

Компания dbx дополнила модельный ряд системы DriveRack новым устройством – модулем DriveRack PA. Функционально он представляет собой мультисканальный (два входа/шесть выходов) процессор с полным набором алгоритмов обработки звукового сигнала, таких как эквалазация, кроссоверизация, психоакустика, динамическая обработка, временная задержка и спектральный анализ материала. Прибор практически идентичен модулям DriveRack 400, однако при стоимости в 3,5 раза меньше обеспечивает принципиально новые возможности. О преимуществах нового алгоритма автоматического подавления обратной связи рассказывает Аарон Хэммонд (Aaron Hammond), инженер-разработчик компании dbx.



Усовершенствованный алгоритм подавления обратной связи AFS™ компании dbx

Перевод А. Степанова

Возникновение обратной связи – бич практически всех систем звукоусиления. «Завязки» могут превратить прекрасный концерт в настоящее мучение и для исполнителей, и для публики, и для звукооператоров. До недавнего времени с ними мало что можно было поделать, не считая рудиментарных попыток эквалазации. Эффективно подавлять обратную связь научились лишь с появлением цифровой обработки звука (DSP). К несчастью, большинство ранних цифровых устройств не сохраняли акустической целостности звукового сигнала, так как для подавления обратной связи в них использовались широкополосные режекторные фильтры.

Для решения этой проблемы наша компания разработала алгоритм AFS, основанный на точном детектировании частоты (Precision Frequency Detection) и адаптивном изменении полосы фильтра, что позволяет свети число используемых сверхузкополосных режекторных фильтров к минимуму. В результате у профессионалов появилась возможность подавлять обратную связь, не ухудшая качество аудиосигнала.

Как возникает акустическая обратная связь

Акустическая обратная связь в системе звукоусиления возникает, когда сигнал громкоговорителя улавливается микрофоном и усиливается, создавая петлю обратной связи. В результате в системе возникает «визг» или «вой». На рис. 1 показана типичная система, состоящая из микрофона, микшерного пульта, усилителя и громкоговорителя.

Чувствительность петли складывается из чувствительности микшерного пульта (G_{mix}) и усилителя (G_{amp}), а также потерь в системе (L_{sys}) (рис. 2).

Значение L_{sys} складывается из потерь на пути от микрофона до микшерного пульта, от громкоговорителя до микрофона и других потерь в петле обратной связи. Таким образом, чувствительность петли системы $Loop Gain$ математически выглядит так:

$$Loop Gain = G_{mix} * G_{amp} * L_{sys} .$$

Это равенство можно представить в децибелах:

$$Loop Gain_{dB} = G_{mix_{dB}} + G_{amp_{dB}} + L_{sys_{dB}} .$$

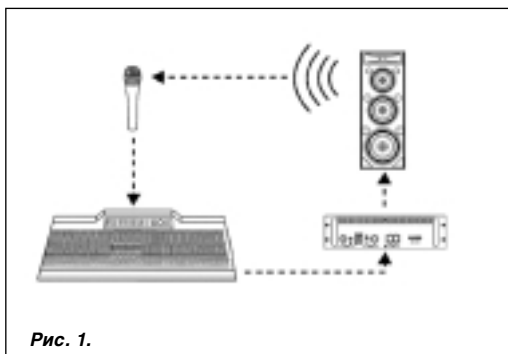


Рис. 1.

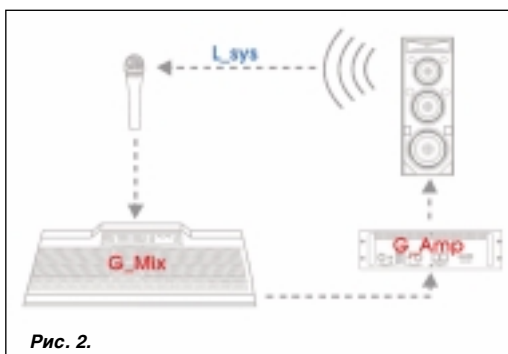


Рис. 2.

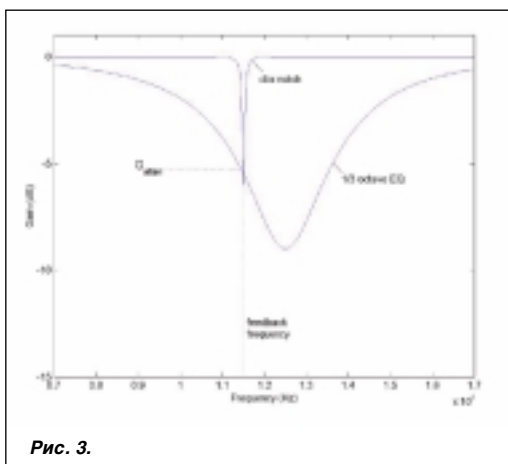


Рис. 3.

