ЖИВОЙ ЗВУК

PA для концертирующих музыкантов

Питер Бьюик

Шоу стер

ЖИВОЙ ЗВУК

PA для концертирующих музыкантов

Питер Бьюик

Шоу-Мастер

Питер Бьюик

Живой Звук. PA для концертирующих музыкантов: Пер. с англ. - М.: Шоу-Мастер, 1998. - 178 с.

В монографии Питера Бьюика затрагиваются следующие темы: звуковой тракт от сцены до акустических систем; аппаратура звукоусиления; микрофоны, распределительные коробки, беспроводные системы, сплиттеры и т.п.; микшерный пульт; микширование - искусство создания живого звука; эффекты и обработка; усилители и акустические системы; сценический мониторинг; системы звуковоспроизведения; автоматизация и MIDI; традиционные проблемы и их решения; живой звук в театрах, конференц-залах и т.п.; системы звукоусиления в реальной жизни; акустика помещений; электрическая и механическая безопасность; физика звука; коммутация.

Книга выходит в сокращенном варианте и предназначена для FOH-звукоинженеров, специалистов по озвучиванию залов и открытых площадок, звукорежиссеров записи "живых" концертов и массовых мероприятий, специалистов по расчету акустики помещений, студентов технических и гуманитарных учебных заведений, чья будущая специальность связана со звуком и акустикой, а также для всех тех, кто профессионально интересуется проблемами "живого" звука.

Peter Buick. Live Sound. PC Publishing, Kent, UK, 1996
© PC Publishing
Export House
130 Vale Road
Kent TN9 1SP
UK
Tel 01732 770893
Fax 01732 770268
E-mail: pcp@cix.compulink.co.uk

ISBN: 5-9900084-1-4

© Шоу-Мастер, издатель, 1998
© Петр Бубеллов, перевод, 1998
© Константин Лакин, агентство РАПИ, редакция перевода, 1998
© Дмитрий Колесник, научное редактирование, 1998
© Игорь Афанасьев, Сергей Корнух,
Алла Фирстова, подготовка издания, 1998

Тираж 2000 экз.
Заказ 2.
ЗАО "Астра семь"
119019, Москва, Филипповский пер., **13.**

Оглавление

1. Системы звукоусиления и "живой" звук 9

Сложилось представление, что системы звукоусиления имеют весьма отдаленное отношение к аудио индустрии. Это, безусловно, не так, и первая глава будет посвящена обзору требований, предъявляемых к системам "живого" звука.

2. **Звуковой тракт** 13

В этой главе будут рассмотрены основные компоненты систем "живого" звука и их взаимосвязь (начиная от сценических коммутаторов и кончая портальными стеками двухполосного усиления).

3 **Системы звукоусиления и области их применения** 23

Мы рассмотрим типичные системы и их применение, включая "живое" озвучивание малых коллективов, постоянные и мобильные инсталляции.

4 Микрофоны, распределительные коробки 51
и другое оборудование

Микрофоны и особенности "живой" работы с ними, радиосистемы, распределительные коробки, сплиттеры и субмикшеры.

5 Микшерный пульт 71

Микшер - сердце любой аудиосистемы. Мы подробно рассмотрим устройство главных консолей звукоусиливающих систем и мониторных пультов.

6 Микширование - искусство создания "живого" звука 87

Для микширования звука "живого" концерта необходим специальный опыт. Мы вкратце рассмотрим вопросы субмикширования, группирования и мьютирования, психологические аспекты "живого" звука.

7 Эффекты и обработка 91

В главе рассказывается о ревербераторах, задержках и эффектах, основанных на этом принципе, приборах сдвига частоты, гейтировании и о наиболее мощном из эффектов - эквализации.

8 Усилители и динамики 109

В главе рассматриваются спецификации усилителей и методы их использования, включая: системы двухполосного усиления, электронные кроссоверы, синхронизацию работы систем распределенных динамиков (линии задержки), размещение динамиков, дисперсию, суббасовые системы, портальные стеки и объемный (surround) звук.

9 Сценический мониторинг 115

Многие звукоинженеры недооценивают роль сценического мониторинга в условиях "живого" исполнения. Данная глава поможет правильно подойти к сценическому мониторингу.

10 Системы воспроизведения 119

Довольно часто при "живом" исполнении возникает необходимость использова-

ния предварительно записанного материала, например для бэк-треков, локальных эффектов и вставок.

11 Автоматизация и MI DI 127

В современных условиях приходится работать с большим количеством источников звука, что может вывести процесс управления из-под контроля. Автоматизация помогает снизить нагрузку на звукоинженера.

12 Проблемы и их решение 135

В этой главе мы рассмотрим методы борьбы с сетевыми наводками, интерференцией (в радиочастотном и световом диапазоне), самовозбуждением и изменяющейся акустикой помещения.

13 "Живой" звук в прикладных областях 147

Звук окружает нас со всех сторон, и высокие требования к его качеству не являются привилегией только музыкантов. В этой главе мы коснемся аудиопроблем в таких областях, как театральный звук, озвучивание конференций и выставок.

14 Системы звукоусиления в действии 151

В этой главе мы кратко остановимся на некоторых физических проблемах, обусловленных особенностями залов.

15 Безопасность 161

Мы обсудим вопросы электрической и механической техники безопасности, а также меры предосторожности, позволяющие избежать поражения слуха сигналами большой мощности.

16 Физика звука 165

В этой главе мы рассмотрим некоторые аспекты звука с точки зрения его физики в надежде, что это поможет практическому осознанию происходящих процессов.

17 Коммутационные разъемы 171

В этой главе мы опишем разъемы, наиболее часто использующиеся при коммутации приборов звукоусиливающих систем.

18 Глоссарий 175

В любой области науки и техники присутствуют специфические термины. В этой главе будут приведены термины, использующиеся в системах звукоусиления, и их расшифровка.

Предисловие редактора перевода

Монография Питера Бьюика - уникальная книга, в корне отличающаяся от множества отечественных и зарубежных трудов, посвященных "живому" звуку. Это отнюдь не теоретический труд. Для интересующихся математикой и физикой существуют специальные учебники, и прочтя множество мудрых, напичканных формулами книг, можно считать себя ученым. Но достаточно ли этого для работы FOH-звукорежиссера?

Далекое от академичности рассмотрение Бьюиком теоретических аспектов с лихвой компенсируется его практическим опытом, эмоционально изложенным на страницах этой книги. Может быть, опытные FOH-инженеры найдут, о чем поспорить с автором. В конце концов, секреты каждого специалиста - в его индивидуальном подходе к решению профессиональных проблем. Но нет сомнения в том, что читая эту книгу, любой мэтр найдет в ней рассказ о множестве приемов, понимание которых приходило только со временем, через болезненные пробы и ошибки. Что же касается молодых специалистов, то эта монография может стать для них первой честной и доходчивой книгой, в которой даже теория насквозь пронизана духом практической сценической звукорежиссуры.

Главная ценность этого труда заключается в том, что после его прочтения у многих исчезнет священный трепет и полумистический страх перед концертным пультом и паутиной кабелей, соединяющих "живое" действо со звукорежиссером. Ведь научиться системному подходу к проблеме постановки концертного звука - действительно глобальная задача, в решении которой вам существенно поможет монография Питера Бьюика.

В заключение хочу поблагодарить Дмитрия Колесника, помощь и замечания которого при подготовке этого перевода были бесценны, а также Наталью Панкову, заботами которой удалось закончить работу в умопомрачительно короткие сроки.

Константин Лакин

Предисловие

Я никогда не любил высказываний типа "это всего лишь системы звукоусиления, и ничего больше", так как хотя бы из-за своей мощности они заслуживают более уважительного отношения. Звукоинженеры, обслуживающие звукоусилительные комплексы, работают в экстремальных условиях, так как артисты пытаются донести свои эмоции до слушателей, не желая ни на что отвлекаться от процесса исполнения.

"Живой" звук является категорией повышенной сложности. Ведь работая "вживую", вы имеете всего один шанс для реализации своей идеи - нет повторов, пауз, а порой даже и репетиций. Иногда приходится микшировать абсолютно незнакомую композицию. Причем это происходит на фоне постоянно возникающих проблем: искажение звука, самовозбуждение и т.д. При этом управление мониторингом сцены, корректировка звука в зале, предотвращение перегрузки аппаратуры, традиционные пререкания с барабанщиками и гитаристами по поводу громкости звучания их инструментов, да и просто сложность получения чистого прозрачного звука, позволяющего различать нюансы исполнения.

Музыканты на сцене хотят иметь студийный звук при отсутствии специальных акустических помещений, дублей, бесконечной редакции и мощных приборов автоматизации. Более того, они постоянно вспоминают о студийных "чашечках кофе" и прочих прелестях спокойной звукозаписи. Но на сцене все иначе. Работа почти целые сутки, бесконечные переезды, горы тяжелой аппаратуры, жаркие душные залы, еженощные инсталляции, подвыпившая публика, капризы артистов...

И при всем этом к звукоинженеру не должно быть никаких претензий, иначе ваше сотрудничество с группой закончится.

Когда все идет хорошо, вас не замечают и все лавры выпадают на долю исполнителей. Но надо быть готовым к тому, что в любой ситуации найдется множество "профессионалов", которые "могли бы сделать что-либо лучше", даже если они не в состоянии отличить "черное" от "белого". И если что-то не заладилось, так это, естественно, ваша вина: солист не "строит" - плохой мониторный микс, музыканты не могут поймать настроение - опять вы "крайний". Звукоинженер - крайне неблагодарная работа. А в довершение ко всему вы должны зорко следить за тем, чтобы никто не повредил или нечаянно не прихватил с собой какую-либо аппаратуру.

Работа звукоинженера крайне неблагодарна. Но мы - оптимисты. И у нас не иссякает стремление к новым горизонтам, а уверенность достичь их непоколебима. Все самое лучшее должно произойти прямо сейчас. Промедление смерти подобно. И без вас здесь определенно ничего не выйдет.

Так что дожуйте обед, допейте свою колу, и попытайтесь отыскать на карте точку очередного тура. Ведь вы - концертный звукоинженер и "show must go on".

Питер Бьюик

1

Системы звукоусиления и "живой" звук

Введение

Бытует мнение, что системы звукоусиления имеют весьма отдаленное отношение к аудиоиндустрии. Тем не менее именно благодаря им огромная масса людей имеет возможность одновременно слышать звук достаточной мощности.

Теоретически звукоусиливающие системы не представляют собой ничего сложного - необходимо всего лишь увеличить громкость для того, чтобы большое количество людей могло слышать, что происходит. От традиционных систем озвучивания публичных мероприятий, возможно, большего и не требуется. Качество звука здесь не стоит на первом плане, единственное, что нужно - отчетливое воспроизведение речи. Однако если вы вспомните качество звука объявлений на железнодорожных вокзалах, то поймете, что даже это не всегда возможно.

Что же говорить про "живой" звук, от которого требуется неизмеримо больше? Он должен иметь качество, сопоставимое со студийным, чтобы донести до слушателей творческие идеи и настроение музыкантов. Ошибка может свести на нет все усилия исполнителей. Если вокалист не слышит свой голос через мониторы, если басист не понимает, что играет барабанщик, если в зале не слышно солирующего инструмента - все это ошибки оператора, а не исполнителей!

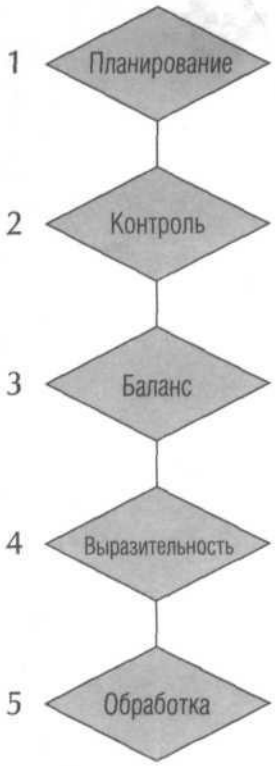
Субъективность

Основная проблема состоит в том, что каждый слышит звук по-своему. Поскольку у всех свои представления о звуке, нельзя дать точное определение идеального микса. Но идя от обратного, можно сказать, какими качествами отличается плохой:

- искажения или шум, неотчетливое воспроизведение ключевых моментов;
- "размытость", не позволяющая слышать ведущие инструменты;
- несоответствие настроению произведения ("выпирающий" аккомпанемент в балладе, слабые барабаны в танцевальной композиции).

Придумать что-либо еще достаточно сложно.

Существует много способов эквализации, например, баса, но нельзя категорически утверждать, что один из них лучше другого. Возможно, хотелось бы добиться "теплого" басового звука, но если кроме "буханья" ничего не слышно, то нужен ли такой бас вообще? В этой ситуации поможет слэпи-



Основные составляющие "живого" звука

рованная обработка. В конечном итоге самым лучшим будет микс, способный передать идею и настроение, которое заложил музыкант при исполнении. Тем не менее, может потребоваться корректировка для создания общей связанной картины композиции, ведь речь идет о коллективном творчестве. Подводя итог, можно сказать, что искусство микширования имеет пять аспектов: планирование, контроль, баланс, выразительность и обработка.

1. Планирование - коммутация и оптимальная расстановка аппаратуры.
2. Контроль - уверенность в отсутствии самовозбуждения, шумов и искажений, а также в том, что сценические мониторы и порталы обеспечивают достаточный уровень громкости.
3. Баланс - создание общей целостной звуковой картины.
4. Выразительность - передача исполнительских эмоций.
5. Обработка - придание звуку необходимой окраски.

Аппаратура и творчество

Для большинства людей хорошая обработка звука является чем-то неуловимым и не вполне понятным. Это похоже на различие между просто тортом и хорошим тортом. И тот, и другой вкусны, но второй все-таки лучше. Многие ощущают разницу, но не ищут причину этого явления, они просто знают - и это правильный путь. Те же, кто пытается провести анализ и разложить все по полочкам, не воспринимая процесс целиком, приходят на шоу не для того, чтобы насладиться зрелищем. Скорее всего, они принадлежат к когорте музыкантов или звукоинженеров, питающихся плагиатом. Неплохо, конечно, ознакомиться с их точкой зрения, но есть вещи и поважнее. Всерьез прислушиваться к мнению таких "профессионалов" - отнюдь не самый лучший способ самоусовершенствования.

Для того, чтобы в полной мере овладеть искусством обработки, необходимо время, большой опыт и качественная аппаратура. Выразительное микширование каждой вещи - основной элемент творчества. Другими словами, следует понимать, что делать со звуком, чтобы помочь исполнителям добиться требуемого настроения. Этого можно достичь перебалансировкой уровней, регулировкой эквалайзера или за счет реверберации и задержки.

Остается последний шаг на пути к абсолютному совершенству. Это и есть та самая малость, которая определяет преимущество "живого" звука над студийным. На этом этапе можно использовать компрессор (скорее в творческом плане, чем в целях коррекции), спектральное микширование для четкой прослушиваемости всех звуков, можно создавать псевдодинамический эффект и манипулировать фейдерами, контролируя каждый децибел на выходе. Для сидящих в зале это пройдет незаметно, но подсознательно они подумают: "Да, вот это - Звук".

Примечание

Если вам удалось добиться от колонок чистого звука необходимого уровня без искажений и шумов, то можно считать, что на 60% задача выполнена.

Коррекция и творчество

По существу, большинство элементов систем звукоусиления можно использовать двумя способами: в целях коррекции и творчески. Например, эквалайзер можно применять для решения проблемы самовозбуждения или корректировки тонального дисбаланса системы. В творческом же плане его можно применить для изменения выразительности звука, добиваясь, напри-

мер, более "глубокого" и "плотного" вокала. В большинстве случаев эти подходы вступают в противоречие, так что приходится прибегать к разумному компромиссу.

. Планирование

Мало кто любит планирование, а большинство людей и вовсе неорганизованны по своей природе. Однако в концертной обстановке, работая с приборами, находящимися под высоким напряжением, это, пожалуй, единственный способ избежать неприятностей в критической или даже штатной ситуациях. Не имея схемы прокладки кабелей и приблизительных шаблонов установки эквалайзеров и эффектов, вы многим рискуете, особенно при работе в экстремальных условиях.

Неполадки

Возьмем для примера ситуацию, когда уровень вокала падает вместо того, чтобы повышаться. Что нужно предпринять, чтобы устранить причину сбоя и быстро восстановить необходимый уровень? Что неисправно - микрофон, кабель, мультикор, канал консоли, эффекты или подгруппы? Может, это вина исполнителя, сбой оборудования или просто плохой контакт в розетке питания? Не имея плана, трудно установить источник неисправности и восстановить работоспособность системы. Если вы каждый раз используете различные установки, то как вы поймете, в чем же все-таки дело? V вас нет времени на раздумья или устранение неполадки методом "тыка" - уже поздно, звук пропал!

Работа "на лету"

Для того, чтобы работать оперативно, своевременно реагируя на возникновение нештатных ситуаций, жизненно необходим системный подход как к выбору и эксплуатации оборудования, так и к технологии микширования. Следуя этому правилу, вы избежите двусмысленности в организации системы, что значительно повысит ее работоспособность и устойчивость. Поставить правильный диагноз - 90% успеха при устранении неполадок. Работа с "живым" звуком не оставляет времени на то, чтобы строить догадки и предположения.

Удивительно, но встречаются операторы, планирующие рабочее поле консоли самым экзотическим образом. Если спланировать консоль слева направо так, как расположены музыканты на сцене, то будет гораздо проще понять на каком канале находится тот или иной источник звука. Имеет смысл группировать вместе однотипные источники звука. Вполне логично разместить ударные в одном месте, а не разбрасывать их хаотично по всем 24 каналам, хотя многие операторы и применяют подобные запутанные установки.

2

Звуковой тракт

Введение

Эта глава посвящена описанию основных компонентов системы "живого" звука, начиная от сценических коммутаторов (stage boxes) и кончая порталами двухполосного усиления.

Элементы системы

Любая система звукоусиления состоит из нескольких элементов. Их количество, мощность, размеры и цена могут варьироваться в широких пределах, но суть остается неизменной. Все составляющие систему компоненты можно классифицировать следующим образом:

- Вход - микрофоны, распределительные коробки, мультикоры и сценические коммутаторы.
- Управление и маршрутизация - пульт, обеспечивающий усиление, необходимые уровни сигналов, эквализацию и маршрутизацию.
- Обработка - внешние эффекты: компрессоры, гейты, внешние эквалайзеры, ревербераторы и задержки.
- Усиление - усилители мощности. Они могут состоять из двух- или трехполосных систем усиления с раздельным управлением по каждой из частотных полос, а также электронного кроссовера, который разбивает сигнал консоли по частотным диапазонам и передает каждый на свой усилитель.
- Выход - динамики. Огромное количество литературы посвящено этому компоненту системы звукоусиления, но единственное, что необходимо нам знать на данный момент - есть два типа колонок: порталы (для аудитории) и мониторы (для исполнителей).

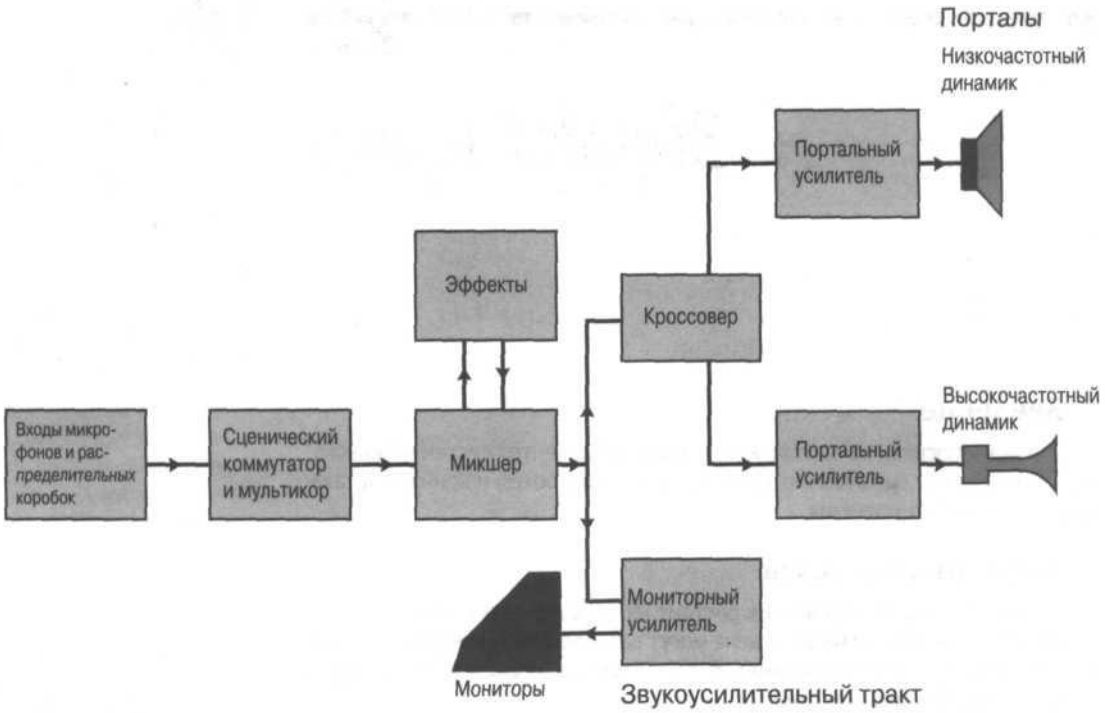
Полезно хотя бы в общем представлять себе физические процессы, происходящие в звукоусиливающих системах: акустические колебания преобразуются в электрические; электрический сигнал обрабатывается, его уровень увеличивается до необходимой величины и, в конечном итоге, он снова преобразуется динамиками в звук.

Вход

Микрофоны

Распределительные коробки (DI boxes)

Мультикоры, сценические коммутаторы и пультовые коммутационные панели



Контроль и маршрутизация
Основная консоль
Кроссоверы

Обработка
Приборы обработки и эффекты
Эквалайзеры

Оборудование автоматизации и мониторинга

Усиление
Микшер/усилитель (совмещаемый с микшером в небольших устройствах)
Усилители порталов и мониторов

Выход
Портальные колонки
Мониторные колонки

Информация

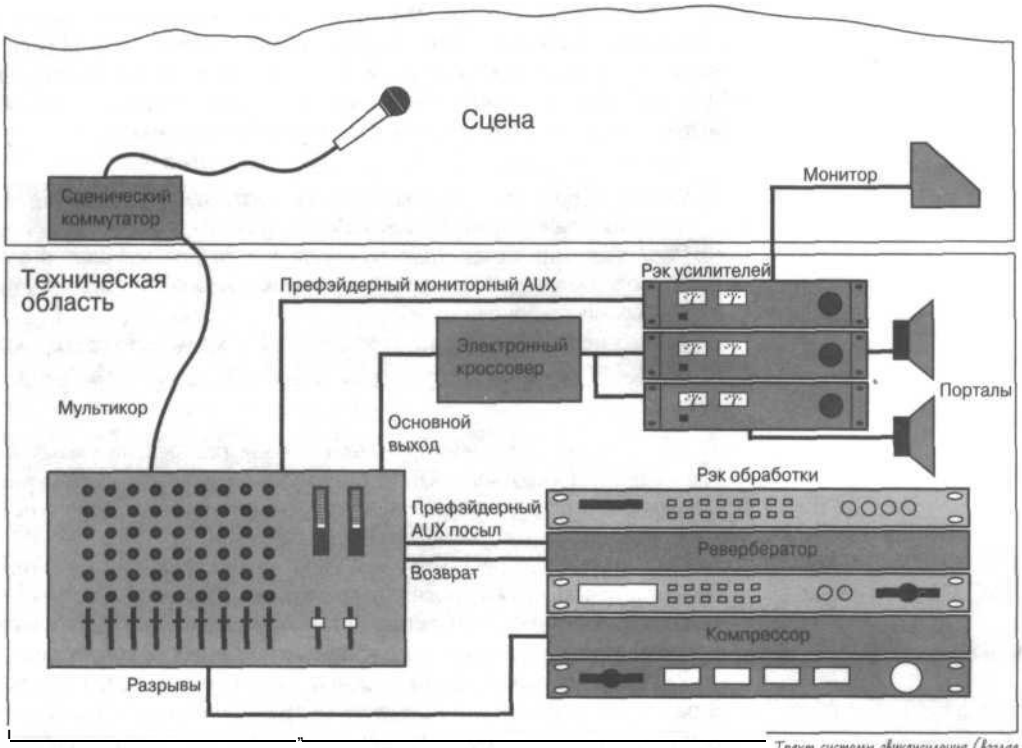
Система могла бы быть определена как совокупность взаимосвязанных компонентов: микрофон – уши, динамики – рот, а обработка – мозг системы.

