляции убедитесь, что АЧХ системы скорректирована при правильно установленном микрофоне и что вы не допустили распространенных ошибок, возникающих в процессе эквалаизации, о которых упоминалось выше.

В будущем мы остановимся подробнее на схеме размещения громкоговорителей и их разнесении, а также на том, как это влияет на покрытие плоскости прослушивания и допустимый SPL системы. Мы расскажем о новой тенденции к использованию субвуферов в музыкальных системах для бизнеса, о преимуществах и недостатках кроссоверных топологий, уровнях звукового давления для систем различного назначения и некоторых других проблемах.

Рик Кэмлет является старшим директором по инсталляции звука в JBL Professional. Он благодарит тех, кто помог ему при разработке концепции и/или при проведении исследования, о котором упоминается в этой серии статей, включая Джона Ёргла, Джо Этрика и Курта Граффи.

Благодарим журнал «Sound&Video Contractor» за предоставленный материал.
«Sound&Video Contractor»
P.O. Box 12901, Overland Park, KS 66282-2901;
www.svconline.com