Для возникновения обратной связи чувствительность петли должна быть выше единичного усиления (или больше 0 дБ) и находиться в фазе с той или иной частотой. Для ее устранения чувствительность петли на частоте обратной связи должна быть снижена до единичного усиления. Это дает нам

$$\text{Loop Gain}_{dB} = G_{mix}_{dB} + G_{amp}_{dB} + L_{sys}_{dB} + G_{atten} < 0_{dB}$$

где G_{atten} – величина ослабления, необходимая для снижения чувствительности петли обратной связи на данной частоте ниже 0 дБ.

Алгоритм

Advanced Feedback Suppression (AFS™)

Алгоритм усовершенствованного подавления обратной связи (AFS) компании dbx устраняет обратную связь, помещая на частоте ее возникновения сверхуз-

кополосный режекторный фильтр. Когда чувствительность петли на данной частоте падает ниже единичного коэффициента усиления, обратная связь исчезает. Благодаря использованию алгоритма точного детектирования частоты (Precision Frequency Detection), также запатентованного нашей компанией, стало возможным свести к минимуму число сверхузкополосных режекторных фильтров ($Q=116$, ширина полосы – $1/80$ октавы)*. Использование таких фильтров сохраняет акустическое качество системы.

Исторически (до появления методов автоматического устранения обратной связи) с обратной связью боролись вручную при помощи параметрического или графического 1/3-октавного эквалайзера. При возникновении «завязки» звукооператор определял ее частоту и уменьшал чувствительность на этой частоте. При этом без всякой на то нужды удалялись и полезные составляющие сигнала. В алгоритме усовершенствованного подавления обратной связи (AFS) для снижения чувствительности на частоте обратной связи используются сверхузкополосные режекторные фильтры. На рис. 3 графический 1/3-октавный эквалайзер сравнивается с режекторными фильтрами алгоритма AFS. Значение G_{atten} представляет величину подавления, необходимую для устранения обратной связи. Легко увидеть недостатки графического эквалайзера.

Алгоритм

точного детектирования частоты (Precision Frequency Detection™)

Режекторные фильтры применяются во всех автоматических подавителях обратной связи, но их размещение в цифровом тракте и ширина полосы радикально различаются.

Общий недостаток традиционных приборов состоит в том, что фильтры вырезают большие участки звукового спектра, а это неизбежно приводит к ухудшению звуковых качеств системы. Хотя многие производители уверяют, что их узкополосные режекторные фильтры не

* Ширину полосы фильтра можно выразить в добротности (Q) или в октавах. Добротность вычисляется делением центральной частоты на ширину полосы фильтра. Для режекторных фильтров dbx ширина полосы измеряется в точке -3 дБ (относительно 0 дБ). Это означает, что независимо от глубины подавления режекторного фильтра, отсчет ведется от -3 дБ. Это важно, так как многие производители, декларирующие очень узкую полосу режекторных фильтров, измеряют ширину их полосы на 3 дБ выше точки максимального подавления. Иными словами, для режкции -18 дБ ширина полосы измеряется на -15 дБ, что приводит к значительно более широкополосному фильтру (что будет графически проиллюстрировано в следующем разделе). Другой способ измерить ширину фильтра – октавы. Это означает, что указанное число (например, 1/10 октавы) представляет собой ширину полосы фильтра, варьирующееся в зависимости от центральной частоты.

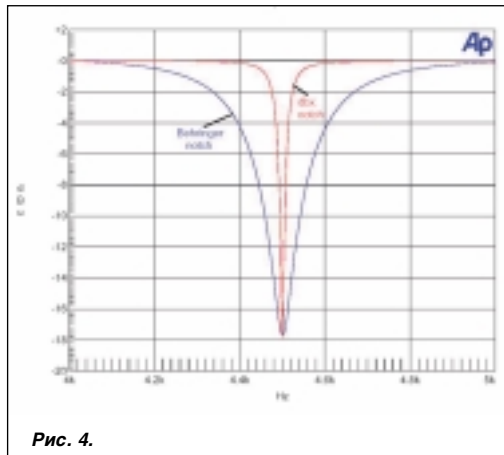


Рис. 4.