Функции

Качество системы звукоусиления определяется качеством самого слабого ее звена. Если вы используете плохой микрофон, то уже неважно, каково качество колонок - аудитория все равно не услышит того звука, на который вправе рассчитывать.

Хотя можно провести небольшую коррекцию работы одного из элементов, необходимо четко осознавать, что это происходит за счет других, и в конечном итоге, приводит к снижению эффективности работы всей системы.

Поскольку невозможно одновременно приобрести все самое лучшее, приходится идти на компромисс, собирая систему из сбалансированных



Тракт системы звукоусиления (взгляд со стороны консоли). Обратите внимание на пограничную область между сценой и технической зоной микширования. Чем меньше путей взаимосвязи между ними (в данном случае – два), тем лучше.

по цене и качеству компонентов. Это все-таки лучшее решение проблемы по сравнению с необходимостью заменять низкосортные элементы в будущем.

В следующей главе приведены некоторые соображения по вопросу соотношения цены и качества.

Системы звукоусиления в деталях

Микрофон

Основная задача микрофона - воспринимать звук и преобразовывать его в электрический сигнал. Поскольку он переводит энергию из одного вида в другой, он называется преобразователем, или датчиком. В дальнейшем будет подробно рассмотрен принцип работы различных типов микрофонов, а пока это все, что о них необходимо знать.

Распределительные коробки (DI boxes)

Распределительные коробки используются для подключения инструментов с линейным выходом к микрофонным входам микшера. Инструменты с линейным уровнем (клавиши, гитары, магнитофонные деки, CD-плейеры и др.) не нуждаются в микрофоне, поскольку изначально обладают электрическим выходом.

Если кабель линейного входа имеет достаточную длину, а линейные входы исключены из мультикора, то ничто не мешает подключаться непосредственно к линейным входам консоли (если, конечно, есть свободные каналы). Однако, существует еще одна проблема - в большинстве консолей линейные входы не являются низкоимпедансными и/или сбалансированными, а это при большой длине кабеля может привести к усилению влияния

Примечание

Функция зависимости качества прибора от его цены имеет критическую точку, после которой с увеличением цены скорость улучшения качества значительно замедляется. Например, при увеличение цены в два раза, не повлечет за собой улучшение качества прибора в два раза. Скорее всего, его качество повысится примерно на 10%.

интерференционных помех. Попытка коммутации выхода линейного уровня с микрофонным входом пульта обыкновенным шнуром в обход распределительного устройства может закончиться весьма плачевно. Распределительные коробки позволяют использовать сбалансированные микрофонные входы пульта для источников звука с линейным уровнем выхода.

Распределительная коробка выполняет три функции:

1. Согласует по сопротивлению и уровню микрофонные входы пульта и инструменты с линейным выходом.
2. Устраняет влияние фантомного питания, потенциально опасного для приборов с линейным выходом, но необходимого для питания конденсаторных микрофонов.
3. Коммутирует разъемы различного типа (1/4-дюймовое гнездо джека и XLR-разъем).

На каждый инструмент необходима одна распределительная коробка. Параллельный сквозной разъем позволяет подключать инструмент одновременно и к обычному источнику (т.е. гитару можно подключить еще и к гитарному усилителю, расположенному на сцене).

Примечание

По существу пассивные распределительные коробки лучше своих активных аналогов.

Существуют распределительные коробки со специальными входами для сигналов повышенного уровня (например, от усилителя). Если распределительная коробка не укомплектована такими входами, то подключение к ней источника сигнала повышенного уровня может вывести коробку из строя.

Распределительные коробки бывают двух типов - пассивные и активные. В пассивной конструкции применяется трансформатор, и коробка не нуждается в дополнительном питании. Недостаток пассивной коробки - некоторая потеря уровня сигнала. Активная распределительная коробка имеет электронные контуры, питающиеся от внутренней батарейки. Очень часто в качестве источника питания используется фантомное питание микрофонного входа микшера, что позволяет продлить срок службы дорогостоящих батареек.

Необходимо заметить, что распределительные коробки с трансформаторной конструкцией вносят нежелательные искажения, особенно на коротких импульсных сигналах, однако современные модели обладают приемлемым качеством. Активные распределительные коробки более дороги, и сами по себе производят электронный шум. Эту проблему в ряде случаев можно решить за счет снижения чувствительности микрофонного входа микшера и повышения выходного уровня источника сигнала.

Мультикоры, сценические коммутаторы и коммутационные панели

Мультикор - это просто броское название группы кабелей, объединенной под одной обшивкой в толстую "косичку" и имеющих соответствующую маркировку. Применение мультикора вместо одиночных кабелей позволяет существенно сократить время прокладки и трассировки. К недостаткам мультикора следует отнести отсутствие возможности наращивать его мощность и восстанавливать повреждения. По этой причине лучше приобретать мультикор с заведомо большим количеством кабелей, нежели это продиктовано текущими потребностями.

Примечание

По сравнению с одиночными кабелями мультикор существенно сократит время прокладки и трассировки.

Настоятельно рекомендуется использовать в системе один мультикор. Однако необходимо понимать, что в этом случае затрудняется перекрестная коммутация каналов, облегчающая жизнь звукоинженеру и осуществляемая с двух сторон - на сцене с помощью сценического коммутатора и на

коммутационной панели, расположенной рядом с пультом (ее следует поместить между разъемами микшера и мультикора). Необходимо помнить, что вы имеете дело со сбалансированными низкоуровневыми микрофонными источниками и использовать для коммутации соответствующие разъемы и кабели. Такой подход позволяет совместить преимущество мультикора с гибкостью коммутатора.

Главная консоль (front of house - FOH)

Микшер, пожалуй, самая важная часть системы звукоусиления. Вы проводите 95% рабочего времени за консолью, а один и тот же сигнал может проходить через нее несколько раз (эффекты, точки разрыва и т.д.), прежде чем выйдет наружу.

Консоль имеет две основные функции - коммутацию и обработку:

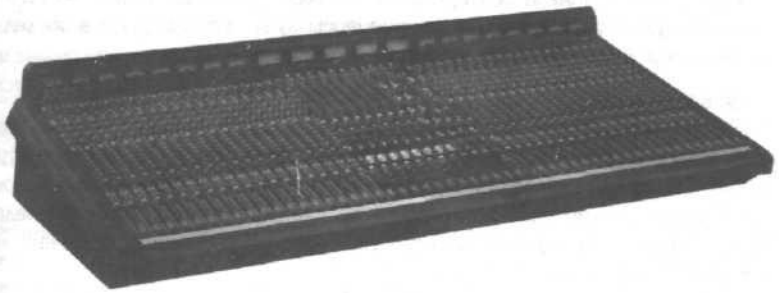
1. Коммутация. Микшер позволяет определять маршрут прохождения сигнала. Например, сигнал можно направить на мониторные колонки, эффекты, стереомикширование, на какую-либо подгруппу, управляющую специальными громкоговорителями или на мультитрековый магнитофон.
2. Обработка. Основные типы обработок, имеющихся в консоли, управление уровнем и эквализацией. Также пульт позволяет регулировать глубину внешней обработки (например, ревербератора) для каждого источника звука.

Некоторые микшеры обладают встроенной обработкой, но это не самый лучший вариант, поскольку встроенные эффекты не в состоянии предоставить качество и гибкость сравнимые с внешними приборами. Приемлемым выходом в этой ситуации может стать перевод внутренних эффектов в состояние "bypass" и подключение внешних приборов обработки, если, конечно, подобное позволяет осуществить конструкция пульта.

Со временем, по мере усложнения системы, вам непременно захочется улучшить качество звука за счет приобретения приборов внешней обработки. Не требуется обладать особым даром ясновидения, чтобы предсказать содержание монолога вокалиста, если вы попытаетесь обработать сделанный на заказ супердорогой микрофон встроенным ревербератором, красная цена которому - 50 английских фунтов, а звук подозрительно похож на звук группы из соседней школы.

Мониторный микшер

Большинство людей небезосновательно считают, что звук в зале - самая важная вещь. В принципе это верно, но не совсем. Ведь если музыкант не слышит всего того, что ему необходимо, то тут уж не до качества

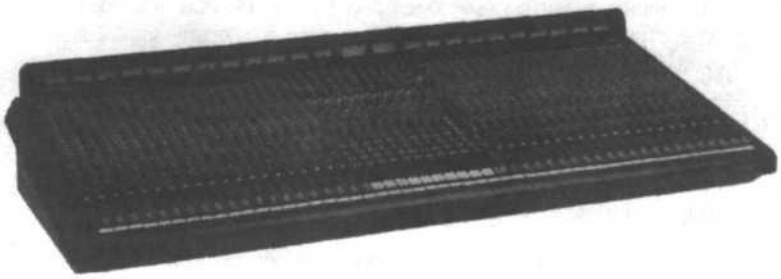


Основной микшерный пульт (FOH) фирмы Crest Audio серии Century GTx

звука. В такой ситуации исполнитель играет не в ритме, не в стиле, а порой и "мимо нот".

Мониторный микс - одна из главных причин различного рода недоразумений, возникающих между оператором и группой. Да, звук в зале тоже должен быть на высоте, но если из мониторов "лезет" безобразный микс, это самым непосредственным образом влияет на настроение исполнителя, драйв, а в конечном итоге и на звук, который слышит аудитория.

Основной задачей мониторного микширования является создание качественного индивидуального микса для каждого исполнителя, которому чаще всего требуется слышать основную канву композиции (ударные, бас, ритм гитару), а не мелкие детали. Для создания мониторного микса используется отдельная секция микширования. В идеале это - отдельный пульт и



Мощный мониторный пульт фирмы Crest Audio серии Century LMx.

квалифицированный оператор, управляющий мониторингом сцены.

Основная беда мониторных колонок заключается в том, что они располагаются в непосредственной близости от микрофонов, провоцируя самовозбуждение системы. Позже будут рассмотрены методы борьбы с этим явлением.

Приборы эффектов и обработки

Качество звучания системы в большой степени зависит от приборов обработки звука, придающих ему необходимую окраску и выразительность. Но компенсировать несовершенство системы за счет этих приборов довольно сложно, и лучше попытаться устранить недостатки другим путем.

Кроме очевидных эффектов (таких как флэнжер, хорус и задержка) созданию эффекта студийного звучания может помочь небольшое добавление реверберации (даже в тех случаях, когда помещение обладает хорошей естественной реверберацией). Но что более важно, это создает более комфортный звук для самих исполнителей.

Компрессирование и гейтирование поможет добиться более чистого и четкого звука. Более детально эти процессы будут рассмотрены в последующих главах.

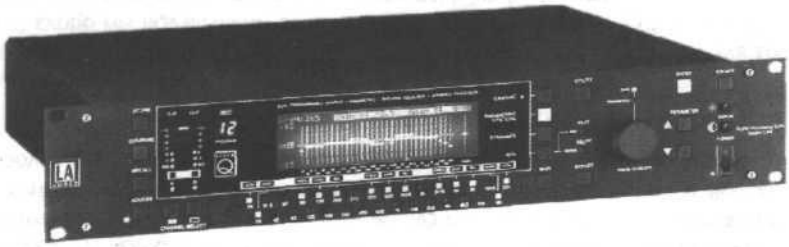
Эквалайзеры

Эквалайзеры можно использовать в двух различных целях - для создания музыкального образа и для технической коррекции частотного спектра сигнала. В первом случае прибор помогает достичь определенного настроения и выразительности, а во втором - компенсировать акустические недостатки того или иного помещения и увеличить коэффициент усиления, не доводя систему до самовозбуждения.

Поговорим о графических эквалайзерах, приборах с одним фейдером на каждую регулируемую частоту. Совокупность фейдеров, расположенных на передней панели эквалайзера, образует своеобразный график, позволяющий визуально представить - что же происходит со звуком (отсюда и название - графический). При этом не следует гнаться за красивой кривой - это не всегда нужно. С другой стороны, слишком "широкое" расположение фейдеров также не во всех случаях оправдано. Если вы используете похожие установки эквалайзеров на всех каналах пульта, то для повышения эффективности системы и снижения шумов можно перенести эти установки на графический эквалайзер и провести общую эквализацию. Помните: графические эквалайзеры очень сильно влияют на звук, поэтому их следует применять только там, где это действительно необходимо.

Усилители

Задача усилителя проста, но чрезвычайно важна - делать звук громче. Однако, этот процесс никогда не бывает обособленным, напротив - на качество усиления влияет множество факторов. Чтобы не быть голословным, можно рассмотреть простой пример с динамиками и дэмпинг-фактором.



LA Audio Pro Series DigEQ – программируемый цифровой эквалайзер с мгновенным доступом к основным режимам: графический, параметрический и шелвинг EQ, обрезные НЧ и ВЧ фильтры, компрессор/лимитер, экспандер/гейт.

Говоря проще, дэмпинг-фактор означает, что конкретный усилитель работает лучше в паре с вполне конкретными динамиками. Пропуская ток через катушку динамика, усилитель создает электромагнитное поле, которое отталкивает и притягивает постоянный магнит, расположенный внутри катушки. Это заставляет перемещаться катушку и прикрепленный к ней диффузор. Колебания диффузора порождают звук. Перемещаясь, катушка пересекает силовые линии постоянного магнита, в результате чего в ней индуцируется ток наводки в основном противоположного направления (по отношению к току усилителя). Наведенный ток достаточно мал, но тем не менее с ним приходится считаться. Развитие процесса зависит и от конкретных частотных характеристик воспроизводимого сигнала. Все вышеописанное на практике приводит к тому, что некоторые комбинации различных усилителей и динамиков воспроизводят звук, качество которого не выдерживает никакой критики, хотя при других сочетаниях динамиков и усилителей все будет в порядке.

Кроссоверы

Может быть вы хороший футболист и с удовольствием пишете ласковые письма своей любимой бабушке, но пытались ли вы делать это одновременно? Не думаю, что из этого получится что-то хорошее. То же самое справедливо и для динамиков, разрабатывающихся с учетом их работы в

ограниченных частотных диапазонах: вуферы (низкочастотные динамики), динамики средней полосы и твиттеры (высокочастотные драйверы). Разделяя сигнал усилителя на определенные частотные полосы и подавая каждую из полос на динамики соответствующего типа (а именно для этого и служат кроссоверы), можно повысить эффективность работы аудиосистемы.

Любая многополосная колонка имеет пассивный кроссовер (пусть даже он выполнен в виде сопротивления и катушки индуктивности), однако несравненно лучших результатов можно добиться, используя специализированные внешние приборы - кроссоверы.

Электронный кроссовер Peavey V4X

Системы двухполосного усиления

В этих системах частотный диапазон сигнала разделяется на две полосы (низкие и средние/высокие частоты), и каждая полоса имеет свой специализированный усилитель - в этом случае появляется возможность оптимизировать процесс усиления мощности по каждому частотному диапазону (фактически для достижения аналогичного результата усиления на высоких частотах по сравнению с басами требуется гораздо меньшая мощность; кроме того, человеческое ухо более чувствительно к среднечастотному диапазону). К тому же в силу полной независимости полос перегрузка басового усилителя не скажется на твиттере.

Громкоговорители

Динамики имеют очень простую конструкцию (наука в этой области носит скорее эмпирический характер). Они состоят из диффузора, приклеенного к катушке, которая помещена в поле постоянного магнита.

За счет колебаний диффузора динамик преобразует ток, поступающий от усилителя, в звук. Существует множество параметров, характеризующих динамик: его размеры, вес, жесткость, способ крепления, воздушное сопротивление на открытом воздухе и в колонке (зависит также от температуры), дэмпинг-фактор и т.д. Тип динамика влияет на воспроизводимый частотный диапазон и дисперсию. Размер динамика и объем корпуса, в котором он расположен, являются основными параметрами, влияющими на воспроизведение низких частот. Качество низкочастотного звука во многом определяется формой колонок, их внутренней конфигурацией, наличием различного рода отверстий и их расположением.

Мониторные колонки

Мониторные колонки позволяют исполнителям слышать себя и других членов коллектива. Мониторные колонки располагаются в непосредственной близости от музыкантов, поэтому не требуют применения больших

Миниатюрная мониторная система фирмы Martin Audio WMO_5

мощностей, однако необходимо принимать в расчет возможность самовозбуждения. Последняя новинка в этой области - ушные мониторы. Они имеют уровень громкости, достаточный для исполнителя, не требуют много места, сводят на нет возможность самовозбуждения и уменьшают какофонию звуков, царящих на сцене. Так как цены на подобные мониторы падают, скоро мы все получим возможность пользоваться ими. Однако, нельзя забывать, что ушные мониторы обладают мощностью достаточной для того, чтобы серьезно повредить слух.

Технические новинки

Технология звукоусиления становится все более и более сложной, что приводит к появлению на свет много новых приборов, облегчающих жизнь оператору. Среди них - приборы, анализирующие состояние усилителя и идентифицирующие наличие искажений на выходе; приборы автоматического определения и коррекции самовозбуждения и многое другое.

Дистанционное управление

В последнее время все чаще применяется дистанционное управление усилителями, которое позволяет сократить длину кабеля, соединяющего усилители и колонки, что немаловажно по причине высоких уровней проходящих по этим проводам сигналов.

Раньше усилители, расположенные в удаленном месте, были недоступны для точной отстройки под конкретное помещение и часто - даже для проверки их работоспособности. Дистанционное управление решает кошмарную задачу размещения усилителей. Справедливости ради надо отметить, что быстрая перекоммутация усилителей остается неразрешимой задачей и для систем с дистанционным управлением, однако эти системы обычно базируются на мультиусилителях, так что потеря одного из них не будет очень заметна. Кроме того, можно использовать устройства удаленной коммутации, заранее планировать и устанавливать специальный резерв или просто подойти к усилительной стойке через зрительный зал и устранить неисправность.

Анализатор спектра

Анализатор спектра - это устройство графического контроля, позволяющее визуально отображать многие параметры звука. Вследствие относительно низкой цены эти приборы получили достаточно широкое распространение. Хотя анализаторы спектра довольно удобны, полностью

полагаться на них не стоит. Приборы могут помочь в определении акустических параметров помещения, регулировке эквалайзера для ликвидации самовозбуждения, но вместе с тем, они могут сделать звук ужасным и звенящим. Помните: самый надежный инструмент в большинстве областей аудио - ваши уши.

Автоматизация

Автоматизация в "живом" творчестве имеет особый смысл - попытаться повторно воссоздать некоторые события перед большой аудиторией, ведь жизнь течет по своим законам и уникальные явления, как правило, не повторяются.

Системы автоматизации берут на себя работу с рутинными процессами, выполняя их с завидным постоянством и тем самым предоставляя оператору больший простор для творчества. Автоматизация может применяться во многих ситуациях. Например, вам необходимо создать квадрофонический эффект в каком-либо месте композиции. Им можно управлять вручную, в то время как управление панорамой будет осуществляться с помощью записанных ранее пресетов.

Уровень, установки эквалайзера, управление сменой эффектов - все это можно заранее запрограммировать, чтобы впоследствии не допустить досадную ошибку. Другими словами, система автоматизации - это дополнительная память и руки оператора. Звукоинженер контролирует процесс регулировки и смены пресетов, но однажды запрограммировав сценарий, он может надеяться на постоянные удовлетворительные результаты.

3

Системы звукоусиления и области их применения

Введение

В разных условиях необходимо использовать системы, обладающие различными техническими характеристиками. Ниже будут рассмотрены типичные системы и сферы их применения, включая озвучивание небольших групп, стационарные и мобильные инсталляции, а также такие аспекты, как возможность расширения систем звукоусиления, их мощность и эффективность.

Выбор системы звукоусиления следует начинать с определения задачи, для решения которой предназначена та или иная система. Если необходимо озвучивать деловые презентации с большим скоплением людей, то главная цель - донести звук одинаковой громкости (приблизительно 85 dB) до каждого из присутствующих независимо от того, в какой точке зала он находится. В этом случае абсолютно недопустим слишком громкий звук, оглушающий аудиторию.

Ресторанная музыка

При озвучивании такого рода помещений необходимо принимать во внимание тот факт, что люди приходят в эти заведения не только послушать музыку, но и пообщаться друг с другом. Рекомендуемый уровень громкости - примерно 95 dB.

Небольшие коллективы

Для озвучивания небольших акустических ансамблей и певцов подойдет звукоусиливающая аппаратура, обеспечивающая уровень громкости около 110 dB и позволяющая добиться более выразительного звучания.

Музыка в стиле рок

Роковым музыкантам для достижения высоких значений уровня сигнала необходима большая мощность звукоусиливающих систем, порой приближающаяся к болевому порогу* (приблизительно 130 dB). В обычных условиях не рекомендуется превышать уровень громкости 95 dB.

---

* Далее в качестве болевого порога автор иногда использует уровень 120 dB. - Примеч. ред.

Классическая музыка

Для классической музыки огромное значение имеет динамический диапазон, дабы различать звуки в широком динамическом диапазоне - от скрипичного соло, до мощного крещендо с литаврами. Звукоусиливающая система должна выдерживать 120 dB пиковой нагрузки, иметь естественное звучание и низкий уровень посторонних шумов.

Танцевальная музыка

По требованиям, предъявляемым к звукоусиливающим системам, танцевальная музыка близка к роковой. Она требует, быть может, меньшей громкости, но должна быть более локализована и иметь акцентированный, хорошо читаемый бас. Нельзя оставлять без внимания и тот факт, что люди находятся в дансинг-клубах длительное время (да еще под воздействием различного рода расслабляющих средств). Время от времени у них появляется желание поговорить друг с другом или, по крайней мере, окликнуть кого-нибудь. Рекомендуется поддерживать уровень громкости 95 dB, хотя на практике он имеет тенденцию повышаться до 118 dB.

Естественно, все вышесказанное носит рекомендательный характер и определяется вкусом и чувством меры. Еще одно, о чем нельзя забывать, - уровень звука достаточно относителен. Когда вы приходите в дансинг-клуб, может показаться, что музыка звучит довольно громко, но через какое-то время уши привыкают и дискомфорт пропадает. Только оказавшись снова на улице, вы поймете, что в течение нескольких часов подвергались интенсивной обработке децибелами.

Таким образом, наиболее существенным является контраст, а не абсолютная величина уровня громкости. Этой особенностью человеческого восприятия пользуются исполнители, работающие без микрофона и существенно понижающие уровень громкости перед кульминацией для создания иллюзии громкого пения. Это, пожалуй, самый главный и наиболее трудно понимаемый аспект "живого" звука (попробуйте поговорить о динамике со среднестатистическим гитаристом или барабанщиком, и он подумает, что речь зашла об автомобилях).

Динамика исполнения помогает вдохнуть в произведение жизнь, придавая ему выразительность, в противном случае приходится прибегать к банальному повышению уровня громкости.

В качестве эксперимента немного уменьшите общую громкость на выходе. С вероятностью 99% можно утверждать, что этого никто не заметит. Единственное, с чем вы не в состоянии совладать, так это с барабанщиками и гитаристами, работающими через свой усилитель. Впрочем последние модели гитарных усилителей оборудуются MIDI-контроллерами, позволяющими осуществлять дистанционное управление. Это могучее подспорье для звукоинженеров в перманентной борьбе с "громкими" гитаристами.

Проблемы звукоусиливающих систем

Существуют общие критерии оценки систем звукоусиления, независимо от их комплектации.

Тест для системы звукоусиления

Любая система должна:

1. Воспроизводить без искажений звук достаточной громкости.
2. Иметь приемлемый уровень посторонних шумов и достаточно широкий динамический диапазон.
3. Охватывать всю аудиторию четким неразмытым звуком (реверберационные процессы).
4. Обеспечивать достаточный уровень громкости микрофонов без самовозбуждения.

С технической точки зрения эти критерии зависят от параметров мощности, эффективности, дисперсии и разделения системы.

Мощность, эффективность, дисперсия и разделение

Выбор подходящей системы звукоусиления - это искусство нахождения компромисса между качеством, удобством, функциональностью и надежностью. Например, для достижения плотного мощного баса необходимы большие динамики, а чем больше динамик, тем больше его магнит, тем больше размер и вес всей колонки. Большинство же людей по вполне понятным причинам предпочитают более легкие и менее крупногабаритные системы. Не вызывает недоумения и тяга к простоте коммутации, присущей системам со встроенными в пульты усилителями, хотя раздельные системы обеспечивают более полное, гибкое и качественное управление. Необходимо выяснить - может ли комбинированная система расширяться за счет более качественных эффектов, предусмотрены ли в ней разрывы для подключения внешних процессоров, есть ли возможность работать в режиме двухполосного усиления и осуществлять перекрестную перекоммутацию усилителей в экстренных ситуациях. Если какая-либо возможность отсутствует, то следует понять, насколько данная функция действительно необходима. Все это и есть искусство нахождения приемлемого компромисса.

Мощность

При расчете мощности системы необходимо руководствоваться следующим правилом - на каждого из присутствующих в зале должен приходиться 1 W*. Но это идеальный вариант, когда не надо бороться с гитарными "комбиками" и барабанщиком, молотящим по своей ударной установке так, будто от этого зависит его жизнь. Если это безобразие происходит в небольшом зале, то у вас очень мало шансов добиться слышимого вокала. Лучший способ преодолеть подобный кризис - попросить барабанщика умерить свой пыл и играть чуть-чуть тише. Это все же приятнее, чем бороться с ним, увеличивая мощность звукоусиливающей системы. Очень эффективный метод снижения шума на сцене - мониторная подзвучка музыкантов. Барабанщики зачастую играют громко потому, что в противном случае они себя попросту не слышат. Озвучивание микрофонами ударной установки и подача микса на мониторы поможет барабанщику играть тише.

Эффективность

Одним из ключевых факторов при определении необходимой мощности звукоусиливающей системы является эффективность*. Для более глубоко-

---

* Это скорее критерий для озвучивания речи, нежели для музыкальных программ, попробуйте озвучить стандартный кинотеатр всего одним киловаттом. - *Примеч. ред.*

го понимания этой проблемы необходимо ознакомиться с концепцией децибела, обсуждаемой в следующем разделе.

Практически же дело обстоит следующим образом. Допустим, нам необходимо сделать выбор между двумя колонками одинаковой стоимости и различной мощности (400 W и 200 W). Вероятно, ваша рука непроизвольно потянется к более мощной 400-ваттной, но не надо торопиться. Перед окончательным решением неплохо бы повнимательнее изучить технические характеристики обеих колонок. Информация об эффективности громкоговорителей зашифрована в следующих строках:

200 W: 106 dB на 1 V на расстоянии 1 m (на частоте 1 kHz)

400 W: 96 dB на 1 V на расстоянии 1 m (на частоте 1 kHz)

Эти характеристики говорят о том, что для достижения эквивалентного уровня громкости на 400-ваттной колонке придется приложить дополнительные 10 dB мощности усилителя. Для увеличения мощности на 10 dB необходимо увеличить мощность выхода усилителя в перерасчете на ватты в 10 раз. Таким образом, 10-ваттный усилитель с первой колонкой и 100-ваттный со второй будут воспроизводить одинаковый уровень громкости. Видимо, теперь ваш выбор не будет столь однозначным.

Существуют, конечно, и другие критерии оценки, влияющие на выбор той или иной системы. Это может быть частотный диапазон, эффективность работы на различных частотах и многое другое. В общем, настоятельно рекомендуется послушать все возможные варианты, прежде чем остановиться на одном из них.

Увеличение громкости на 3 dB потребует двукратного увеличения мощности усилителя в Ваттах. Таким образом, если существует возможность получить "лишних" 3 dB, то это совсем не так уж и мало, поскольку эквивалентный результат за счет усилителя потребует увеличение его мощности в два раза. Этот фактор учитывается при использовании микрофонов, колонок и электронного оборудования, что позволяет увеличивать громкость без превышения порога, за которым начинаются искажения.

Децибел (dB)

Децибел определяется через логарифм отношения измеряемой величины к величине, принятой за точку отсчета. Преимущество применения этой единицы измерения состоит в том, что децибелы можно складывать и вычитать вместо того, чтобы производить достаточно сложные математические расчеты.

Напряжение в децибелах (dB)**

За нулевой уровень принимается напряжение равное 0.775 V (dBu). В некоторых приборах японского производства за нулевой уровень принимается напряжение 1 V (dBV), но это скорее исключение, чем правило.

Напряжение в децибелах вычисляется по формуле:

$$dB = 20 \lg (v/Vref)$$

Это означает, что:

---

* То, что автор называет "эффективностью", в отечественной терминологии звучит как "характеристическая чувствительность". - *Примеч. ред.*

** Строго говоря, в dB измеряется не напряжение или мощность, а уровень напряжения или мощности - то есть dB является безразмерной единицей. - *Примеч.* ред.

если уровень выходного сигнала консоли 0.775 V, то уровень сигнала равен 0 dB.

если уровень выходного сигнала консоли 1.55 V, то уровень сигнала составляет +6 dB.

уровень выходного сигнала консоли 7.75 V (например при пиковых значениях сигнала) эквивалентен +20 dB.

Для обратного перерасчета используется формула:

если dB = 20 lg (v/Vref), то

$$dB/20 = lg\ (v/Vref)$$

$$10^{dB/20} = v/Vref$$

Для обратного перерасчета используется формула:

если dB = 20 lg (v/Vref), то

dB/20 - lg (v/Vref)

и наконец

$$v = 10^{dB/20} x\ Vref.$$

Таким образом:

+4 dB = 1.23 V профессиональный линейный уровень
+3 dB - 1.095 V
+6 dB = 1.55V удвоенное напряжение нулевого уровня
+20 dB = 7.75V десятикратное напряжение нулевого уровня
-10 dB = 245 mV
-7.8 dB = 316 mV полупрофессиональный линейный уровень
-20 dB = 77.5 mV гитарный уровень
-50 dB = 2.45 mV микрофонный уровень

Заметим, что по японской шкале -10 dBV эквивалентны 316 mV или -7.8 dB.

Подобная формула используется и для измерения звукового давления (SPL), где за нулевой уровень принимается давление 0.0002 dyne/cm^2 (или 20 цРа).

По этой формуле можно вычислить падение звукового давления (SPL) по мере удаления от источника звука, например при звуковом давлении 96 dB на 1 W на расстоянии 1 m падение SPL на 10 m от источника составит 20 lg (10/1) = 20 dB. Таким образом, на расстоянии 10 m от источника SPL = 96 dB - 20dB = 76 dB.

Мощность в децибелах (dB)

Мощность в децибелах вычисляется по формуле:

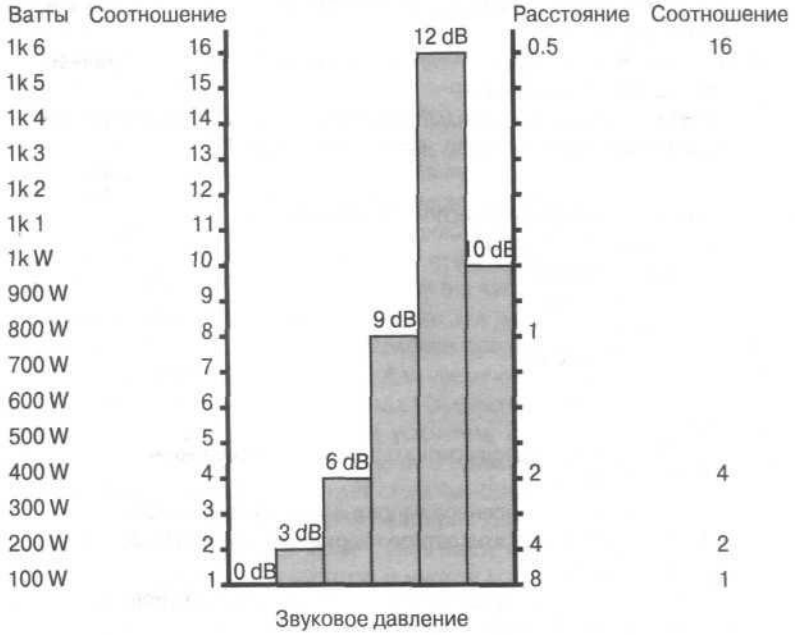
dB = 10 lg (W/Wref), где Wref - 1 mW на 600 Ohms.

Таким образом

10 dB = 10 lg 10
6 dB = 10 lg 4 (приблизительно)
3 dB = 10 lg 2 (приблизительно)
-3 dB - 10 lg 1/2
-6dB - 10 lg 1/4
-30 dB = 10 lg 1/1000

Звуковая мощность вычисляется по этой же формуле с Wref = 10^{-12}W.

Графическое представление соотношения мощности в децибелах (dB).



Дисперсия

Основными параметрами при определении необходимого количества и типа колонок являются дисперсия* и объем помещения. Дисперсия определяет способность системы охватывать звуком определенную область на заданном расстоянии.

Динамики с большой дисперсией позволяют охватить звуком большую область, но в этом случае появляются проблемы, связанные с неравномерностью распространения звука на различных частотах и его размытостью (звук отражается от множества поверхностей, вызывая реверберационные процессы). Динамики с малой дисперсией в меньшей степени подвержены этим недостаткам, но для того, чтобы озвучить аналогичное по объему помещение, необходимо их большее количество, что ведет к усилению интерференции между динамиками и возникновению множества различного рода проблем, связанных с частотной отдачей.

Вооружившись концепцией дисперсии и прикинув необходимую мощность с учетом эффективности, можно приступить к выбору типа корпуса колонки.

Существует несколько типов корпусов. Все конструкции имеют свои преимущества и недостатки. В большинстве случаев приходится полагаться на опыт разработчиков, надеясь, что они максимально эффективно используют преимущества тех или иных конструкций, нивелируя их недостатки, но все же полезно иметь общее представление о свойствах различных типов корпусов колонок.

---

* В отечественной теории и практике звукоусиления эта характеристика до недавнего времени называлась "направленностью". - *Примеч.* ред.

Диполь

Это самая простая конструкция с динамиком в корпусе с открытой задней стенкой. Этот тип корпусов часто используется для гитарных "комбиков" и автомобильных колонок. Диполь очень прост в производстве. Основная проблема - интерференция между передней и задней частями конструкции, которая приводит к потере низкочастотной составляющей сигнала. Эффективность преобразования электрического сигнала в звук очень мала и составляет всего 5-10%.

Закрытый корпус

Следующий логический шаг в улучшении конструкции - полностью закрытый корпус, подавляющий интерференционные процессы. Мы получаем прекрасный низ, но это крайне неэффективная конструкция, поскольку приходится постоянно преодолевать сопротивление воздуха, находящегося в закрытой части корпуса колонки.

Различные типы корпусов колонок

Фазоинвертор (басовый отражатель)

В колонках с фазоинвертором имеется специальное отверстие, позволяющее воздуху беспрепятственно перемещаться внутри колонки, не вызывая, тем не менее, интерференционных процессов. Результаты, полученные за счет применения фазоинверторных конструкций, произвели своеобразную революцию в технологии изготовления корпусов колонок. Научное обоснование фазоинверторных процессов в семидесятых годах провели Nevile (AN) Thiele и Richard Small. Их теоретические изыскания будут подробнее рассмотрены ниже. Сейчас же необходимо отметить лишь то, что конструкция корпуса и фазоинверторного отверстия сильно влияют на работу динамиков.

Трехполосная колонка EAW LA325.

Применяя в драйвере взвешенный диффузор (так называемый пассивный излучатель) можно получить разновидность фазоинверторной конструкции корпуса колонки.

Рупоры

Еще со времен изобретения фонографа и мегафона люди осознали роль рупора в придании звуку направленности. Фокусируя звуковую энергию, рупор позволяет добиться очевидного усиления.

Рупорная конструкция применяется для всех видов динамиков. Есть басовые рупоры, ставятся рупоры и на среднечастотные динамики, а для высокочастотных они стали практически стандартом. В басовых кабинетах рупоры должны иметь внушительные размеры (вследствие большой длины волны), поэтому применяются свернутые рупоры, позволяющие существенно уменьшить размеры корпуса. Увеличение эффективности системы за счет применения рупора составляет 1.5-30%.

Принцип действия рупора основан на концентрации энергии в заданном направлении. Таким образом, она не рассеивается во все стороны, и звук фокусируется в направлении, определяемым рупором.

Комбинация рупорной середины и фазоинверторного баса

Как и следовало ожидать, конструкторская мысль не остановилась на разработке колонок строго одного вида - появились системы, сочетающие в себе несколько технологий. Один из таких гибридов - колонки с басовым фазоинвертором и рупорной серединой. Конструкция идеально подходит для обычного применения и воспроизведения вокала - то есть, везде, где требуется хорошая перспектива звука. Эта довольно сложная система имеет тенденцию усиления отдачи на частоте разделения между рупорной и фазоинверторной частями.

Комбинация рупорного баса и закрытой середины

Использование корпусов с рупорным басом и закрытой серединой позволяет добиться мощных выразительных низов. Конструкция идеальна для озвучивания басовых инструментов, барабанов и органов. Колонки имеют достаточно сложное устройство и менее эффективны по сравнению со среднечастотными рупорными кабинетами, но зато идеально воспроизводят низы.

Приведенная ниже таблица резюмирует достоинства и недостатки каждой из конструкций.

Таблица характеристик корпусов различных типов

Тип системы	Сложность конструкции	Отдача	Характеристика	Использование
Диполь	очень простая	проваленный бас	хорошая проекция	гитарные комбо
Закрытый корпус	простая	ровный или проваленный бас	плотный звук	гитара, средние частоты, вокал
Фазоинвертор	сложная	ровная	мягкие верха и плотный бас	напольные мониторы, вокал
Рупор	очень сложная	ровный или проваленный бас	плотный бас середины низкочастотного диапазона	низкочастотные встроенные блоки
Комбинация (среднечастотный рупор)	сложная	увеличение отдачи рупорной составляющей	хорошая проекция	общее использование и вокал
Комбинация (рупорный бас)	очень сложная	усиленный бас	суперплотный бас	басовые инструменты

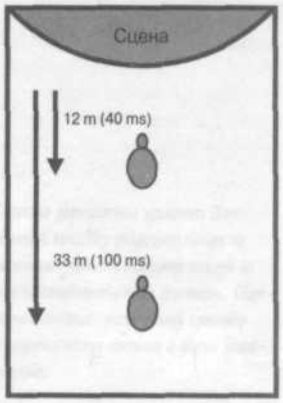
Системы з&риадаю и власти их пржнеш

Теперь, рассмотрим, как же использовать различные типы корпусов.

Раздельно расположенные порталы

В большинстве случаев колонки располагают в виде двух отдельных порталов (слева и справа от сцены). Басовые бины монтируются внизу, так как имеют достаточно широкую направленность, на них устанавливаются среднечастотные колонки и рупоры (приблизительно на уровне головы слушателя вследствие их сравнительно узкой направленности).

Такая расстановка создает очевидную проблему - как добиться высокого уровня громкости в конце зала, не оглушив людей, сидящих перед сценой. Уровень громкости сигнала падает на 3 dB с очередным увеличением расстояния в два раза. Поэтому, если уровень сигнала на расстоянии 1 m равен 100 dB, то на расстоянии 32 m он упадет до 85 dB. Чтобы сопоставить эти величины, приведем жизненный пример. 100 dB - это уровень громко звучащей классической музыки или гитарного усилителя, находящегося в одном метре от вас, в то время как 85 dB - уровень акустической гитары.



Другая проблема - баланс между прямым (исходящим из динамика) и реверберационным (отраженным от различного рода поверхностей) сигналами. Реверберационный сигнал, образующийся из множества отраженных сигналов с различными временными задержками и частотной окраской, накладывается на прямой сигнал, размывает звук, делает его нечетким, а порой и неприятным. Единственный способ решить подобную проблему - повысить прямую составляющую суммарного сигнала. Этого можно достичь за счет расположения множества колонок вблизи каждой из частей зала, а в больших помещениях - установить их вдоль стен. За 1 ms звук проходит расстояние в 30 ст. ЭТОТ факт необходимо учитывать при коррекции временных задержек сигнала, позволяющих уменьшить эффект эха между локальными и удаленными колонками. В противном случае резко ухудшится качество звука. Расстояние в 12 m приводит к задержке в 40 ms, что воспринимается как эффект хоруса или искусственного дублирования треков. На 33 m задержка увеличится до 100 ms и будет восприниматься на слух уже как достаточно отчетливое эхо. Для того чтобы сохранить направленную перспективу звука, локальные колонки должны иметь задержку чуть больше 1 ms на каждые 30 ст.

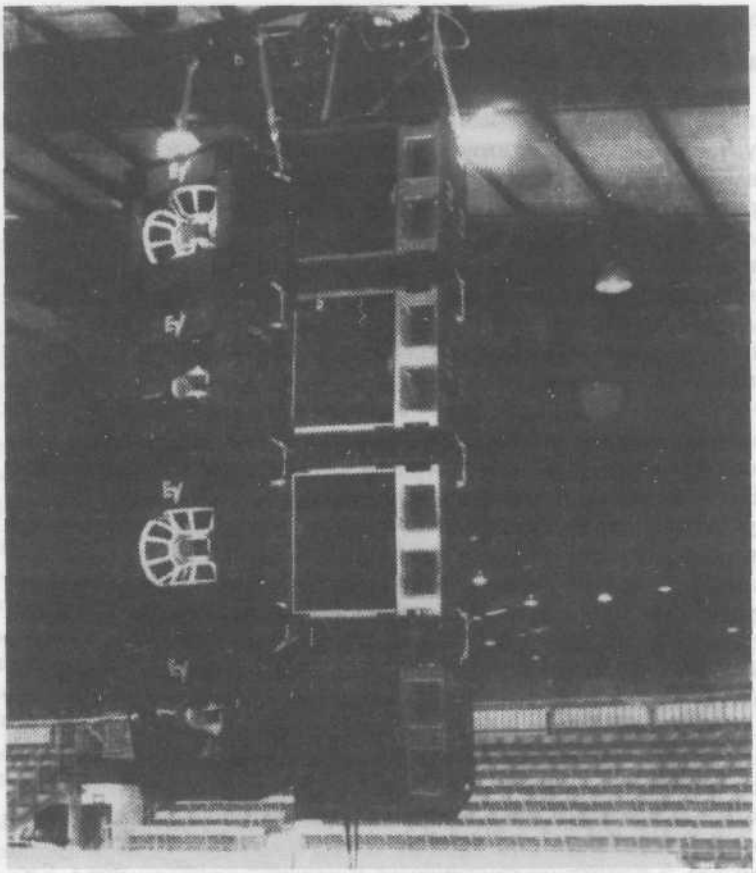
В качестве альтернативного варианта можно воспользоваться множеством широкополосных колонок с узкой дисперсией, монтируемых в задней части зала. Такая конструкция позволяет избежать отражений сигнала от поверхностей. Основной недостаток этого метода состоит в том, что для перекрытия всего пространства требуется большое число колонок и, если не уделить этой проблеме пристального внимания, возможно возникновение интерференционных явлений между ними.

Еще одно размещение - подвесные стеки колонок, каждая из которых озвучивает свою область зала. При такой инсталляции громкоговорители сосредотачиваются в ограниченном пространстве, что позволяет оптимизировать интерференционное взаимодействие различных частей системы. Для облегчения конструкции субвуферы можно расположить на уровне пола (низкочастотный звук обладает широкой дисперсией).

Примечание

Так как звук распространяется с ограниченной скоростью, он достигает конца зала с некоторым опозданием, поэтому могут потребоваться компенсирующие этот эффект задержки.

Подвешенные стеки громкоговорителей позволяют направлять звук в различные части зала.



Применение

Работа в условиях естественной реверберации ("живая" акустика) обусловливает применение узкодисперсных громкоговорителей. Это резко увеличивает число колонок, необходимых для озвучивания всего зала. Следовательно, особое внимание приходится уделять тому, чтобы между ними не возникло интерференции. Для залов с небольшой реверберацией можно использовать колонки с более широкой дисперсией, сосредотачивая их в одном месте и, таким образом, снижая общий уровень интерференционного взаимодействия.

Разделение (системы двухполосного усиления)

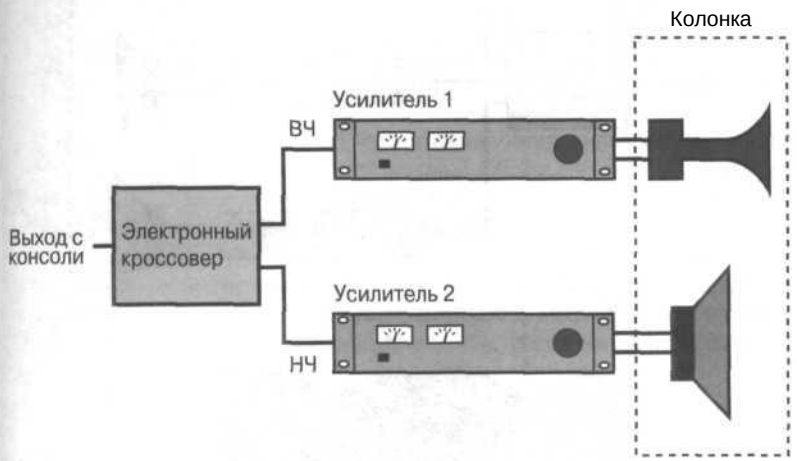
Еще один немаловажный аспект работы систем звукоусиления - качество и эффективность функционирования отдельных ее частей независимо друг от друга. Интерференция, возникающая между динамиками, имеет акустическую природу, однако аналогичные процессы свойственны и электронным компонентам системы.

Начнем с того, что не хотелось бы нагружать динамики теми частотами, для воспроизведения которых они вовсе не предназначены. Это сильно снижает эффективность системы, а зачастую приводит к катастрофическим последствиям. Например, попытка воспроизвести высокочастотный сигнал басовым драйвером (вуфером) не увенчается знаменательным успехом, а подача низкочастотного сигнала на высокочастотный динамик может привести к тому, что с ним (с динамиком) придется навсегда распрощаться.

В колонках обычно стоит пассивный кроссовер, распределяющий сигнал между соответствующими динамиками по частотным диапазонам. Для этого используются пассивные (без внешнего питания) емкостные и индуктивные фильтры, называемые пассивными кроссоверами. В дешевых системах могут стоять обычные резисторы, снимающие избыточную мощность с драйвера, однако, это приводит к бесполезному расходу мощности усилителя и его нагреву. Пассивные кроссоверы монтируются внутри корпусов колонок и находятся в электрической цепочке между усилителем мощности и собственно динамиками.