нарушают характеристик сигнала, в реальности ограничения, свойственные их алгоритмам, заставляли пользователей расширять ширину полосы фильтра. Некоторые фирмы заявляют о режекторных фильтрах в 1/60 октавы ($Q = 87$), но они умалчивают о том, что чем сильнее подавление, тем шире становится полоса (см. руководство по эксплуатации Behringer Feedback Destroyer). На рис. 4 режекторный фильтр Behringer 1/60 октавы сравнивается с режекторным фильтром компании dbx 1/80 октавы при подавлении -18 дБ.

Благодаря использованию алгоритма Precision Frequency Detection стало возможным точно определить частоту обратной связи и поместить на этой частоте режекторный фильтр с чрезвычайно узкой полосой. Применение сверхзаклополосных режекторных фильтров сводит к минимуму их нежелательное влияние на акустическое качество системы. На рис. 5 показан сверхзаклополосный режекторный фильтр dbx, расположенный на частоте обратной связи f_1 . Значение G_{atten} представляет собой уровень подавления фильтра, необходимый для устранения обратной связи. Большинство устройств для борьбы с акустической «завязкой» при обнаружении обратной связи способны поместить режекторные фильтры лишь в ближайших к проблемной частоте дискретных точках. Например, как показано на рис. 5, частота обратной связи составляет $f_1 = 3011$ Гц. Если фильтр можно разместить только с заданным шагом по $\Delta = 12$ (или 6) Гц, то для подавления обратной связи на частоте 3011 Гц установленный с погрешностью режекторный фильтр должен иметь более низкую добротность (широкую характеристику) или больший коэффициент подавления. Фильтр Sabine, применяемый для сравнения, в данном случае вырежет большие участки частотного диапазона (Sabine FBX1020 и Shure DFR11EQ обладают максимальной добротностью $Q = 14,4$ (1/10 октавы)). Если использовать алгоритм dbx Precision Frequency Detection, то можно точно разместить фильтр практически на любой частоте, а не только в дискретных точках. В результате, при подавлении обратной связи вмешательству подвергаются значительно меньшие области звукового спектра.

Сходным образом некоторые производители уве-

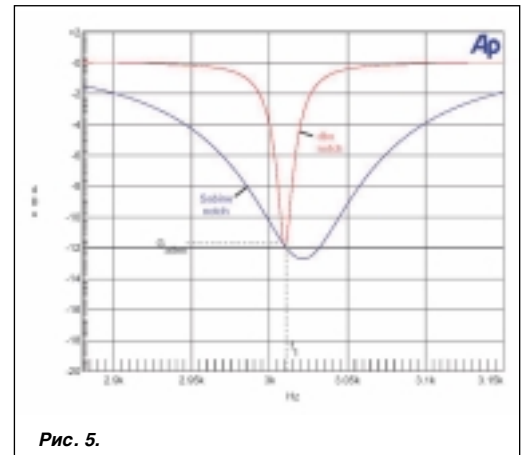


Рис. 5.

личивают интенсивность подавления режекторного фильтра для компенсации погрешностей определения частоты обратной связи. Это увеличивает ширину фильтра и удаляет много информации из звукового спектра без всякой на то необходимости. В отличие от этого алгоритм dbx имеет возможность более точного определения частоты возникающей обратной связи и именно на ней размещает фильтр, что гораздо меньше влияет на звук.

Адаптивная добротность фильтра

Если обратная связь обнаруживается и подавляется с использованием точно устанавливаемых и высокоселективных фильтров, их можно расположить достаточно близко друг к другу. Необходимость этого возникает, когда обратная связь появляется в очень узком диапазоне частот или же частота обратной связи со временем перемещается. На рис. 6 показан частотный диапазон двух соседних режекторных фильтров ($Q = 116$; подавление = -6 дБ), расположенных на частоте 1003 и 1009 Гц. В данном случае обратная связь на этих частотах была обнаружена по отдельности, и это потребовало установки двух режекторных фильтров.

Мы можем удалить один из двух фильтров и поместить один режекторный фильтр с более широкой полосой (более низкой добротностью) между двумя этими частотами (на частоте 1006 Гц; $Q = 50$), как показано на рис. 7.

Этот *единственный* фильтр имеет практически такой же частотный диапазон, что и два фильтра, расположенных рядом. Благодаря адаптивному изменению добротности фильтров, в алгоритме AFS всегда используется их минимально возможное число, что увеличивает количество свободных фильтров, доступных для подавления новой обратной связи.