Пассивные кроссоверы слишком просты, чтобы ожидать от них высокой продуктивности. Гораздо больший эффект достигается за счет применения их активных электронных однофамильцев. Они позволяют более тонко разделять выходной сигнал консоли на частотные диапазоны, а затем обрабатывать каждую из частотных полос соответствующим усилителем, специально оптимизированным для работы с данным частотным спектром сигнала. Это означает, что усилитель работает только в том частотном диапазоне, для которого он был разработан, а перегрузки на других частотах никоим образом не скажутся на его работе, чего нельзя гарантировать в системах с пассивным разделением частот. Кроме того, это позволяет оптимальным образом использовать мощностные и переходные характеристики усилителя, значительно увеличивая эффективность системы по сравнению с широкополосным усилением.

Системы трехполосного усиления



Система двухполосного усиления. Электронный кроссовер разделяет сигнал на частотные полосы и передает каждую из них на соответствующий усилитель. Обратите внимание: электронный кроссовер находится между консолью и двумя усилителями.

Системы трехполосного усиления отличаются от вышеописанных систем только тем, что сигнал разбивается не на два, а на три частотных диапазона.

Усилители

Кроссоверы разделяют сигнал на частотные полосы для раздельного усиления. Стереосигнал усиливается стереоусилителем, который в ряде случаев можно использовать для усиления двух моносигналов.

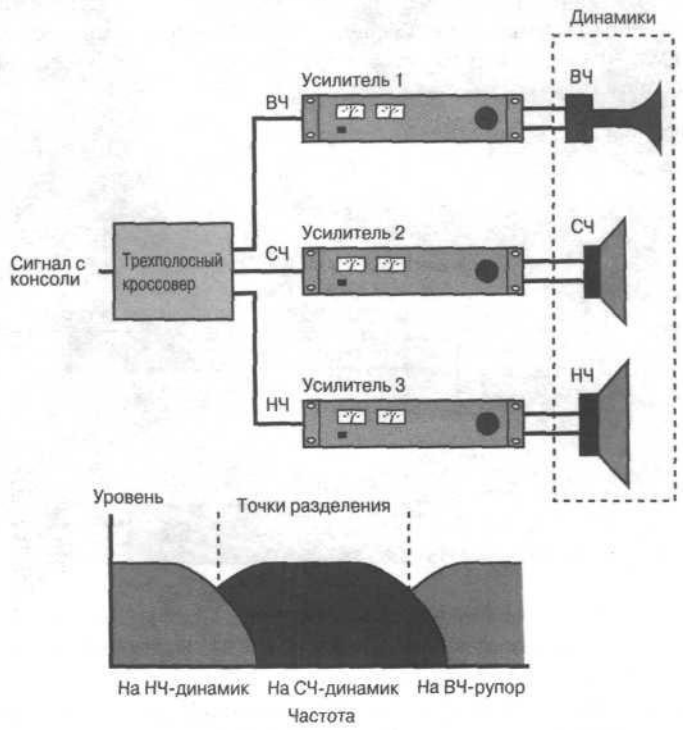
Согласование усилителей и динамиков

Одним из самых простых способов увеличения выходной мощности системы, не требующим дополнительных капиталовложений, является правильное согласование усилителей и динамиков по сопротивлению. Большинство усилителей рассчитаны на нагрузку в 4 Ohms, в то время как большинство динамиков имеют сопротивление 8 Ohms. Для того, чтобы по максимуму использовать запас мощности 4-омного усилителя, можно нагрузить его двумя соединенными параллельно 8-омными динамиками. Комбинация из двух работающих в паре динамиков увеличивает звуковое давление при-

мерно на 30%. Усилитель немного нагреется, но все же справится с такой нагрузкой. Этот нехитрый прием позволит на 42% увеличить выходную мощность усилителя, избавив вас от необходимости покупать более мощный. Фактически такой выигрыш эквивалентен 3 dB, которые не особенно сильно расширят динамический диапазон сигнала (но иметь их в запасе никогда не вредно).

Необходимо строго следить за тем, чтобы мощность усилителя и частотный спектр сигнала равномерно распределялись между динамиками, в противном случае возможна перегрузка и повреждение одного из них. В случае использования стереоусилителя мы можем подключить по два параллельно соединенных динамика к каждому из каналов (всего получится 4 динамика). Увеличение количества динамиков, подключенных к усилителю, позволяет ориентировать их в различных направлениях, увеличивая тем самым охватываемую зону. Это также снижает мощность, падающую на каждый из динамиков, поскольку при подобной конфигурации они становятся разделяемой по отношению к усилителю нагрузкой.

В трехусилительных системах сигнал разбивается на три диапазона



Примечание

Нагружая 100-ваттный усилитель, рассчитанный на нагрузку в 4 Ohms 8-омным динамиком, мы можем снять с него около 70 W. Если же нагрузить тот же самый усилитель двумя 8-омными динамиками соединенными параллельно, то можно отобрать все 100 W (по 50 W на каждый из динамиков).

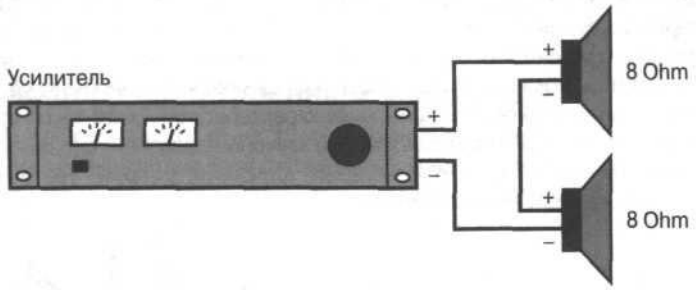
Однако не следует увлекаться и навешивать на усилитель слишком много динамиков, поскольку 4 Ohms на самом деле - предел для большинства усилителей. Некоторые знатоки утверждают, что можно снизить сопротивление нагрузки усилителя до 2 Ohms, однако к таким рискованным заявлением необходимо относиться с большой осторожностью и, прежде чем сделать это, следует досконально изучить спецификацию прибора. Чрезмерное уменьшение нагрузки может сопровождаться потерей качества (понижение дэмпинг-фактора приводит к слабо контролируемому басу), а некоторые усилители могут попросту сгореть.

Последовательное и параллельное соединение динамиков

Если необходимо использовать несколько динамиков, не снижая сопротивление нагрузки усилителя, то можно применить описанные ниже схемы соединения.

В соответствии с законами электротехники последовательное соединение двух сопротивлений (в нашем случае динамиков) приводит к увеличению общего сопротивления системы и вычисляется по формуле:

сопротивление последовательного соединения = $\Sigma R(i)$,



Два 8-омных динамика соединены последовательно. Такое соединение увеличивает общее сопротивление нагрузки. На каждом из динамиков рассеивается одинаковая мощность. Поскольку каждый из динамиков можно направить отдельно, дисперсия, вероятно, увеличится.

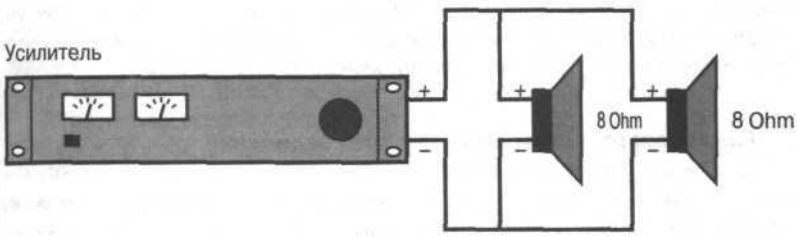
т.е. общее сопротивление последовательно соединенных нагрузок равно сумме сопротивлений, образующих цепочку. Общее сопротивление определяет силу тока. Увеличение сопротивления приводит к уменьшению силы тока. Их соотношение определяется законом Ома :

$V = I \times R$,

где V - напряжение в вольтах, I - сила тока в амперах, а R - сопротивление в омах. При равном сопротивлении нагрузок мощность, потребляемая каждой из них, будет одинакова. Мощность, рассеиваемую на нагрузке, можно вычислить по формуле:

$W = I2 \times R$,

где W - мощность в ваттах.



Два 8-омных динамика подключены параллельно. Параллельное соединение уменьшает общее сопротивление и может потребовать дополнительной мощности от усилителя. Мощность распределяется равномерно между нагрузками, имеющими одинаковые сопротивления. Большинство усилителей рассчитано на нагрузку в 4 Ohms, в то время как большинство динамиков имеют сопротивление 8 Ohms, следовательно, параллельное соединение динамиков позволяет использовать мощность усилителя на все сто процентов.

При параллельном соединении источник питает все нагрузки одновременно. В этом случае общее сопротивление R вычисляется по формуле:

$R = 1/(1/R1 + 1/R2 + 1/R3 + ...)$

Если используются нагрузки с одинаковым сопротивлением, то картина будет следующей. Последовательное соединение двух динамиков увеличивает вдвое сопротивление нагрузки усилителя. Аналогично, если соединить четыре динамика последовательно, то сопротивление нагрузки увеличится в четыре раза. Если соединить два динамика параллельно, то

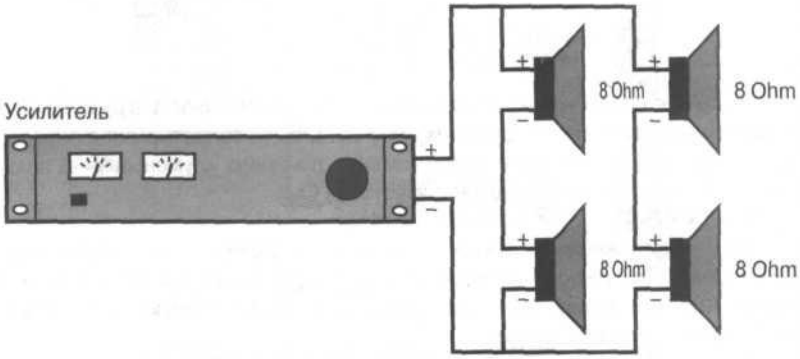
сопротивление системы уменьшится вдвое. Параллельное соединение четырех динамиков приводит к уменьшению сопротивления нагрузки усилителя в четыре раза.

На практике часто используется смешанное соединение. При этом две пары последовательно соединенных динамиков коммутируются параллельно между собой. Заметим, что если соединить таким образом четыре пары 8-омных динамиков, то общее сопротивление системы составит 4 Ohms.

Итак, если мы хотим подключить к усилителю четыре 8-омных динамика, сохранив общее сопротивление нагрузки 8 Ohms, то можно соединить два динамика последовательно (получим 16 Ohms), а затем скоммутировать эти пары параллельно (получится 8 Ohms). Сопротивление нагрузки, а следовательно, и мощность системы останутся без изменения. Для того, чтобы на каждом из динамиков рассеивалась равная мощность, необходимо, чтобы они имели одинаковые мощностные характеристики. Хотя такое соединение не дает выигрыша в мощности или звуковом давлении, оно позволяет использовать менее мощные и дешевые динамики, а также увеличивает объем охватываемой звуком области.

Примечание

Есть простой метод приблизительной оценки общего сопротивления параллельного соединения. Для этого необходимо определить нагрузку, имеющую наименьшее сопротивление и осознать, что общее сопротивление будет еще меньше.



Комбинированное соединение нескольких динамиков. Заметим, что если соединить таким образом четыре пары 8-омных динамиков, то общее сопротивление системы составит 4 Ohms.

Импеданс и сопротивление

Различие между сопротивлением и импедансом состоит в том, что сопротивление измеряется на постоянном токе, в то время как импеданс измеряется на переменном токе (например, на таком, который присущ аудиосигналу). Таким образом, импеданс измеряется на определенной частоте и, как правило, довольно сильно зависит от этой частоты.

Последовательное и параллельное соединение

Два любых прибора можно соединить двумя различными способами - последовательно и параллельно. При последовательном соединении через оба прибора проходит один и тот же сигнал. Мощность, потребляемая каждым из них, зависит от его сопротивления.

При параллельном соединении сигнал разветвляется в двух направлениях в пропорции, определяемой сопротивлением каждого из приборов. Мощность, приходящаяся на каждый прибор, зависит от его сопротивления.

Внимание, кроссовер !

При коммутации систем с активным кроссовером следует быть предельно внимательным.

1. Активный кроссовер должен находиться между микшером и усилителем. Его нельзя подключать к динамикам или выходу усилителя, иначе вы навсегда распрощаетесь с этим прибором. В большинстве случаев разъемы не позволят совершить подобную роковую ошибку, однако все же лучше быть повнимательнее.
2. Вы должны быть абсолютно уверены, что выходы кроссовера скоммутированы с соответствующими усилителями. Подача басового сигнала на высокочастотный драйвер может вывести его из строя, попытка воспроизвести высокочастотный сигнал басовым динамиком также не увенчается успехом.

Микшер со встроенным усилителем

Привлекательность пультов со встроенным усилителем заключается в том, что они значительно упрощают коммутацию. Обычно встроенные усилители имеют небольшую мощность (около 400 W), а качество встроенных эффектов оставляет желать лучшего. Самые достойные представители пультов этого класса имеют также мониторный усилитель.

Основная проблема подобных микшеров - ремонт и расширение функциональных возможностей. Если неисправна какая-либо часть пульта, то быстро восстановить ее работоспособность очень сложно, и в то время, когда пульт находится в ремонте, вы теряете всю систему звукоусиления, а не ее часть, которую можно было бы взять у кого-нибудь взаймы. Расширяемость пульта является одной из самых важных проблем, и путь ее преодоления тернист. Нелегко заполучить дополнительные входные каналы, возникают сложности использования более качественных внешних эффектов, порой невозможна коммутация внешних компрессоров, нереально увеличение мощности усилителя или использование двухполосных усилительных систем. Все сложности обычно обусловлены отсутствием достаточного количества коммутационных гнезд, необходимых для подключения дополнительного оборудования.

Микшер со встроенным усилителем фирмы Fender SR series

Например, если бы встроенный усилитель обладал возможностью перекоммутации, то его можно было бы использовать в качестве мониторного или для усиления одной из полос в двухполосной системе. Некоторые комбинированные пульты предоставляют такую возможность. Иногда в комбинированных пультах уже имеется встроенный мониторный усилитель, тогда при расширении системы у вас будет уже два мониторных усилителя.

Теоретически все это легко и просто, но, когда дело дойдет до реального расширения, у вас даже может зародиться мысль продать такой пульт. Если идти таким путем, то вы потеряете треть денег от первоначальной стоимости пульта, поэтому лучше подумать о возможных последствиях заранее*.

Системный подход

Описывая систему, практически невозможно обойтись без количественных характеристик, поэтому имеет смысл немного поговорить о них. Децибел (dB) определяется через логарифм отношения измеряемой величины к эталонной.

Если говорить о звуковом давлении (SPL), то, хотя самой маленькой различаемой на слух единицей является изменение в 1 dB, на практике чаще

* Микшеры со встроенными усилителями подчас являются замечательным и единственно возможным решением (например, в малобюджетных проектах или в мобильных компактных комплектах аппаратуры). Что же касается ремонтопригодности - здесь все зависит от модели и производителя. - Примеч. ред.

используется 3 dB. Чтобы увеличить SPL на 3 dB, необходимо вдвое увеличить мощность усилителя (то есть с 100 до 200 W, или с 500 до 1000 W). Увеличение звукового давления на 10 dB воспринимается как двойное увеличение громкости звука. Для этого придется увеличить мощность усилителя в 10 раз. Звуковое давление 0 dB соответствует порогу слышимости (0.002 dyne/cm^2).

Примеры систем

Системы звукоусиления для небольших помещений

Рассмотрим несколько примеров. Нам необходимо обеспечить в помещении уровень громкости звука 96 dB, который вполне подходит для ресторанов (но не для рок-концертов). Напомним, что разговорная речь имеет уровень 70 dB, а болевой порог - 130 dB.

Размер помещения (в метрах) - 10x 10x 3 = 300 m^3

Допустим, динамики выдают 96 dB при мощности 1 W на расстоянии 1 m. Для того, чтобы обеспечить уровень в 96 dB на расстоянии 10 m от источника, необходимо дополнительно

20 lg (10/1) = 20 dB, т.е. уровень вблизи колонок должен быть на 20 dB выше.

Для того, чтобы вычислить, сколько это будет в ваттах, воспользуемся формулой

$W = 10^{dB/10} x\ Wr$

Итак, $10^{20/10} x\ 1 = 100$ W

Это означает, что для того, чтобы добиться уровня в 96 dB в удаленном конце озвучиваемого помещения нам потребуется усилитель мощностью 100 W.

Остается еще множество проблем, и одна из них - высокий уровень звука рядом с колонками. Кроме того, в таком небольшом помещении очень сложно бороться с отраженным сигналом. Проблема решается за счет подбора колонок. Если используются обычные стеки, то постарайтесь не направлять динамики на стены и попытаться сориентировать средне- и высокочастотные динамики на удаленную часть зала для обеспечения большего охвата. Во избежание интерференции колонки следует разносить достаточно далеко друг от друга и соответствующим образом ориентировать в пространстве.

При определении необходимой мощности усилителя следует учитывать еще один фактор: усилитель должен иметь запас по мощности около 10 dB. Это позволит чисто и без искажений воспроизводить пиковые сигналы. Принимая это в расчет, необходимо внести следующие коррективы в наши предварительные расчеты:

$10^{30/10} x\ 1 = 1000$ W

Мощность 1000 W требуется только для чистого воспроизведения сигнала экстремального уровня. Это существенно повысит качество звучания системы. Напомним, что человеческое ухо воспринимает скорее не абсолютные уровни громкости, а их перепады, поэтому чистое воспроизведение пикового сигнала играет важную роль в восприятии общей звуковой картины.

Акустическая система DS-15 (300 W) с сабвуфером SUB-18 (500 W) фирмы D.A.S. (Испания), для подключения стереосистем D.A.S. используется процессор CT-1.

Помните, что запас мощности необходим только для повышения качества звука, а не для того, чтобы "насиловать" систему звукоусиления.

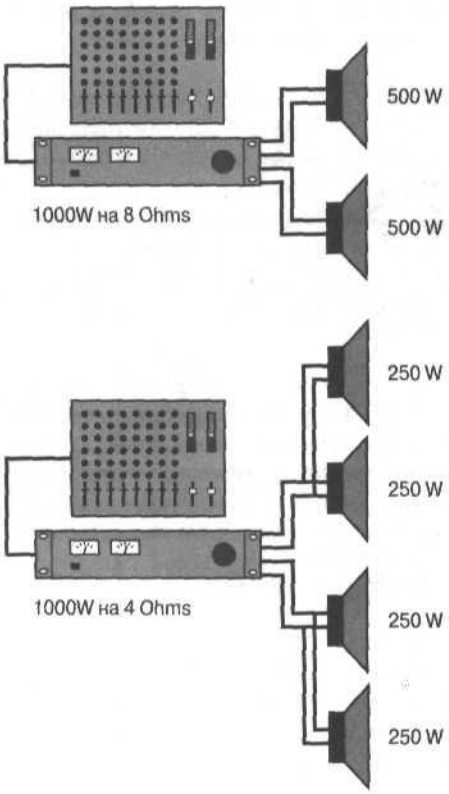
Динамики обычно рассчитываются таким образом, чтобы выдерживать кратковременные пятикратные перегрузки, поэтому очень важно знать может ли усилитель работать в таких ситуациях без искажений. Однако существует риск вывести динамики из строя, если усилитель будет постоянно работать на повышенных уровнях, поэтому для повышения надежности желательно использовать более мощные динамики. В целях экономии, принимая во внимание общепринятую точку зрения, можно обойтись динамиками с мощностью вдвое меньшей, чем мощность усилителя. Т.е. в нашем случае необходимы динамики мощностью 500 W, при мощности усилителя 1000 W.

Итак, нам необходима мощность 1000 W. Допустим, мы имеем 1000-ваттный стереофонический усилитель, развивающий поканальную мощность 500 W при нагрузке 4 Ohms. Применяя на каждом канале 8-омные динамики, мы будем использовать мощность усилителя только на 70%, т.е. поканальная мощность будет составлять 350 W. Для увеличения мощности системы можно либо использовать динамики с другим сопротивлением, либо соединить по два динамика параллельно, либо взять более мощный усилитель.

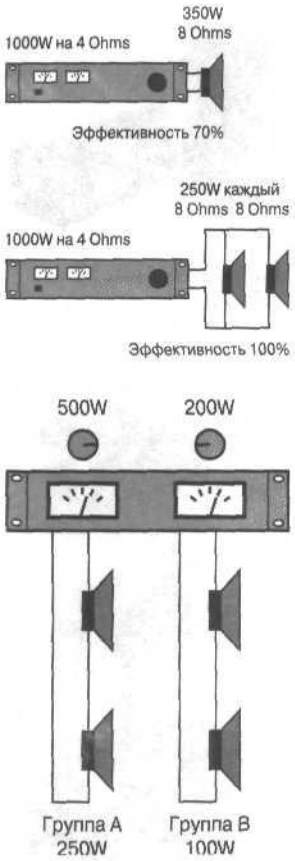
Если дополнительные динамики имеют различные характеристики, то можно отказаться от стереоусиления и усиливать каждую группу динамиков раздельно по каждому из каналов.

Параллельно соединенные однотипные динамики равномерно поделят между собой мощность усилителя, т.е. на каждый из них придется по 250 W.

Небольшой громкоговоритель TRC-61 фирмы Renkus-Heinz предназначен для инсталляций. Имеет два 15" вуфера общей мощностью 400 W RMS. Обеспечивает воспроизведение самых низких частот слышимого спектра – от 30 Hz до 100 Hz. Чувствительность 101 dB (1 W/1m), SPL 128 dB (cont. prog). Вес 64 kg.



Типичная система звукоусиления для помещений ресторанного типа (96 dB). Отметим, что запас мощности необходим для повышения качества, а не громкости.



Использование стереоусилителя в монорежиме для управления группой динамиков различных типов.

Если динамики действительно выдерживают пятикратную перегрузку, они могут быть заменены на 50-ваттные или, что более надежно, - на 100-ваттные. Конечно, предполагается, что вы эксплуатируете их в нормальном режиме - не забываете подключать оба динамика, следите за тем, чтобы усилитель не перегревался (в противном случае он может перегрузиться и вывести динамики из строя). Помните, что основная цель - добиться качественного контролируемого звука, а не нагружать чрезмерно усилитель, доводя его до белого каления.

Повреждения системы возможны также из-за различных инцидентов (например, падение микрофона может привести к безвременной кончине практически любого динамика). Защита динамиков от подобных случайностей будет рассмотрена позже.

Как упоминалось ранее, для обеспечения необходимой мощности 500 W при 8-омной нагрузке на каждом из каналов можно применить усилитель с более высоким коэффициентом усиления. Так как в этом случае эффективность системы составляет 70%, нам потребуется усилитель с поканальной мощностью (500/0,7) около 700 W и 500-ваттные динамики, поскольку каждый из каналов усилителя нагружен только одним 8-омным динамиком. Динамик мощностью 500 W - идеальный выбор, однако опять же (если мы используем систему со всеми предосторожностями) можно поставить и 100-ваттные динамики, памятуя о том, что они должны выдерживать кратковременную пятикратную перегрузку.

Системы звукоусиления для более просторных помещений

Теперь рассмотрим большее помещение, скажем 17 x 13 x 5 m и посмотрим, что получится. Возьмем полюбившийся нам уровень громкости, необходимый для ресторанов (96 dB) и договоримся использовать динамики одинаковой эффективности.

- Отметим, что низкие и высокие частоты будут обрабатываться отдельными усилителями, что позволит регулировать баланс между ними.
- Динамики соединены параллельно, то есть общее сопротивление нагрузки усилителя составит 4 Ohm.
- Для уменьшения отражений и повышения качества звука в конце зала используются рупорные колонки.
- Для стереосистем используются сдвоенные усилители (для раздельной обработки низкочастотной и высокочастотной составляющей сигнала).

Итак, нам необходимо озвучить помещение высотой 5 m, глубиной 17 *m* и шириной 13 m, то есть довольно-таки большой зал. Посмотрим, что же можно предпринять в таком случае.

Имея динамики, создающие звуковое давление в 96 dB при мощности 1 W на расстоянии 1 m, необходимо озвучить зал глубиной 17 метров. Проведем расчеты, аналогичные тем, которые были описаны выше.

$$20 \lg (17/1) - 25 \text{ dB}$$

Прибавим 10 dB, создающих запас по мощности, и получим конечный результат:

$$10^{35/10} \times 1 = 3100 \text{ W}$$

Монстр в 3 kW развивает слишком большую мощность вблизи сцены, поэтому придется подумать об использовании колонок, размещаемых в разных местах зала или (по крайней мере) установке более направленных порталов.

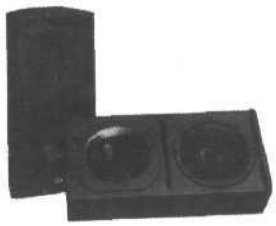
Не забывайте, мы говорим о качественной системе, работающей на средних уровнях и чисто воспроизводящей пиковые сигналы. Человеческое ухо ощущает скорее разницу в громкости звука, чем ее абсолютное значение, и более комфортно воспринимает четкий звук, чем громкий гул.

Для озвучивания большого помещения вряд ли можно обойтись одним динамиком, способным достаточно эффективно охватить всю область, поэтому необходимы рупоры, помогающие фокусировать звук в заданном направлении, снижающие влияние реверберационных процессов и нивелирующие эффект "бульдозера" (воздействие сигнала высокого уровня на людей, находящихся в непосредственной близости от порталов).

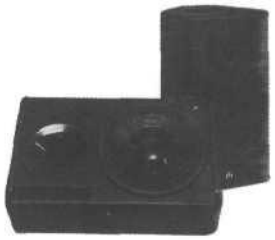
Имея дело с такой мощностью, неплохо бы подумать о двухполосном усилении, способном значительно улучшить качество звука и предоставить более комфортные условия для работы отдельных компонентов системы.

Если мы используем динамики с эффективностью 93 dB, то для того, чтобы добрать недостающие 3 dB, необходимо вдвое увеличить мощность усилителя и использовать систему колоссальной мощности в 6 kW. Помните однако о том, что эффективность динамика - это еще не все. Она может "плавать" в пределах 10 dB. Это объясняется тем, что при лабораторных испытаниях были выбраны "удачные" точки для снятия характеристик.

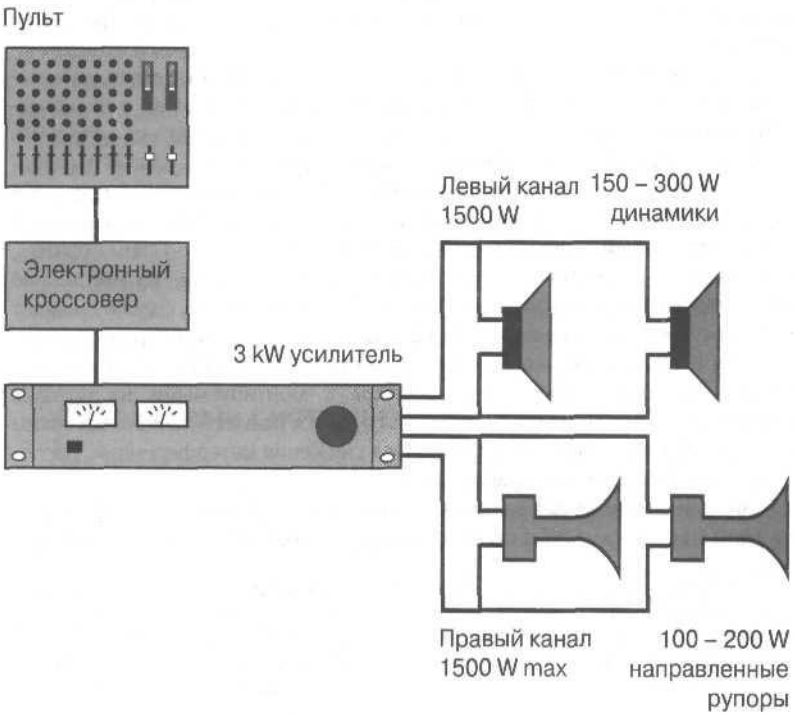
Если динамик не может качественно воспроизвести звук, то совсем неважно, какой громкости можно от него добиться - он останется эффективным и громким, но плохим динамиком. В любом случае, последнее слово всегда за вами, ваши уши - главный судья.



Громкоговоритель для инсталляций TRC-81 фирмы Renkes-Heinz. Имеет чувствительность 93 dB (1 W/1m), SPL 115 (cont. prog). 1" драйвер 40 W RMS, 8" вуфер 90 W RMS, полоса частот 65 Hz – 20 kHz. Угол раскрытия – 90 H x 60 V (120 H x 60 V). Вес 7,7 kg, габариты 30,2 x 24,75 x 22,9 см.



TRC-151 – мощный громкоговоритель для инсталляций, чувствительность 97 dB (1 W/1m), SPL 125 (cont. prog). 1" драйвер (40 W RMS), 2" драйвер (100 W RMS), 15" вуфер (350 W RMS) полоса частот 40 Hz – 17 kHz. Угол раскрытия – 60 H x 40 V (90 H x 40 V). Вес 32,2 kg.

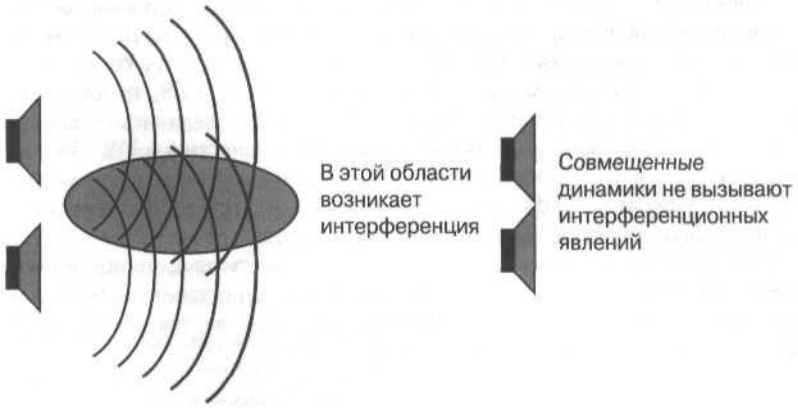


Типичная система звукоусиления для более просторных помещений (17 x 13 x 5 метров).

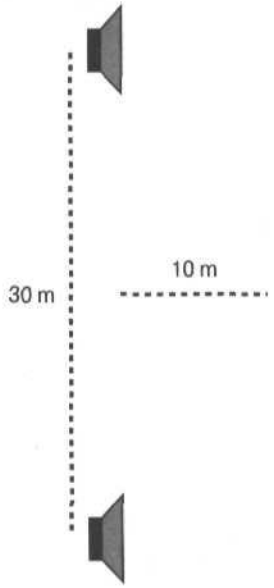
Устройства с несколькими динамиками

Если вы намереваетесь использовать систему с несколькими динамиками, то сначала необходимо решить ряд вопросов. В случае, когда динамики расположены в одном месте, они работают согласованно, и мощности колонок складываются, образуя как бы один большой кабинет. Это всегда верно для низкочастотных колонок. С высокочастотной составляющей сигнала дело обстоит немного сложнее. Она имеет короткую длину волны, поэтому временные задержки, обусловленные расстоянием между драйверами, становятся критическими и, возможно, результатом интерференции будет так называемый "гребенчатый" фильтр высоких частот*. В этих случаях необходимо уделять особое внимание размещению колонок (под разными углами и на различных расстояниях) и выбору динамиков с требуемой дисперсией.

Размещение динамиков. При воспроизведении одинакового моносигнала совмещенные динамики ведут себя подобно точечному источнику. Увеличение расстояния между динамиками может привести к фазовой интерференции.



Таким образом, необходимо придерживаться правила – динамики должны быть либо совмещенными, либо достаточно удаленными друг от друга (т.е. удовлетворять правилу 3 : 1).



Расположение колонок на небольшом расстоянии друг от друга усиливает интерференционный эффект и также порождает проблемы с низкочастотной составляющей сигнала. Для начала можно попытаться устранить проблему, располагая совмещенные стеки под различными углами или применить метод пространственного размещения 3 : 1 . Суть метода состоит в том, что необходимо разнести колонки на расстояние втрое большее, чем расстояние до аудитории, которую они должны озвучивать. Таким образом, если слушатель находится на расстоянии 10 m от сцены, то расстояние между порталами должно быть не менее 30 т. ЭТОТ подход сильно снижает вероятность возникновения интерференционных явлений и с успехом применяется в тех случаях, когда имеется достаточное пространство для размещения динамиков (например, системы с монтируемыми на потолке динамиками). Однако на сцене не всегда удается разместить колонки таким образом, поэтому приходится добиваться снижения интерференции, располагая колонки под различными углами.

Если совмещенные динамики воспроизводят одинаковый монофонический звук, то они ведут себя как точечные источники. Увеличение расстояния

* С терминами "фильтр высоких / низких частот" вечная путаница. Официально фильтром высоких частот (ФВЧ) называется устройство, пропускающее верхние и ослабляющее нижние частоты, то есть в данном случае речь скорее идет о фильтре низких частот. Подобные разночтения постоянно встречаются в импортных и отечественных журналах, так что об истинном значении этого термина приходится догадываться, исходя из контекста. - *Примеч.* ред.

между динамиками может привести к фазовой интерференции. Если разнести динамики на достаточно большое расстояние, то они становятся практически независимыми, что нивелирует эффект фазовой интерференции.

Системы двух- и трехполосного усиления

Система двухполосного усиления имеет два независимых усилителя (по одному на каждую из частотных полос), что позволяет управлять каждой из них отдельно. Наряду с разгрузкой компонентов системы, такой подход позволяет получить более чистый качественный звук, поскольку каждая из частей системы может сконцентрироваться на выполнении своей специфической задачи.

В системе двухполосного усиления применяется кроссовер активного типа, который располагается между микшером и усилителем. Обычно частота разделения кроссовера устанавливается в 800 Hz*.

Частоты разделения систем двух- и трехполосного усиления

Полоса	Двухполосное усиление	Трехполосное усиление
Высокие		2,5 kHz - 20 kHz
Средние	800 Hz - 20 kHz	800 Hz - 2,5 kHz
Низкие	40 Hz - 800 Hz	40 Hz - 800 Hz

Двухполосное усиление уменьшает вероятность возникновения интерференции между различными частотными диапазонами, позволяет оптимизировать мощность усиления по каждой из полос и способствует снижению перегрузок. Для корректировки сигнала можно использовать компрессию на выходах кроссовера. Кроме того, системы двухполосного усиления обеспечивают более безопасную работу динамиков, так как искажения, возникающие в одной из частотных полос, не проникают в другую. Например, искажения в низкочастотном диапазоне не попадают на твиттер и наоборот - басовый драйвер не тратит энергию на усиление высокочастотного сигнала. Все это дает возможность получить более ровный звук.

Поскольку высокочастотные драйверы в 3-5 раз эффективнее низкочастотных, то можно использовать для усиления верхов менее мощный усилитель. И если на басах стоит 1000-ваттный усилитель, то для рупоров вполне достаточно усилителя мощностью 200 W - мощность системы останется киловаттной. Это объясняется особенностями человеческого восприятия, а также физическими процессами, происходящими при передаче длинноволнового сигнала по воздуху и обуславливающими различие в эффективности усиления сигналов низких и высоких частот.

Суббасовые системы

Пассивные кроссоверы находят широкое применение в суббасовых бинах, которые работают в частотном диапазоне от 40 Hz и ниже. Этот диапазон может иметь большое значение для некоторых музыкальных стилей - он скорее чувствуется, чем слышится. Желательно, если это конечно возможно, отделять суббасовые частоты от обычных басовых динамиков, чтобы мощность усилителя и басового динамика не тратились понапрасну для усиления сверхнизких частот. В противном случае бас может потерять выразительность и четкость. Если в системе нет суббасовых бинов, то жела-

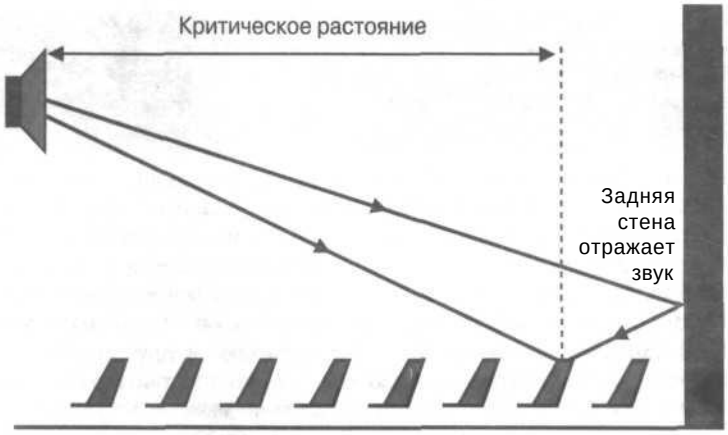
* Зависит от типа динамиков. - *Примеч. ред.*

тельно отфильтровать эти частоты с помощью обрезных фильтров микшера. Кроме того, суббасы могут стать причиной самовозбуждения из-за возникновения стоячих волн - здесь на помощь снова придут обрезные фильтры.

Критическое расстояние

Итак, мы имеем достаточно хорошее представление о том, что творится в непосредственной близости от динамиков. Теперь самое время поинтересоваться - что же происходит с аудиторией на другом конце зала? Меньше всего нас, конечно, интересуют прически сидящих там зрителей - гораздо интереснее знать, что они слышат на этих дешевых местах.

В чистом поле (или в специально изолированной безэховой комнате) вы слышите исключительно прямой звук. Здесь нет поверхностей, способных сформировать отраженный сигнал. Поэтому системы звукоусиления, работающие на открытом воздухе, должны быть более мощными и иметь боль-



Критическое расстояние динамика. На этом расстоянии отраженный звук имеет громкость, сопоставимую с прямым сигналом. Это размывает звук, делая его нечетким. Величина критического расстояния в большинстве случаев составляет 7 м.

ше динамиков. В условиях работы на уличных площадках проблемы, связанные с реверберационными эффектами, уходят, но появляются другие, речь о которых пойдет ниже.

Работая в закрытом помещении, необходимо принимать в расчет, что зал имеет множество отражающих поверхностей (пол, стены, потолок), самым непредсказуемым образом влияющих на звук. Отраженный сигнал складывается из множества сигналов, имеющих различные временные задержки и различную частотную окраску (в зависимости от частоты, поверхности по-разному отражают и поглощают звук). Все это приводит к тому, что мы получаем суммарный сигнал, качество которого далеко от совершенства.

Обычно отражения приобретают существенное влияние уже на расстоянии более 7 метров от направленного источника (динамика). Это так называемое критическое расстояние*, т.е. точка, в которой прямой и отраженный сигналы имеют одинаковую мощность.

Есть два пути решения этой проблемы. Первый - изменить акустические свойства зала, снизив количество отраженных сигналов. Здесь трудность состоит в том, что это необходимо сделать для всего частотного спектра

* Отечественный термин - "радиус реверберации". - *Примеч.* ред.

Способы увеличения критического расстояния:
(а) Уменьшить мощность отраженного сигнала за счет звукопоглощающих экранов и акустических свойств помещения.
(б) Направить динамики более точно на аудиторию.

сигнала, а не только для его высокочастотной составляющей, поэтому маловероятно, что вам помогут занавески. Также можно попытаться улучшить качество отраженного сигнала и использовать его наряду с прямым. Однако, все это заносит нас в сферу деятельности акустического дизайна, которая выходит за рамки вопросов, обсуждаемых в настоящей книге.

Второй способ решения проблемы отражений - применение узкодисперсионных динамиков, тщательным образом направляемых на слушателя, а не на отражающие поверхности. Тут нам потребуется применение компрессионных драйверов.

Компрессионные драйверы

Компрессионные динамики базируются на рупорной концепции, позволяющей сфокусировать звуковую энергию в определенном направлении. Сами рупоры можно сравнить со шлангом для поливки огорода. Если выходное отверстие широкое, то поливаемая площадь невелика, если же увеличить давление за счет уменьшения отверстия, то можно увеличить и площадь орошения.

Компрессионные рупоры действуют по тому же принципу. Рупоры имеют узкую горловину, расширяющуюся к выходу. Стенки рупора фокусируют звуковую энергию и придают акустической волне направление. Степень компрессии зависит от размеров горловины, длины и выходного

Рупор имеет узкую горловину, расширяющуюся к выходу. Стенки рупора фокусируют звуковую волну, придавая ей направление.

Трехполосная акустическая система CE-3T фирмы Renkus-Heinz имеет LF - 2 x 12" (2 x 350 W RMS), MF - 3 x 6,5" (2 x 220 W RMS), HF - 2 x 100 W RMS. Чувствительность 107 dB (1 W/1m), SPL 132 dB (cont. prog), полоса частот 50 Hz - 18 kHz. Угол раскрытия 60H x 30V, вес 80 kg. Снабжен удобной системой подвеса

Двухполосная акустическая система CE-3TMH фирмы Renkus-Heinz представляет собой mid/hight секцию. Чувствительность 113 dB (1 W/1m), SPL 140 dB (cont. prog), полоса частот 250 Hz - 18 kHz. Угол раскрытия 60H x 25V. Мощность MF - 3 x 220 W RMS, HF - 3 x 100 W RMS. Вес 74 kg.

отверстия рупора. По этой причине в сравнении с обычными динамиками, их компрессионные собратья нагружаются рупорами более внушительных размеров (выходная часть рупора для высокочастотных динамиков может достигать 18").

Существует множество разновидностей компрессионных динамиков, так что не составляет особого труда подобрать идеально подходящий для конкретных условий (дисперсия и расстояние). Для озвучивания близлежащих областей зала используются компрессионные динамики с большей дисперсией, уменьшающейся по мере увеличения расстояния. Естественно, необходимо помнить об интерференционных явлениях, однако возможность их возникновения можно довольно легко определить на глаз (проводя мысленную линию по прямой части рупора), на слух (выводя каждый из рупоров в режим соло) или с помощью специальных тестирующих приборов.

При инсталляции системы следует принимать во внимание тот факт, что акустические свойства зала меняются. Например, степень поглощения высокочастотной составляющей звука увеличивается по мере заполнения зала. Коррективы приходится проводить в рабочем порядке, поскольку аудитория не предрасположена слушать розовый шум тестирующего сигнала и вряд ли отнесется с пониманием к просьбе покинуть зал для проведения контрольных измерений звука.

Открытые площадки

Работа на открытом воздухе имеет свою специфику. Поскольку в этом случае у нас нет отражающих поверхностей, ограничивающих распространение звука, то нам придется руководствоваться следующим правилом - на каждого слушателя озвучиваемого пространства должно приходиться 2 W. Также надо быть готовым к тому, что публика, располагающаяся на большой площади, может хаотично перемещаться внутри озвучиваемого пространства.

Неожиданные сюрпризы, которые нельзя отнести к разряду приятных, вносят ветер и дождь. Последний порождает проблему защиты аппаратуры от воды, которая может вывести систему звукоусиления из строя, а ветер является причиной того, что звук "гуляет" по площадке.

В подобных условиях желательно применять звукоусиливающие системы, состоящие из большого количества динамиков небольшой мощности. Маловероятно, что у вас возникнут проблемы с настройкой линий задержки сигнала на открытом воздухе (отраженный сигнал практически отсутствует). Просто необходимо помнить, что звук распространяется со скоростью 0,3 m/ms. Как уже упоминалось ранее, для сохранения пространственной перспективы желательно давать чуть большую задержку, нежели это необходимо на самом деле.

При озвучивании мероприятий, происходящих на открытом воздухе, самое пристальное внимание следует уделять прокладке кабелей, их изоляции и защите. Поскольку публика практически не ограничена в возможности перемещения, эта проблема обретает особый, несколько зловещий смысл.

Моно против стерео

Концепция стереозвука при "живом" исполнении - довольно спорный вопрос. Хотя и желательно, чтобы все системы обладали объемным звуча-

нием, реальность такова, что большинство слушателей находятся в невыгодных условиях (по краям зала или на большем удалении от колонок, чем расстояние между ними), что не позволяет им в полной мере насладиться этим эффектом.

В концертном исполнении скорее приходится нивелировать естественную стереофоническую картину (яркий пример - ударная установка 7-метровой ширины). Таким образом, следует избегать радикального статичного панорамирования. Что действительно хорошо - так это случайное, время от времени происходящее изменение расположения источника в стереофонической картине, что может стать симпатичным дополнением к другим звуковым эффектам. Однако ведущие инструменты вряд ли выиграют от такого эффекта. Если расположить клавишные или скрипки слева, то в правой части зала их могут попросту не услышать. То есть панорамирование должно быть практически незаметным, если оно не происходит естественным образом и носит временный характер.

Для получения достаточно хорошего эффекта можно пользоваться широко разнесенными по панораме стереореверберацией и задержкой, поскольку они не являются основной частью сигнала и не приведут к потере сколь-нибудь важной информации. Хотя они и влияют на распространение звуковой волны, но если какая-то часть аудитории не слышит этого эффекта, это не будет существенной потерей.

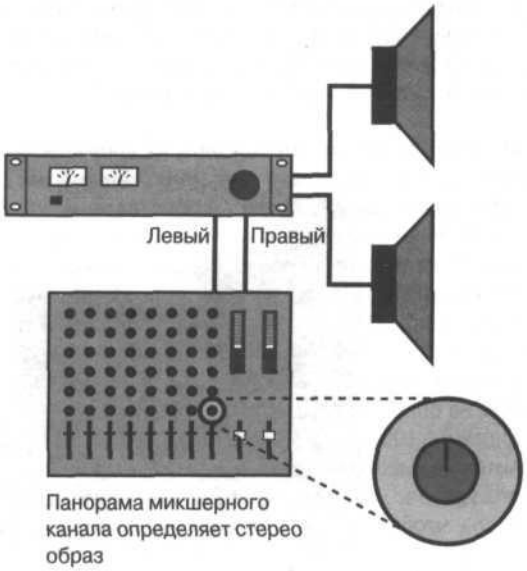
Отказаться от использования стереооборудования невозможно. В настоящее время очень сложно приобрести монофонический прибор, даже купить один динамик - и то проблема. Применяя стереооборудование, мы фактически получаем "два прибора в одном".

Разделение стереоусилителя на два независимых канала (один для высоких частот, другой - для низких) позволяет независимо управлять каждой полосой и приводит нас к истокам систем двухполосного усиления. Аналогично любой подлинно стереофонический прибор можно использовать как два моноприбора, если имеется возможность отключать стереорежим.

CE-3TLO – low секция, применяется вместе с CE-3TMH, имеет четыре 12" вуферя общей мощностью 1400 W RMS. Чувствительность 100 dB (1 W/1m), SPL 137 dB (cont. prog), полоса частот 60 Hz – 300 Hz. Вес кабинета 96 kg.