Одновременное управление несколькими независимыми фильтрами

Многие подавители обратной связи способны устранить только одну частоту обратной связи в один момент времени. На практике, однако, возможно одновременное возникновение обратной связи на нескольких частотах. Алгоритм AFS может одновременно подавить до шести проблемных частот. Это увеличивает ско-

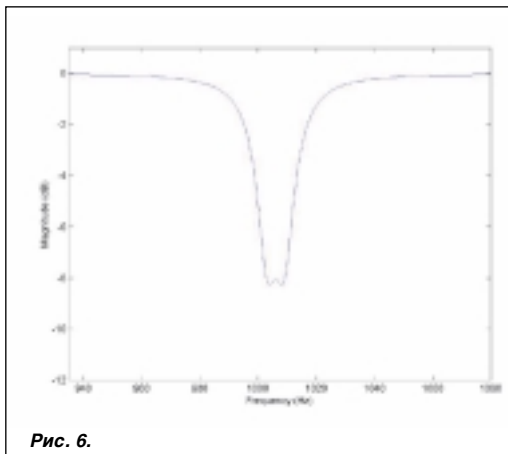


Рис. 6.

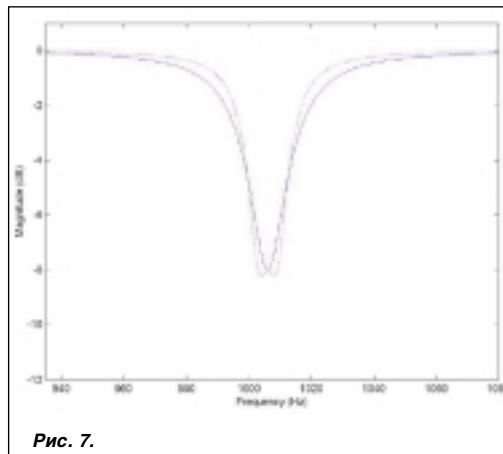


Рис. 7.

рость срабатывания прибора и предотвращает выход обратной связи из-под контроля.

Фиксированный и концертный режимы работы алгоритма AFS™

Все концертные залы подвержены обратной связи на определенных резонансных частотах, зависящих от характеристик помещения и системы, а также расположения микрофонов и громкоговорителей. В Drive Rack PA имеются два режима подавления обратной связи. Фиксированный (Fixed) предназначен для подавления этих частот еще до начала выступления. Фильтры, установленные в этом режиме, работают и во время выступления, и сбросить их параметры можно только вручную.

Концертный (Live) режим предназначен для адаптивного подавления обратной связи по мере изменения характеристик системы. Это может произойти при перемещении микрофона, при изменении сигнала или чувствительности, а также акустики помещения. Если все фильтры, работающие в режиме Live, уже использованы, при возникновении новой обратной связи происходит их ротация (т.е. они меняются по кругу). Первый установленный фильтр высвобождается и располагается на частоте новой обратной связи. Это удобно и наиболее эффективно во время выступления.

Концертные Live-фильтры адаптируются к изменяющимся характеристикам системы, подавляя обратную связь по мере ее возникновения. Это жизненно необходимо, так как, например, со временем может измениться частотная отдача зала, и фильтр, установленный 5 или 10 мин назад, уже не сможет подавлять обратную связь на своей частоте. Параметр Live Filter Lift дает возмож-

ность установить таймер для концертных фильтров. По истечении заданного для каждого фильтра времени степень подавления этого фильтра медленно уменьшается. Если необходимость подавления обратной связи на этой частоте все еще остается, то фильтр не удаляется из цепочки и продолжает работу. Однако если подавления обратной связи на данной частоте уже не требуется, фильтр из цепочки высвобождается и снова готов переместиться в требуемую частотную область.

Такая система организации фильтров оптимальна, так как быстро высвобождает их для дальнейшей работы и оперативно распределяет ресурсы прибора. Кроме того, программа обеспечивает автоматический сброс параметров фильтров в концертном режиме, и после выступления нет надобности «обнулять» их вручную.

Заключение

Продвинутый алгоритм подавления обратной связи AFS компании dbx решает проблему «акустической завязки» при помощи сверхузкополосных режекторных фильтров ($Q = 116$), что сохраняет целостность звукового материала и акустические качества системы. При помощи точного детектирования частоты (Precision Frequency Detection) определяется именно та частота, где возникла обратная связь и где должен быть установлен сверхузкополосный режекторный фильтр, что способствует естественности звучания. Наконец, адаптивные свойства добротности фильтров сберегают ресурсы прибора и высвобождают их для подавления будущей обратной связи. Вместе эти особенности нового алгоритма обеспечивают пользователям dbx Drive Rack PA важные преимущества в профессиональной работе.

Дополнительная информация – компания I.S.P.A. Engineering.