CE-3SUB – сабвуфер для турновой серии CE-3T фирмы Renkus-Heinz. Имеет два 15" вуферя общей мощностью 400 W RMS. Обеспечивает воспроизведение самых низких частот слышимого спектра – от 30 Hz до 100 Hz. Чувствительность 101 dB (1 W/1m), SPL 128 dB (cont. prog). Вес 64 kg.

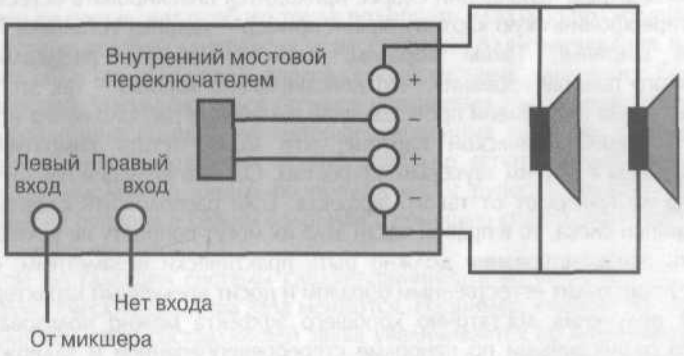
Стереофоническая система звукоусиления. Панорама микшерного канала определяет положение источника в общей картине.



Мостовой режим

Некоторые стереоусилители имеют мостовой режим, позволяющий вдвое увеличить мощность усилителя при работе в монорежиме. Это очень удобная функция.

Мостовой режим усиления. Мостовой режим превращает стереофонический усилитель в монофонический, увеличивая его мощность в два раза. При коммутации таких усилителей необходимо строго придерживаться инструкции разработчиков. Некоторые усилители могут суммировать два входа, а некоторые используют только левый канал.



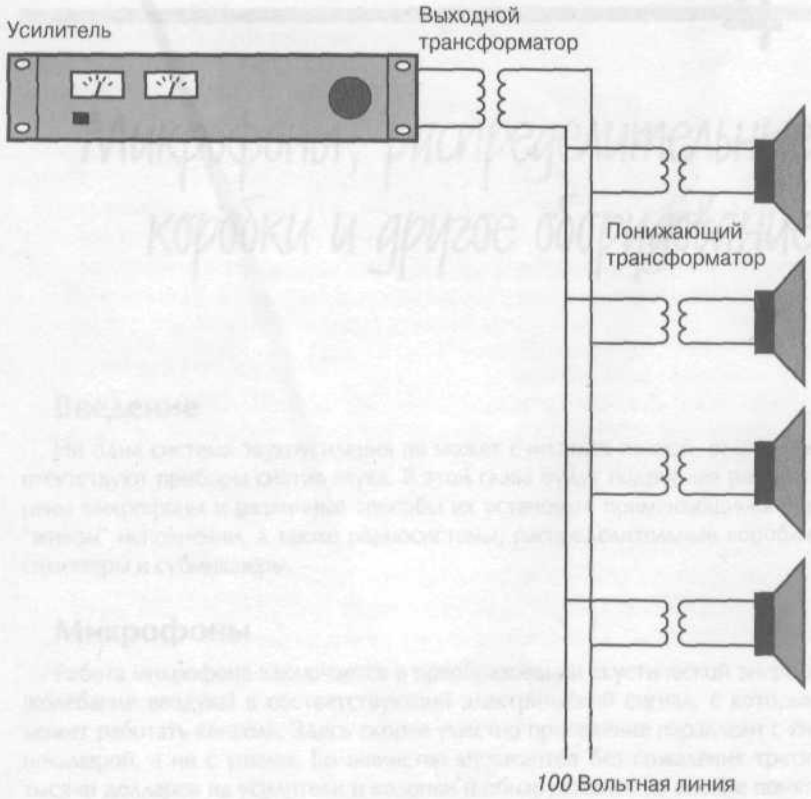
100-вольтные линии

В случаях, когда нет необходимости в громком звуке, можно применять распределенные системы со множеством маломощных динамиков, размещаемых равномерно по всему залу. Эти системы идеальны для озвучивания конференц-залов, пивных и помещений со сложной планировкой (например, имеющих форму буквы L). Для снижения интерференционного влияния динамиков друг на друга следует размещать их на расстоянии по крайней мере в три раза большем, чем расстояние до слушателя.

С другой стороны, увеличивается число усилителей, необходимых для управления динамиками (если в системе 50 динамиков, то нам потребуется 25 стереоусилителей). Это, естественно, не очень практично. Можно обойти эту проблему, применяя сложные последовательно-параллельные соединения динамиков, не меняющие общего сопротивления нагрузки усилителя. Но в этом случае возникнут осложнения, связанные с потерей мощности и высоких частот, так как резко увеличивается длина коммутационных кабелей.

Потери в проводах обусловлены их сопротивлением. Закон Ома гласит: "мощность равна квадрату тока, умноженному на сопротивление". Сколь-нибудь значительно уменьшить сопротивление кабеля невозможно, поэтому увеличение напряжения и уменьшение силы тока (при поддержании мощности на прежнем уровне) поможет снизить тепловые потери прохождения сигнала по проводам. Системы, осуществляющие подобную функцию, называют 100-вольтными линиями (термин позаимствован из времен ламповых усилителей, имевших высокий импеданс). В настоящее время для создания системы 100-вольтной линии мы можем использовать трансформаторы на обычных транзисторных усилителях.

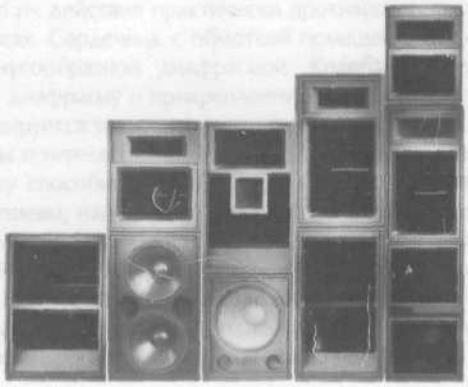
Системы 100-вольтной линии основаны на преобразовании обычного усилителя в высокоимпедансный усилитель, использующий напряжение высокого уровня. Эта методика позволяет снизить тепловые потери в кабеле. Для того, чтобы преобразовать сигнал обратно к низкоимпедансному уров-



Системы 100-вольтной линии. Выходной трансформатор должен иметь высокое качество и обычно монтируется в специализированный усилитель, однако его можно установить и отдельно. Он преобразует низкоимпедансный усилитель тока в высокоимпедансный усилитель напряжения, так что сопротивлением динамиков по отношению к сопротивлению самого усилителя можно пренебречь. Системы 100-вольтной линии предназначены для конфигураций с большим количеством маломощных динамиков (около 30 W каждый), размещаемых на большой площади, и используют высокоимпедансные системы передачи. Каждый динамик питается от понижающего трансформатора, позволяющего согласовать сопротивление динамика с сопротивлением линии.

ню, каждому динамику необходим понижающий трансформатор. Поскольку эти трансформаторы маломощные, система не слишком дорога и громоздка, как это могло бы показаться на первый взгляд.

Эта система идеально подходит для залов и конференц-холлов, в которых множество распределенных динамиков служат для незначительного усиления звука. Хороши они и при озвучивании железнодорожных вокзалов, пивных, ресторанов, выставочных залов, музеев, - везде, где необходимо обеспечить качественный звук небольшой мощности, а не мощный рев роковых порталов.



Акустические системы серии Reflekta английской фирмы ASS. В своих АС фирма применяет различные типы корпусов, которые позволяют конфигурировать любую систему звукоусиления Hi-класса в зависимости от назначения: дискотеки, концертные залы, стадионы и т.д.

4

Микрофоны, распределительные коробки и другое оборудование

Введение

Ни одна система звукоусиления не может считаться полной, если у нее отсутствуют приборы снятия звука. В этой главе будут подробнее рассмотрены микрофоны и различные способы их установки, применяющиеся при "живом" исполнении, а также радиосистемы, распределительные коробки, сплиттеры и субмикшеры.

Микрофоны

Работа микрофона заключается в преобразовании акустической энергии (колебаний воздуха) в соответствующий электрический сигнал, с которым может работать консоль. Здесь скорее уместно проведение параллели с кинокамерой, а не с ушами. Большинство музыкантов без сожаления тратят тысячи долларов на усилители и колонки и обнаруживают не вполне понятную скаредность при покупке микрофона, с трудом отрывая от себя каких-нибудь 40 фунтов стерлингов.

Типы микрофонов

Конструкцию микрофона принято рассматривать с точки зрения области его применения, и мы не будем нарушать этой традиции. Однако не следует забывать, что на практике знание принципа действия того или иного микрофона помогает понять возникающие физические проблемы, обусловленные различными типами этих устройств.

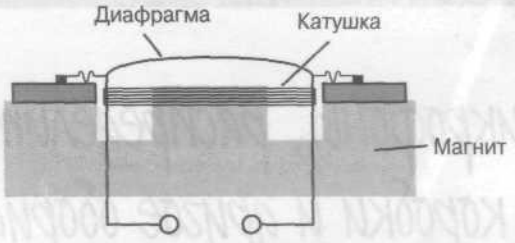
Микрофоны с перемещающейся катушкой (динамические)

Наиболее широкое распространение получили микрофоны именно этого типа. Принцип их действия практически противоположен идее, используемой в динамиках. Сердечник с обмоткой помещен в магнитное поле и соединен с конусообразной диафрагмой. Колебания воздуха заставляют перемещаться диафрагму и прикрепленную к ней катушку, в результате чего в ней индуцируется ток, соответствующий звуковой волне.

Микрофоны с перемещающейся катушкой получили широкое распространение в силу способности выдерживать высокие уровни сигналов. Они достаточно дешевы, надежны и обладают качественным звуком. Наиболее дорогой моделью, по всей видимости, является Electrovoice RE20 стоимостью около 535 английских фунтов. Критическая точка соотношения цены и качества находится в районе 120 фунтов. Качество микрофона зависит от веса диафрагмы, ее жесткости и подвески. Короче говоря, это - простые в использовании микрофоны широкого применения.

Shure SM57 – остается хорошим инструментальным микрофоном для "живой" работы

Микрофоны с перемещающейся катушкой основаны на принципе перемещения диафрагмы и прикрепленной к ней катушки под воздействием звуковых колебаний. Катушка расположена в магнитном поле, поэтому при перемещениях в ней индуцируется электрический ток.



Катушка перемещается в магнитном поле и в ней индуцируется электрический ток

Емкостные микрофоны

Емкостные микрофоны имеют несколько названий - конденсаторные, электретные и собственно емкостные. Названия происходят от первоначальной конструкции микрофонов и принципа преобразования энергии сигнала. По существу, емкостной микрофон состоит из двух пластин, одна из которых заряжена, а другая выполняет роль диафрагмы. Колебания воздуха заставляют диафрагму перемещаться. Это приводит к изменению электрической характеристики системы, называемой емкостью.

Эти микрофоны прекрасно воспроизводят яркие импульсные звуки, например перкуссию. Они неплохо звучат на малом барабане и акустической гитаре. Обычно конденсаторные микрофоны не используют для озвучивания источников сигнала большого звукового давления (например, бочки) - они нежнее динамических, чувствительны к ветру и влажности.

В емкостном микрофоне перемещение диафрагмы изменяет емкость между пластинами. Для повышения эффективности системы пластины заряжаются.

Эксплуатация подобного микрофона без ветрозащиты (она может быть встроенной) приводит к скоплению на нем капелек слюны, вылетающей изо рта вокалиста, обуславливая возникновение характерных потрескивающих, хрустящих шумов. Эта проблема легко преодолевается - необходимо просто подержать микрофон некоторое время рядом с лампой или прожектором*.

AKG C1000 - хороший пример вокального микрофона (встроенная ветровая защита) стоимостью около 230 фунтов. Критическая точка соотношения цены и качества микрофонов этого типа находится в районе 250

* Лучше не надо. В качестве мембраны электретного микрофона используется металлизированная полимерная пленка и для ее криминальной деформации тепла прожектора может оказаться более чем достаточно. - Примеч. ред.

фунтов, а стоимость самых дорогих колеблется от 1200 фунтов (знаменитый Neuman U87, хотя он редко используется на сцене) до 2800 фунтов (Calrec Soundfield). В этих микрофонах применяются емкостные капсюли и сложнейшая электроника.

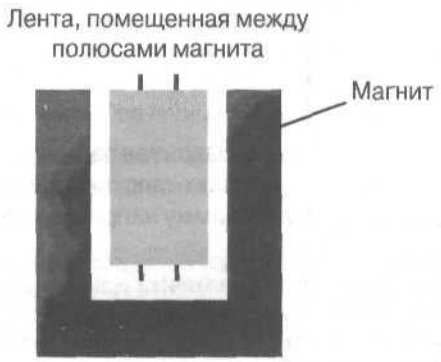
Для концертной деятельности обычно используются динамические микрофоны, но с появлением емкостных микрофонов повышенной надежности ситуация начала меняться. Имея хорошие возможности управления звуковым давлением, прекрасную чувствительность (а следовательно, динамику и громкость) и расширенный диапазон высоких частот, емкостные микрофоны постепенно завоевывают сцену. В большинстве современных пультов есть фантомное питание, необходимое для работы этих микрофонов, в противном случае можно использовать внешние источники.

AKG C1000 – доступный емкостной микрофон

Ленточные микрофоны

Микрофоны этого типа называются ленточными, так как их основная деталь - размещаемая в магнитном поле очень тонкая алюминиевая лента, позволяющая уловить тончайшие нюансы звука. Микрофоны этого типа идеальны для струнных, эмоционально насыщенного вокала и в качестве микрофонов общего плана. Они достаточно критичны к шумам, производимым при трении рук о микрофон, поэтому их не стоит использовать для работы с мобильными стойками (такими как на телевидении) и на открытых площадках (где сильно влияние ветра и других посторонних шумов).

Ленточные микрофоны имеют очень тонкую ленту, которая перемещается под воздействием звуковых колебаний.



Для концертной деятельности можно посоветовать специально разработанные Beyer M88 и M260. Критическая точка соотношения цены и качества находится в районе 200 фунтов.

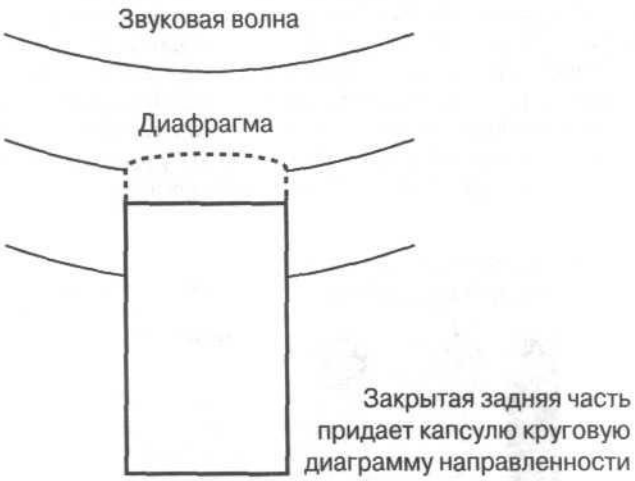
Диаграммы направленности и типы корпусов

Решающую роль в определении диаграммы направленности микрофона (чувствительность в зависимости от направления) и его частотной характеристики играет расположение капсюля. Повинуясь физическим законам, микрофоны с большим по размеру капсюлем лучше воспроизводят низкие частоты (следовательно, для бочки лучше использовать AKG D12 и D112 и Elecrovoice RE20), хотя существуют модели, способные работать с тем же качеством, имея малые размеры капсюля. Насколько хорошо они снимают звук или как четко отрабатывают импульсные сигналы - вопрос вкуса и тема для бесконечных споров.

Beyerdinamic M88 – замечательный пример надежного ленточного микрофона.

Микрофоны - приемники давления

Основное, что необходимо знать об устройстве корпуса микрофона - то, что они бывают двух типов: приемник давления и приемник градиента давления. Это очень похоже на концепцию закрытого и фазоинверторного корпуса колонки. У микрофонов, работающих по принципу приема давления, капсюль открыт для звукового давления только с одной стороны (со стороны диафрагмы). В этом случае мы получаем круговую диаграмму направленности и микрофон одинаково чувствителен во всех направлениях. Преимущества такой конструкции - простота, и невысокая цена, низкий уровень шумов от трения рук о корпус и от хлопков, отсутствие эффекта приближения или окраски звука в зависимости от расстояния между источником звука и капсюлем. Все это делает микрофон идеальным, но к сожалению, малоподходящим для сценической работы, где приходится много внимания уделять борьбе с самовозбуждением*.



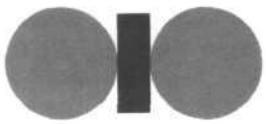


Диаграмма направленности в формате восьмерки.

Микрофоны - приемники градиента давления

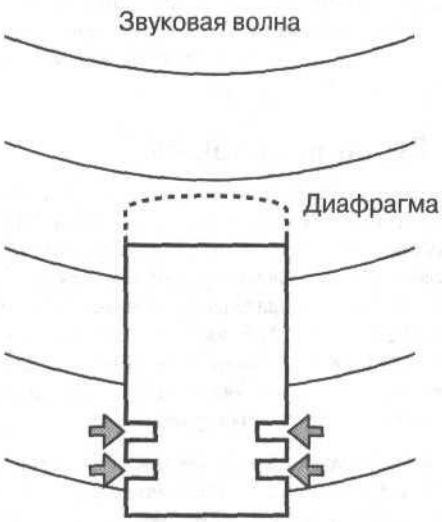
У микрофонов этого типа диафрагма открыта с двух сторон, что придает диаграмме направленности вид восьмерки, свойственной ленточным микрофонам. Они обрезают звук с двух сторон и с успехом используются для его снятия с двойных источников, например с двух конгов, томов, с тома и тарелок. Также они пользуются популярностью на радио и в журналистской работе при интервьюировании.

Комбинированные корпуса

В настоящее время используется смешанная технология, являющаяся комбинацией вышеописанных методов - задняя часть диафрагмы открыта не полностью. Такая конструкция придает диаграмме направленности кардиоидную форму (форма сердца), при этом наибольшая чувствительность - во фронтальной части микрофона, меньшая - по бокам и совсем незначительная - в задней части.

Система отверстий в корпусе микрофона сделана таким образом, что сигнал, попадающий на диафрагму с фронтальной стороны, находится в противофазе с сигналом, попадающим на обратную сторону диафрагмы. В результате, оба сигнала складываются, усиливая колебания диафрагмы.

* И взаимопроникновением. - *Примеч.* ред.



Система отверстий в задней части микрофона позволяет волне воздействовать на обратную поверхность диафрагмы, причем в зависимости от расположения источника и капсюля меняется сдвиг фазы прямого и обратного сигнала. Это придает диаграмме направленности избирательную форму.

Для сигнала, попадающего на микрофон с обратной стороны, ситуация меняется на противоположную, и сигналы, имея одну и ту же фазу на разных сторонах диафрагмы, гасят друг друга.

Как и большинство явлений в области аудио, диаграмма направленности сильно зависит от частоты: бас предрасположен к круговой диаграмме направленности, а "верха" - к острой. Это обусловлено физической зависимостью эффективности работы капсюля от длины волны и соотношением длины волны и проходимого ею пути до обратной стороны диафрагмы.

Диаграммы направленности микрофона

Существует несколько основных видов диаграмм направленности микрофона:

- Кардиоида - **форма сердца, прием сигнала** с фронтальной стороны и подавление **с** обратной.
- Суперкардиоида - сжатое по сторонам сердце **с** небольшим выбросом чувствительности на обратной стороне.
- Гиперкардиоида - еще более сжатое сердце **с** более ярким выбросом чувствительности на обратной стороне.
- Восьмерка - отбор звука **с** фронтальной и обратной стороны, часто используется для "живого" озвучивания томов.
- Круг - прием звука со **всех** сторон (за исключением закрытой части корпуса микрофона).
- Полусфера - прием звука с фронтальной и подавление с обратной стороны.

Эффект приближения

Эффект приближения - увеличение чувствительности микрофона к низким частотам по мере приближения его к источнику звука. Этот эффект объясняется тем, что для низкочастотного сигнала различие в фазах волн, приходящих на фронтальную часть капсюля и фазоинверторные отверстия, незначительно. Эффект приближения можно использовать для получения мощного теплого баса или увеличения коэффициента усиления на низких частотах без самовозбуждения системы. Однако, глубина этого эффекта

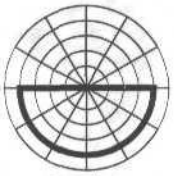


Диаграмма направленности

Рабочая лошадка – Shure SM58

сильно зависит от расстояния, и перемещение микрофона на пару сантиметров может привести к существенному изменению частотного баланса сигнала, поэтому микрофон необходимо жестко закрепить на фиксированном расстоянии от источника.

Рупор из ладоней

Вы, наверное, замечали, что система звукоусиления возбуждается, если сложить рупором ладони у микрофона. Это происходит по двум причинам. Первая - блокируя отверстия на обратной стороне головки микрофона, вы изменяете его диаграмму направленности, которая становится в этом случае круговой и, следовательно, принимает больше звуковых колебаний. Вторая - ладони сложены рупором и, следовательно, концентрируют звуковую энергию, увеличивая усиление. На практике, единственное, что вы можете предпринять - убедить исполнителей не делать этого, а если это все-таки происходит, то отключить микрофон.

Диаграмма направленности и окраска звука

В условиях студии проникновение постороннего сигнала не вызывает особых проблем, поскольку находится в допустимых пределах и не портит звук. Здесь можно делать дубли и использовать экраны. Но при "живой" работе ситуация в корне меняется.

В системах звукоусиления чаще используются кардиоидные микрофоны, хотя неплохо себя проявляют супер- и гиперкардиоидные (к недостаткам последних можно отнести увеличение чувствительности с обратной стороны микрофона). Работая в условиях, предъявляющих жесткие требования к размещению микрофонов, следует отдать предпочтение строго кардиоидным микрофонам, поскольку выброс чувствительности с тыльной стороны микрофона может привести к менее приемлемой окраске звука, чем боковое проникновение.

Некоторые емкостные микрофоны предоставляют возможность работы с несколькими типами диаграмм направленности. Для переключения между ними используется специальная система, состоящая из двух капсюлей, и реверсивные фазовые методы преобразования сигнала. Однако в концертной деятельности подобные микрофоны используются довольно редко.

Применение микрофонов

Конструкция	Цена	Надежность	Качество	Отдача	Применение	Комментарии
Динамический	120	высокая	среднее	средняя	обычного использования, общего плана	эффект приближения/щелчки
Емкостной	200	средняя	высокое	высокая	перкуссия, вокал (с использованием ветрозащиты)	чувствителен к влажности
Ленточный	250	невысокая*	высокое	низкая	акустика, струнные	критичен по отношению к высокому звуковому давлению, ударам и ветру

* Некоторые производители выпускают достаточно надежные ленточные микрофоны. Яркий пример - Beyer M88, который с успехом может применяться для озвучивания как басового барабана, так и вокала. - *Примеч. ред.*

Применение широко распространенных микрофонов

Инструмент	Модель	Тип
Вокал, духовые, комбики	Shure SM58	динамический
	Shure Beta 58	динамический
	Shure SM87	конденсаторный
	Electrovoice N/D 457	динамический
	Electrovoice N/D 857	динамический
	AKG C1000	конденсаторный
	AKG D3700	динамический
	Beyer M88	ленточный
	Beyer M300	динамический
	Sennheiser 427	динамический
	Sennheiser 421	динамический
Акустическая гитара	Shure SM57	динамический
	Shure SM81	конденсаторный
	Beyer M201	динамический
	AKG C451	конденсаторный
Фортепьяно	Shure SM57	динамический
	Shure Beta 57	динамический
	Shure SM81	конденсаторный
	PZM	конденсаторный
Язычковые	Beyer M201	динамический
	Shure SM81	конденсаторный
Басовый барабан	AKG D12	динамический
	AKG D112	динамический
	Electrovoice RE20	динамический
	Beyer M88	ленточный
	Sennheiser MD421	динамический
Малый барабан	Shure SM57	динамический
	Beyer M201	динамический
	AKG C451	конденсаторный
Хэт	AKG C451	конденсаторный
Томы	Shure SM57	динамический
Общего плана	AKG C451	конденсаторный
	AKG C414	конденсаторный

Частотная характеристика и звуковая окраска микрофона

Выбор микрофона только на основе его спецификации - занятие практически бессмысленное. В настоящее время почти все микрофоны обладают хорошими частотными характеристиками и способны работать с сигналами высоких уровней. Однако для сцены, как упоминалось ранее, лучше подойдут микрофоны с кардиоидной диаграммой направленности.

При выборе микрофона необходимо обращать внимание на следующие параметры:

- Звук (оценивается на слух).
- Высокая чувствительность микрофона, оставляющая запас для усиления в микшере.
- Частотная характеристика (должна быть пологой или иметь пики и провалы на необходимых частотах).
- Противодействие самовозбуждению и шумам.

Все эти характеристики необходимо проверить на практике. Конечно, можно сформировать некий список критериев, но все равно выбор того или иного микрофона зависит от стиля исполняемой музыки, артиста, который с ним работает, используемой системы звукоусиления и помещения, в котором происходит концерт. Разработчики микрофонов не в состоянии в полной мере учесть все эти факторы.

Ниже будут приведены сравнительные характеристики микрофонов различных фирм. Это поможет вам сузить круг поиска при выборе микрофона. Но необходимо помнить, что это очень личностная и приблизительная оценка - некоторые модели могут не соответствовать приведенным данным.

Характеристики микрофонов

	Теплота	Мощность	Четкость	Детализировка
AKG	***	**	**	***
Beyer	*****	***	*	*
Electrovoice	****	****	**	*
Sennheiser	*	*	***	****
Shure	**	**	**	*

При выборе микрофона рекомендуется учитывать особенности источника звука. Характерное звучание микрофона и источника должны контрастировать между собой. Например, если певец обладает "холодным" голосом, то ему лучше всего подойдет микрофон, придающий тембру теплую окраску. И наоборот, если тембр вокалиста отличается теплотой, то он, вероятно, выиграет от использования микрофона с детальным четким звуком. Аналогичный подход оправдывает себя и при выборе звукоусиливающей системы.

По мнению автора, система выигрывает, если состоит из компонентов различных производителей. Например, если используются синтезаторы фирмы Roland, то можно было бы использовать ревербератор компании Yamaha. То же самое относится к микрофонам и динамикам. Динамики различных производителей имеют свое характерное звучание, и принцип контрастности поможет добиться лучшего общего звукового баланса.

Конечно, хорошо иметь несколько микрофонов для использования их в различных ситуациях, но это, мягко говоря, не всегда возможно по финансовым соображениям, так что приходится выбирать универсальное оборудование, наиболее полно удовлетворяющее вашим представлениям о том, каким должен быть звук.

Усиление и самовозбуждение

Мы уже много раз упоминали об усилении, не вызывающем самовозбуждения системы. Чем выше искусственное усиление в системе, тем больше вероятность ее самовозбуждения. Следовательно, чем более высокий уровень могут воспроизвести микрофоны и динамики, тем меньше можно усиливать сигнал на микшере и усилителе. То же самое можно сказать и о глубокой эквализации, увеличивающей возможность самовозбуждения на резонансных частотах. В дальнейшем мы еще вернемся к этой проблеме и обсудим ее более детально.

Специализированные микрофоны

При работе на сцене обычно применяются традиционные микрофоны и микрофонные стойки. В студиях радиовещания и при озвучивании конференций пользуются популярностью микрофоны других типов.

Петличный микрофон

Миниатюрный петличный микрофон обычно прикрепляется либо к одежде, либо к инструменту. Если не принимать во внимание тянущийся за ним кабель, то он выглядит абсолютно ненавязчиво и перемещается вместе с источником звука. Укомплектовав его радиосистемой, мы получаем действительно мобильный комплекс. К недостаткам петличного микрофона можно отнести проблемы, связанные с приемом звука на различных расстояниях от источника до микрофона. Вспомните эффект приближения, описанный ранее (усиление низких частот по мере приближения микрофона к источнику звука).

Дистанционные узконаправленные микрофоны-пушки (shotgun)

В некоторых ситуациях приходится снимать звук с удаленного источника. В этом случае на помощь приходят специальные дистанционные узконаправленные микрофоны. Применение узконаправленных микрофонов дальнего действия оправдано в тех случаях, когда источник звука лишен возможности перемещаться, а использование радиосистемы невозможно. Вследствие острой направленности микрофоны этого типа устойчивы к самовозбуждению и легко управляются. Спады уровня узконаправленных микрофонов часто порождают довольно странный звук, поэтому их лучше использовать не в качестве основных, а как вспомогательные.

PZM (микрофоны зонного давления)

PZM-микрофоны (иногда их называют граничными микрофонами) следует отнести скорее не к специализированным, а к обычным, имеющим, однако, специальное размещение. Принцип действия микрофонов этого типа основан на том, что капсюль располагается на небольшом расстоянии от отражающей поверхности, в результате чего прямой и отраженный сигналы имеют практически одинаковую амплитуду, и суммарный звук образует некую зону давления, которая воспринимается микрофоном. Это означает, что отражательная поверхность становится как бы частью микрофона. Обычно микрофоны этого типа монтируются на небольших пластинах размером 150 mm, но их размер можно существенно увеличить, установив микрофон на какую-либо поверхность (пол, стена, экран).

Диаграмма направленности PZM-микрофона имеет форму полусферы. Микрофон не воспринимает звук, приходящий из-за поверхности, на которой он расположен, и практически с одинаковой чувствительностью собирает звук, падающий с фронтальной стороны в диапазоне 180°. Это не

PZM-микрофон превращает поверхность, на которой он установлен, в часть микрофона

Примечание

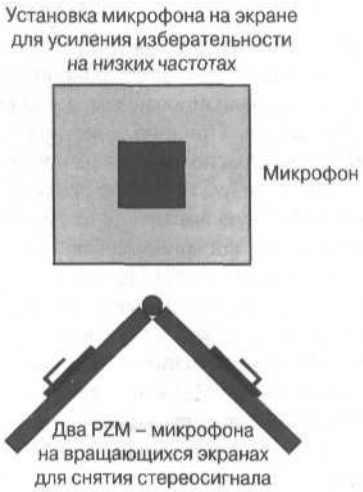
Чувствительность PZM-микрофона к низким частотам определяется размерами поверхности, на которой он установлен, поэтому для увеличения чувствительности микрофона к низким частотам необходим экран по крайней мере 1,2 квадратных метра. Линейный размер экрана, на котором закрепляется микрофон должен быть около четверти длины волны сигнала (длина волны сигнала частотой 100 Hz равна 3 m, следовательно для сигнала с частотой 50 Hz – 1,5 m сторона экрана должна быть 750 mm).

исключает, но сильно затрудняет его использование для "живого" озвучивания окружающего пространства. Можно управлять избирательностью PZM-микрофона, используя V-образные экраны или даже устанавливать микрофоны на разные стороны отражающей поверхности для получения диаграммы направленности в форме восьмерки.

PZM-микрофоны собирают звук со всей окружающей их области. Это делает их идеальными для озвучивания конференций, поскольку сама трибуна становится как бы микрофоном. Увеличивается свобода передвижения докладчика без возникновения каких-либо нежелательных звуковых эффектов. PZM-микрофоны позволяют избежать проблем, связанных с интерференцией и балансировкой, которые возникают в системах с несколькими микрофонами, однако в случае их использования необходим жесткий контроль за самовозбуждением системы.

Обычно в микрофонах типа PZM используются миниатюрные емкостные капсюли (требующие фантомного питания), хотя это вовсе необязательно. Некоторые образцы немного шумноваты и имеют качество, сильно меняющееся в зависимости от модели и серии, так что при покупке того или иного микрофона необходимо уделять этому особое внимание. Некоторые компании, например Electrovoice, предоставляют покупателю возможность преобразования любого микрофона в PZM-тип.

Методы установки PZM-микрофонов. Отражающая поверхность усиливает низкие частоты



Выбор микрофона

Для начала необходимо заметить, что не существует абсолютно универсальных микрофонов. Микрофон, идеальный для одного исполнителя, может совершенно не подойти другому. Единственное, что можно посоветовать в этой ситуации - полагайтесь на свой слух и вкус.

Однако есть общие принципы (основанные на физических явлениях), которые необходимо соблюдать при подборе микрофона для источника звука:

- Не используйте ленточный микрофон для озвучивания мощных перкуссионных инструментов (например, басового барабана), в противном случае вы рискуете его испортить.
- Микрофоны со встроенной ветрозащитой (наподобие плетеного мячика) обычно предназначены для вокала.
- Инструментальные микрофоны с плоской головкой вряд ли подойдут для озвучивания вокала (из-за шумов при трении ладоней о корпус и т.п.).
- Емкостные микрофоны лучше отрабатывают высокие частоты и импульсные сигналы, но им не хватает мягкости звучания.
- Выбирайте микрофон, который более всего устраивает вас по тембру воспроизводимого звука без эквализации.
- Используйте однотипные микрофоны для озвучивания всего вокала группы, что позволит проводить глобальную эквализацию общего выхода системы в целях борьбы с самовозбуждением. В этом случае можно применить один графический эквалайзер, а не крутить ручки на каждом канале.
- Изменение дистанции между источником звука и микрофоном может сильно отразиться на звуке.

Примечание

Существует тенденция рассматривать системы звукоусиления как средство обеспечения громкости, но если подходить к проблеме с позиции создания выразительной картины, то необходимо стремиться к большему, нежели просто громкий звук.

При "живом" исполнении нет места эксперименту, так что займитесь этим на репетициях.

Техника владения микрофоном

И снова здесь нет строгих правил и методик - только интуитивное чувство микрофона. Основное: надо знать, откуда снимать звук.

Не вызывает сомнения, что источником звука являются многие поверхности инструмента. Источниками вокала, например, является не только горло, но и грудная клетка и нос. Используя различные методики размещения микрофона (обычно для преодоления проблемы самовозбуждения и проникновения), мы невольно придаем инструменту различный характер звучания, усиливая ту или иную область частотного спектра сигнала.

Даже в очевидных ситуациях рекомендуется прослушивать инструмент с различных точек. В студиях иногда выделяют настраиваемый микрофон из мониторного микса, для того чтобы звукоинженер мог слышать результаты того или иного размещения. Аналогичная методика может быть перенесена и на сцену, если вы установили звукорежиссерскую связь.

В студийных условиях есть возможность изменять расстояние между источником и микрофоном для получения необходимого звука. При работе на сцене единственная возможность - размещать микрофон под различными углами, пытаясь добиться необходимого результата. Такая методика является мощным инструментом улучшения звука и получения сбалансированной картины. Это еще одна область применения направ-

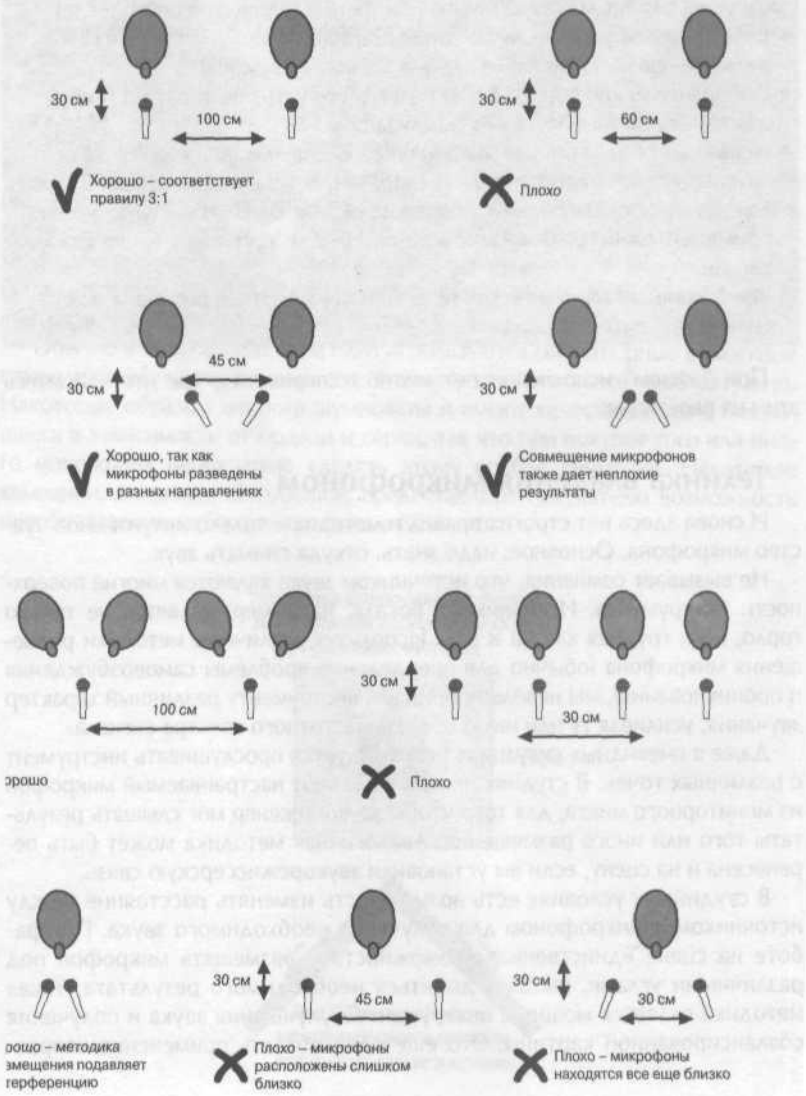
ленных микрофонов. Используя их, можно перекрестно озвучить инструменты без риска столкнуться с проблемами самовозбуждения и проникновения.

Система из нескольких микрофонов

Для озвучивания одного инструмента можно применять несколько микрофонов. Однако в системах звукоусиления это сделать гораздо сложнее, чем в студии (сказывается близость сцены со всеми вытекающими отсюда последствиями - проникновение, самовозбуждение и интерференция).

При размещении микрофонов необходимо придерживаться следующего правила: необходимо либо совмещать микрофоны, направляя их под различными углами, либо располагать их в соответствии с соотношением 3:1 (закон установки микрофонов "3:1" означает, что расстояние между микрофонами должно в три раза превышать расстояние от них до источника зву-

Расстояние между микрофонами должно в три раза превышать расстояние до источника (или они должны быть совмещены), чтобы между ними не возникало интерференционных явлений.



Размещение кардиоидных микрофонов под различными углами позволяет сократить дистанцию между ними.

Озвучивание одного источника звука спаренными микрофонами оправдывает себя достаточно редко (конференции и прочее). Если же сигналы объединяются, то лучше придерживаться правила "3:1".

ка). Придерживаясь этих правил, вы избежите проблем, обусловленных интерференцией между микрофонами.

При озвучивании источников с противоположных сторон (например, верхний и нижний микрофоны для малого барабана) необходимо помнить, что они должны работать в противофазе, так как при ударе о барабан пластик по отношению к верхнему микрофону двигается от него, а по отношению к нижнему - к нему. Забвение этого правила повлечет потерю низких частот суммарного сигнала.

Методы стереофонического размещения микрофонов

В ситуациях, когда на первом плане не стоит проблема обеспечения больших мощностей сигнала, можно использовать различные методики стереофонического размещения микрофонов, позволяющие создать объемное пространство или озвучить аудиторию при "живой" записи с концерта.

В силу того, что при подобном размещении микрофоны охватывают большое пространство и резко увеличивается опасность самовозбуждения системы, эти методы не подходят для работы с серьезными мощностями.

Совмещенные XY

XY-совмещение - способ установки направленных (кардиоидных) микрофонов рядом под углом в 90°. Поскольку микрофоны расположены вплотную друг к другу, проблем с их фазированием не возникает и обеспечивается хорошая монофоническая совместимость. При такой расстановке получается отличная стереокартина, но проваливается середина стереообраза.

Разнесенные XY

Разнесение микрофонов на расстояние меньшее 30 cm улучшает стереокартину, но вследствие фазовых эффектов нарушается монофоническая совместимость.

Разнесенные AB микрофоны

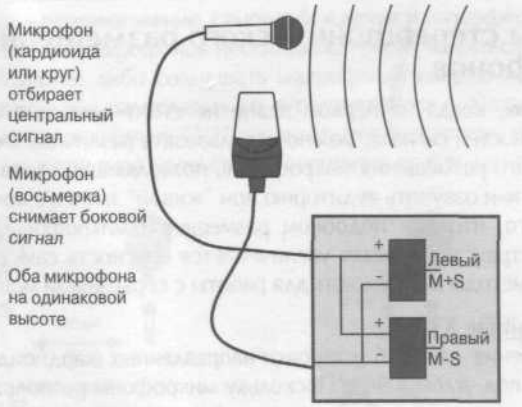
Размещая два микрофона с круговой диаграммой направленности на расстоянии нескольких футов друг от друга, мы можем получить хорошую стереокартину и монофоническую совместимость, однако это происходит за счет провала середины. Для заполнения середины можно применить совмещенные или остронаправленные микрофоны.

Стереофоническое размещение.
(a) Совмещенные XY. Допустимые углы 90°-180°. Обеспечивает синфазность, четкие стереогранницы, дает менее конкретную середину стереообраза.
(б) Разнесенные XY. Позволяет получить улучшенную стереокартину, но пропадает моносовместимость вследствие фазовых эффектов.
(c) Разнесенные широконаправленные микрофоны дают хорошую стереокартину и моносовместимость, но за счет провала середины.

MS - Middle/Side (центр/сторона) (сумма и разность)

MS - интересная методика, предоставляющая дополнительные возможности по формированию стереокартины звука. Она основана на использовании центрального микрофона с любой диаграммой направленности для отбора фронтального (M) сигнала. Для снятия бокового (S) сигнала используется микрофон с диаграммой направленности в форме восьмерки. Моносовместимость сигнала обеспечивается центральным микрофоном. Для декодирования стереоэффекта требуется три микшерных канала или спе-

MS стерео – идеальная моносовместимость, так как присутствует центральный моносигнал. В результате получается хорошее центральное изображение с несколько размытыми стереограницами.

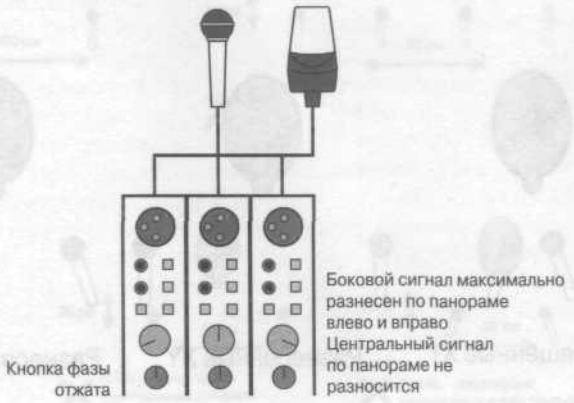


циальное устройство. S-сигнал поступает на два канала, причем на одном из них фаза инвертируется. Они разнесены по панораме в разные стороны, а затем объединяются с центральным M-сигналом. В результате мы получаем сумму M + S с левой стороны и разность M - S (по причине инвертированной фазы) с правой стороны. Изменяя уровень этих сигналов, можно регулировать ширину стереокартины.

Идентификация

Одна из серьезнейших проблем "живого" исполнения - определить, какой из микрофонов используется. Исполнители как нарочно пытаются схватить не свой микрофон и встать не на свою позицию, что делает поиск

MS декодирование.



необходимого канала сущим кошмаром. Для того, чтобы легко отличать один микрофон от другого на расстоянии, можно использовать ветрозащиту, ленту или кабели различных цветов. Наконец, если вы придерживаетесь определенного плана (например, коммутируете каналы пульта в том же порядке, в каком микрофоны стоят на сцене), ваши шансы вовремя поднять уровень требуемого микрофона существенно увеличатся.

Радиомикрофоны

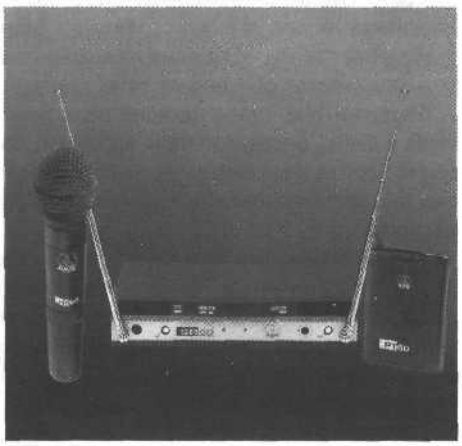
Кабели - больное место любой системы. Они постоянно перепутываются, никогда не бывают достаточной длины и являются причиной самого разного рода недоразумений. Радиомикрофон - манна небесная, позволяющая устранить весь этот хаос и дающая музыканту возможность свободно бродить по сцене, не таская за собой шлейф микрофонных кабелей.

Типы радиомикрофонов

Существует три типа радиосистем: интегрированные с микрофоном (с большим корпусом и встроенным в него передатчиком), компонентные микрофоны (позволяют использовать любые типы микрофонов, но требуют передатчика, который закрепляется на поясе у исполнителя и соединяется кабелем с микрофоном) и компонентные инструментальные (предназначены для гитаристов и других инструменталистов).

Использование радиомикрофонов

Слабое место любой радиосистемы - батарейки, необходимые для питания передатчика. Они традиционно громоздки, поэтому передатчик прикрепляется к поясу, в то время как небольшой кабель соединяет его с



Новая многоканальная беспроводная радиосистема фирмы AKG WMS 60

обычным микрофоном. С такой радиосистемой можно использовать любой динамический микрофон. Емкостные микрофоны не годятся для подобного применения, поскольку требуют фантомного питания (некоторые системы имеют источник питания на 5-9 V от внутренних батарей, но это все, чем они могут похвастаться).

Приемник представляет собой устройство, питающееся от сети, имеющее антенну и выходные разъемы для коммутации с другими устройствами. Обычно он располагается неподалеку от микшера, так что звукоинженер может отрегулировать все необходимые параметры приема радиосигнала. Приемник имеет несбалансированные выходы линейного уровня, поэтому

его можно коммутировать с линейными выходами консоли, минуя распределительные коробки.

Однако, в некоторых залах существуют проблемы с приемом радиосигнала. Радиосистемы работают в ультракоротком (FM) диапазоне волн, которые распространяются по прямой, поэтому вы не в состоянии что-либо предпринять для подавления отражений радиосигнала от колонн и других препятствий. Не помогает и усиление мощности радиосигнала. Так как сигналы волн FM-диапазона распространяются в пределах прямой видимости, то в целях улучшения качества радиосвязи принимающее устройство приходится располагать вблизи сцены или на солидной высоте.

Радиомикрофонная система Shure состоит из микрофона, поясного передатчика и избирательного двухантенного приемника.

Большинство современных радиосистем называют избирательными, поскольку они имеют две антенны. Переключение между ними происходит автоматически, в зависимости от того, какая из антенн принимает радиосигнал более высокого уровня. Такие устройства работают более стабильно, так как если одна из антенн закрыта каким-либо препятствием, то вторая может обеспечить качественный прием радиосигнала.

Исполнители, применяющие радиомикрофон, практически не ограничены в своих передвижениях по сцене, поэтому еще до начала представления необходимо выявить наличие и положение на сцене "мертвых зон" (места плохого приема радиосигнала) и "горячих зон" (область устойчивой радиосвязи).

При использовании радиосистем необходимо помнить, что они работают на ограниченном количестве частот, поэтому возможны ситуации, когда несколько приборов вещают на одной и той же длине волны. Кроме того, на заре применения радиомикрофонов те же частоты использовали многие транспортные компании, хотя сегодня стандарт DTI несколько улучшил ситуацию.

Тестирование в некоторой мере поможет сгладить проблемы, но большинство неприятностей, как известно, начинаются в самое неподходящее время, так что к их появлению неплохо было бы подготовиться заблаговременно. Избежать подобных коллизий помогут приборы, работающие на двух частотах (чем дальше они разнесены по частотному диапазону, тем лучше). Неплохая подстраховка - обыкновенный кабельный микрофон.

Применение

Золотое правило радиомикрофона: ставьте свежие батарейки перед концертом и используйте поляризованные на репетициях.

Легальность использования радиосистем

С появлением в 1993 году стандарта DTI продажа и использование несертифицированных радиосистем стали нелегальными, а несоблюдение этого стандарта может повлечь за собой наказание в виде штрафа до 20000 фунтов стерлингов. Ответственность за нарушение правил эксплуа-

тации радиосистем лежит на пользователях, поэтому было бы благоразумно дважды проверить свою систему на предмет соответствия спецификациям DTI. Необходимо проявлять бдительность, поскольку на рынке аудиопродукции появляются несертифицированные образцы. Помните, что незнание закона не освобождает от ответственности, поэтому мы еще раз призываем вас - будьте законопослушны.

LA Audio Pro Series MD8 Mk11 – рэковый 8-канальный активный дибокс (сетевое питание).

Распределительные коробки (DI boxes)

Большинство систем звукоусиления имеют источники звука, которые необходимо озвучивать с помощью микрофонов. Это не относится к клавишным и гитарным системам с прямым выходом и другому подобному оборудованию. В большинстве сценических коммутаторов (stage boxes) используются микрофонные сбалансированные входы, поэтому необходимы специальные средства для подключения к ним источников сигнала линейного уровня. Не пытайтесь применять для этой цели обычные переходники! Вы рискуете спалить прибор, так как микрофонный кабель несет 50 V фантомного питания. К тому же несогласование уровня сигнала и сопротивления по входу и выходу незамедлительно скажется на качестве звука. Непритязательные распределительные коробки (direct injection boxes) согласуют входные/выходные разъемы, электрические параметры, а также защищают аппаратуру исполнителей от влияния фантомного питания.

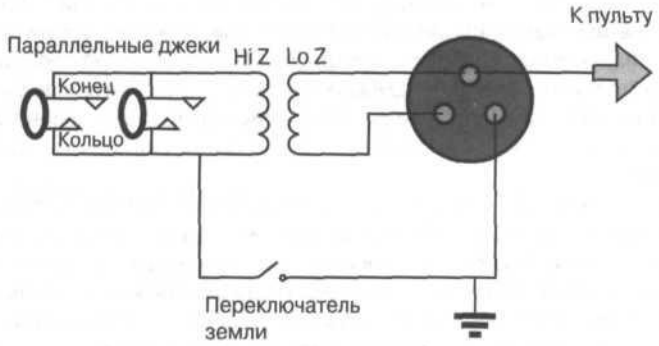
LA Audio Pro Series DI2 Mk11 – дноканальный активный ди-бокс (батарейное питание).

Пассивные и активные распределительные коробки

Распределительные коробки бывают двух типов - пассивные и активные. Пассивные приборы привлекают ценой, но они грешат искажениями и ослаблением высоких частот, хотя в некоторых моделях звук вполне приемлем. В целом же качество пассивной распределительной коробки определяется ее основным элементом - трансформатором.

LA Audio Pro Series DIP Mk11 – одноканальный пассивный ди-бокс.

Активные распределительные коробки разрешают проблемы согласования с помощью активных (питаемых извне) электронных контуров. Однако

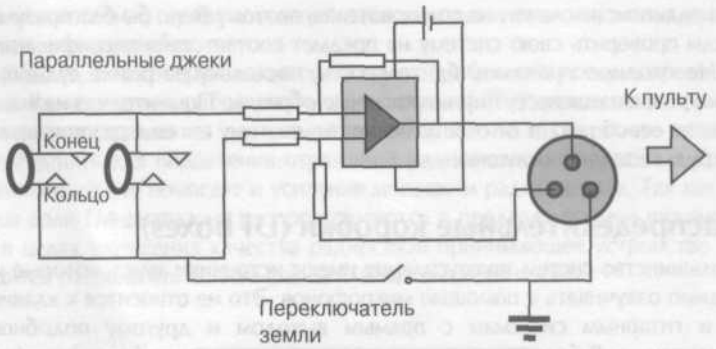


Контур пассивной распределительной коробки.

плохая электроника портит сигнал гораздо сильнее, чем хороший трансформатор, так что в условиях ограниченного бюджета выбор неоднозначен. Лучшие из моделей активных распределительных коробок могут питаться как от внутренней батарейки, так и от фантомного питания, что убережет вас от лишней траты денег и нервов. Предпочтительнее питаться от 48 V, чем от 9-18 V.

Распределительные коробки обычно имеют переключатель "земли", позволяющий отключать "землю" прибора от "земли" консоли. Это необходимо

Контур активной распределительной коробки



Примечание

Очень часто причина отсутствия сигнала на выходе распределительной коробки – неправильная коммутация (выход инструмента соединен с высокоуровневым входом распределительной коробки). В этом случае сигнал на выходе распределительной коробки будет очень слабым.

для того, чтобы приспосабливаться к различным условиям заземления в том или ином помещении. Иногда стоит соединить "землю" прибора с консолью, а иногда это нежелательно. Чтобы определить необходимый в конкретном случае способ заземления, следует послушать уровень шума в обоих положениях переключателя и остановиться на более приемлемом варианте.

Некоторые распределительные коробки имеют дополнительные параллельные входы и микрофонные выходы (для сценических коммутаторов). Также они могут иметь специальные входы для сигналов высокого уровня. Это позволяет отбирать сигнал с предусилителя, не направляя его на динамики. Большинство усилителей рассчитано на работу с динамиками, а не с электроникой, тем не менее такая коммутация применяется довольно часто. Нередко приходится использовать оба выхода - микрофонный и усилительный. Не коммутируйте источники высокоуровневых сигналов с не предназначенными специально для этих целей входами распределительных коробок!

LA Audio Pro Series 824 MkII – инсталляционный 8-канальный сплиттер.

Сплиттеры

При работе с отдельным мониторным микшером при "живой" записи или в радиовещательной студии общепринята практика разделения, а не дублирования сигнала. Конечно, дублирование представляет большую свободу действий и повышает надежность системы, но у этого подхода есть и свои недостатки (например, в этом случае возрастает количество необходимых для коммутации кабелей со всеми вытекающими отсюда последствиями).

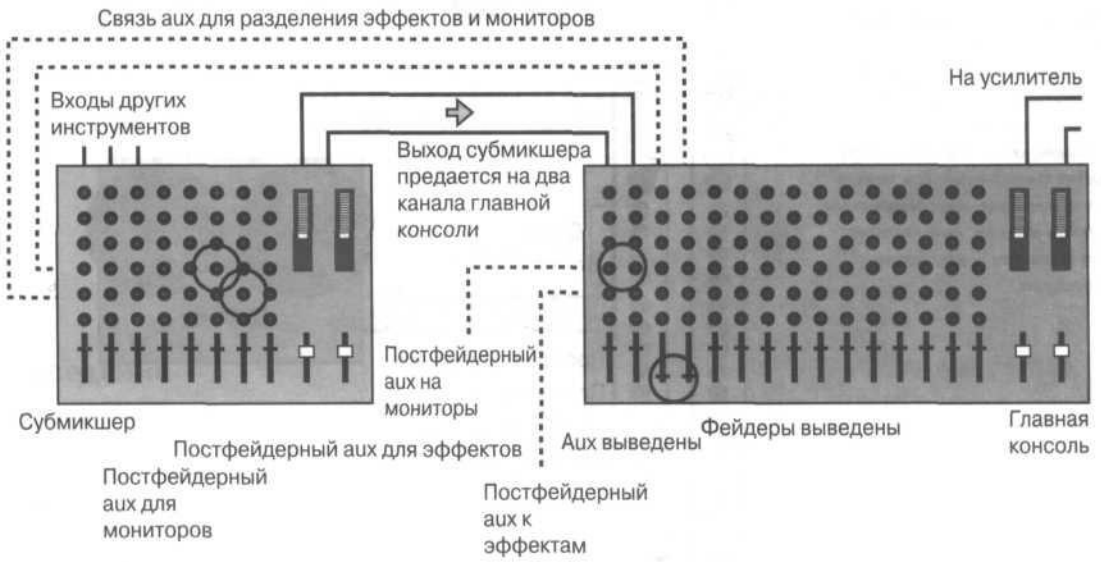
Если вы хотите использовать разделяемый сигнал, необходимо "разбить" его как можно ближе к микрофону - вы ведь не хотите, чтобы усиление сигнала другим звукорежиссером привело к искажению и вашей составляющей? Для того, чтобы получить два выхода с одного микрофона применяются сплиттеры. Они обычно представляют собой трансформатор со сдвоенным выходом (или выполнены в виде электронной схемы). По существу, сплиттеры обеспечивают буферированное питание и компенсируют рассогласование сопротивлений.

Примечание

Для того, чтобы отделить сигнал, приходящий на aux пульта, от общего микса, можно воспользоваться функцией мьютирования канала (если кнопка мьютирования находится в схеме канала после aux), или вывести фейдер канала, или использовать заглушку, вставляемую в гнездо разрыва (если оно находится в схеме канала после aux до фейдера) или использовать внешний смеситель.

Субмикширование

Для уменьшения нагрузки на основную консоль можно использовать принцип субмикширования. Например, субмикшеры для клавишных инструментов помогут избавиться от дополнительных коммутационных кабелей и сэкономят каналы главной консоли. Это предполагает, естественно, что кла-



Типичная система субмикширования использует два микшера для увеличения количества каналов при помощи направления основного выхода одного из микшеров на два канала другого. Два канала необходимы для стереозвука. Для разделения мониторных шин и шины эффектов используются еще два дополнительных канала, как показано на рисунке. Обратите внимание, что фейдеры этих каналов выведены. Для мониторинга используются префейдерные aux, а для посылов на эффекты – постфейдерные aux. На основной консоли регуляторы aux и канальные фейдеры должны быть выведены.

вишник знает, чего он хочет, и может самостоятельно регулировать баланс. По крайней мере он должен знать, когда необходимо поднимать уровень сольных партий.

На субмикшер можно посылать сигналы с выходов главной консоли, с магнитофона, с выходов подгрупп, с дополнительных (aux) выходов, с прямого выхода канала. Также можно использовать точки разрыва (канала или подгруппы). Разрывы обычно располагаются до фейдеров и после эквалайзера, таким образом, уровень отбираемого сигнала регулируется предварительным усилением канала, а частотная характеристика - канальным эквалайзером.

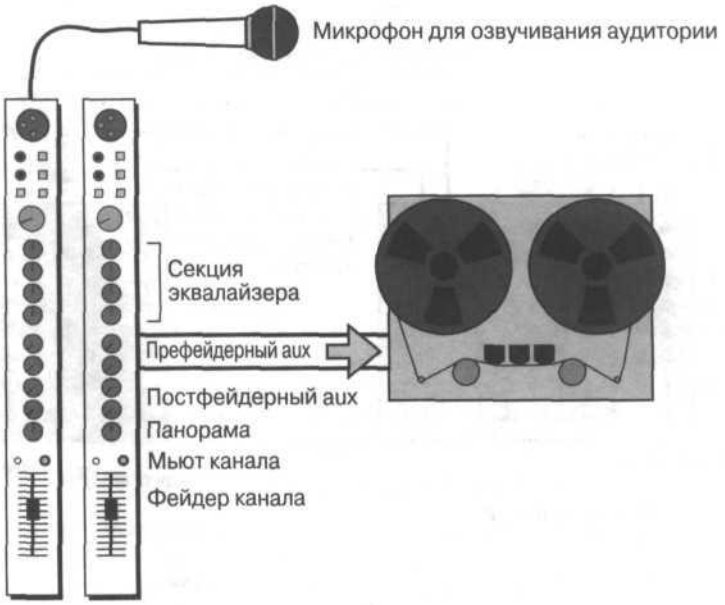
Аналогичным образом при отсутствии микрофонных сплиттеров можно формировать входной сигнал для отдельного мониторного микшера.

Каналы записи

Лучше всего организовать систему таким образом, чтобы формирование сигнала записи не зависело от положения канальных фейдеров пульта звукоусиливающей системы, основная задача которого - обеспечение звука в зале.

Для записи концерта необходимо специально добавлять шум аудитории, в противном случае получится некое подобие студийного творчества. Особое внимание следует уделять тому, чтобы это не было озвучиванием какой-нибудь небольшой группы людей, чем грешат многие концертные записи. Хорошо, если вам удастся записать шум аудитории на резервный трек (в крайнем случае на кассетник или DAT), в противном случае необходимо быть уверенным, что ваш монитор находится на достаточном расстоянии от основных порталов, так что вы можете адекватно выставить баланс шума в зале. Если же вас одолевают сомнения, то в целях предосторожности можно позже провести дублирование.

Запись. Если запись контролируется отдельно, следует пользоваться префейдерными aux для независимого управления балансом записи. При стереозаписи следует использовать два префейдерных aux. Чтобы подключить микрофон для озвучивания шума зала, используйте канальный aux посыл (фейдер основной консоли выведен). Если запись никем не управляется, лучше снимать сигнал с постфейдерных aux, чтобы контролировать процесс хотя бы через систему звукоусиления.



Если кто-нибудь управляет записью, то для этой цели теоретически лучше использовать префейдерные aux-посылы, так как в этом случае обеспечивается независимое управление. Следуя по этому пути, необходимо опасаться скрытых источников сигнала (таких, как магнитофонные разрывы), которые могут быть убраны в основном миксе, но оставаться на канальном префейдерном aux. Это - самый верный способ "запороть" запись.

Если же записью никто не управляет, то лучше всего снимать сигнал с постфейдерного посыла aux, так как в этом случае звукорежиссер по крайней мере может попытаться выставить необходимые уровни. У вас все еще остается возможность раздельного контроля за счет регулировки aux, и при необходимости вы сможете установить баланс, отличный от баланса звукоусиливающей системы.

Для многодорожечной записи используйте прямые (direct) выходы консоли или посылы с точек разрыва (то есть должны быть соединены конец джека и кольцо, а корпус - отсоединен) или (в идеале) отдельный микшер с дополнительными или разделенными микрофонами.

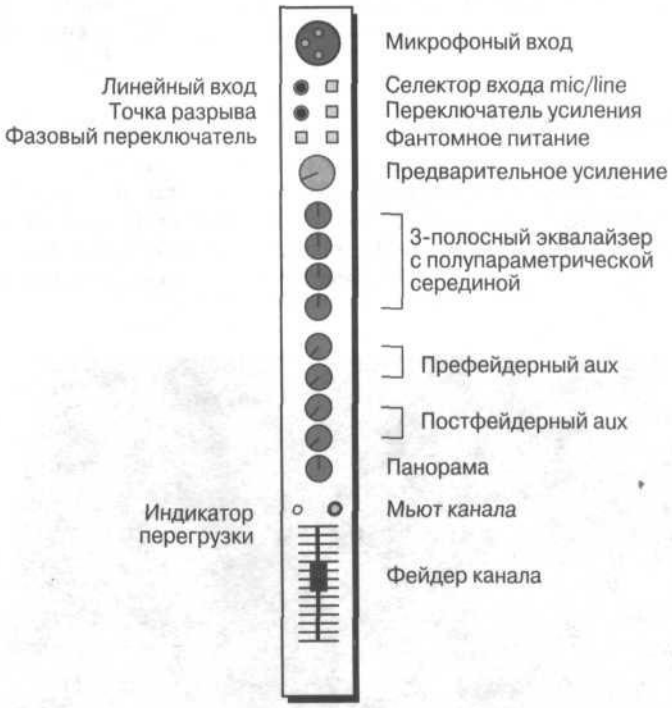
Звук видеокамеры

Запись звука видеокамеры существенно выигрывает при снятии сигнала с основной консоли. Хорошие результаты получаются при добавлении сигнала микрофонов, озвучивающих шум зала. Помните, что запись "живого звука сцены" иногда приводит к неудовлетворительным результатам, поскольку он может быть в некоторых случаях сопоставим по громкости со звуком собственно системы звукоусиления. Запись звука видеокамеры через консоль позволяет избежать механических шумов, производимых самой видеокамерой, которые собирает встроенный микрофон. Если запись с пульта не представляется возможной, то попробуйте по крайней мере использовать внешний микрофон для озвучивания сценического звука. Для этой цели лучше всего подойдут микрофоны типа PZM.

Каналу необходимы средства выбора между различными источниками (микрофонный/линейный) и возможность установки предварительного усиления по каждому из них. Канальный эквалайзер служит для управления частотной характеристикой входного сигнала (для коррекции или в творческих целях). Фейдер канала позволяет регулировать уровень сигнала. Возможно наличие коммутирующих переключателей, определяющих дальнейший маршрут прохождения сигнала и назначающих его на определенные выходные шины (группы для различных порталов или частей зала или подгруппы).

Кроме основных шин пульта есть и дополнительные (aux), позволяющие организовывать мониторинг и подключать приборы параллельной обработки. Любой aux является общим для всех каналов и направляется на один и тот же прибор. Это самый простой путь совместного использования каналами какого-либо прибора обработки звука или мониторных усилителей/колонок. Для последовательного подключения эффекта, действующего только на один канал, служат разрывы.

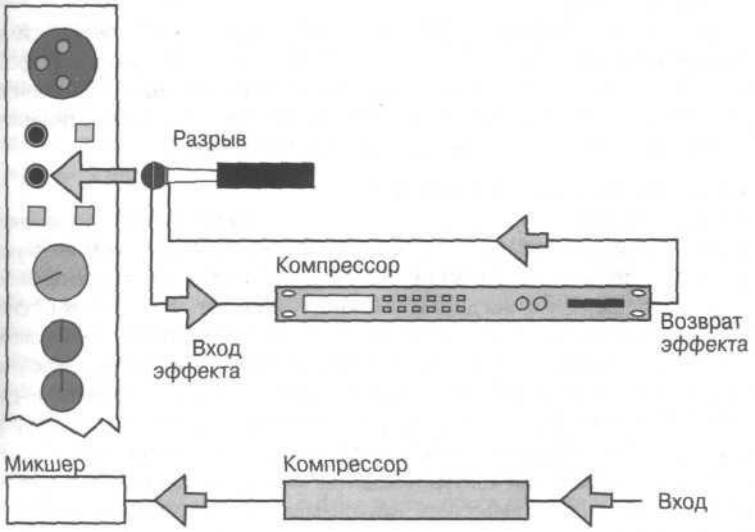
Типичный входной канал пульта



Последовательные и параллельные эффекты

Последовательные эффекты заменяют первоначальный сигнал собственным. Такими эффектами являются, например, эквалайзер, гейт и компрессор. Некоторые эффекты, основанные на задержке (например, хорус и флэнжер), также можно включить последовательно, если ими необходимо обработать только один источник звука. С другой стороны, для одновременной обработки нескольких источников последовательным эффектом можно подключить его через aux. Отметим, что в этом случае чистый необработанный звук можно, при необходимости, получить регулировкой баланса или глубины эффекта на самом приборе.

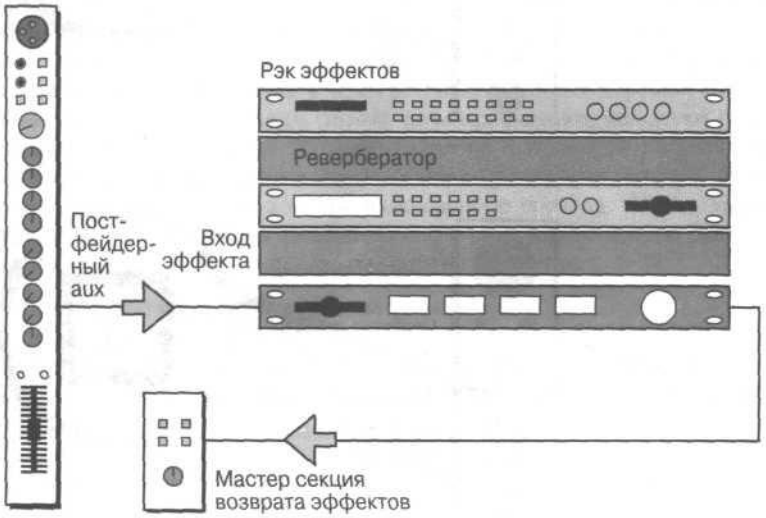
Последовательные эффекты (такие как компрессор, гейт, эквалайзер) заменяют входной сигнал звуком эффекта.



Параллельные эффекты смешивают исходный сигнал с эффектом в определенных пропорциях, не замещая его целиком. Параллельные эффекты чаще всего подключаются через aux, позволяя использовать их совместно всеми каналами. Если необходимо обработать эффектом только один канал, его можно включить в разрыв.

Необходимо соответствующим образом регулировать баланс эффектов. Для параллельных эффектов, скоммутированных через систему aux, баланс или глубина эффекта устанавливается в максимум, а количество обработки того или иного канала регулируется посылами. Если же требуется обработать параллельным эффектом только один канал, то его можно включить в разрыв и добиться требуемых соотношений между обработанным и необработанным сигналами регулировкой баланса эффекта.

Параллельные эффекты (такие как ревербератор и задержка) смешивают в определенных пропорциях исходный и обработанный сигналы.



Примечание

Работая с незнакомой консолью, не злоупотребляйте эквалайзером при "живом" исполнении. Для начала изучите все его особенности. Если вам приходится использовать микшер, который вы раньше никогда не видели, не паникуйте, а внимательнее изучите линейки каналов, для того чтобы обнаружить знакомые вам органы управления. Не торопитесь и будьте последовательны при изучении нового пульта. Найдите характерные для всех консолей детали (например, эквалайзер, переключатель режима bypass, переключатели aux pre/post и переключатели коммутации групп). Тогда у вас не будет проблем. Затем изучите секцию главного выхода и первым делом найдите наиболее важные части, такие как регуляторы мастер-уровня, уровня групп, переключатель tape repro. Особое внимание уделите "опасным" кнопкам (например, solo in place и групповые мьюты), которые следует попробовать на практике, поскольку их действие не всегда очевидно.

Кнопки pad (вверху) и phase (внизу) канала пульта предназначены только для микрофонного входа, но никак не для линейного. Отметим, что наряду со стереомикшированием панорама может использоваться для маршрутизации канала по группам, то есть влево – для нечетных групп (1 и 3), вправо – для четных (2 и 4).

Селектор входа

Переключатель mic/line определяет, какое гнездо и какой контур усиления будут использоваться данным каналом. Микрофонные входы профессионального пульта выполнены в виде трехконтактных сбалансированных низкоимпедансных гнезд типа XLR (часто имеющих фантомное питание, особенности которого в деталях будут рассмотрены ниже).

Ослабление сигнала (кнопка pad)

В идеале микрофонный вход пульта должен иметь кнопку ослабления сигнала и переключатель фазы. Кнопка ослабления сигнала позволяет понижать уровень (обычно на 20-30 dB) до того, как он попадет на какой-либо контур пульта. Эта функция дает возможность избежать перегрузок от сигналов повышенного уровня, например, при использовании высокоуровневых конденсаторных микрофонов или при озвучивании через микрофон инструментов, имеющих высокое звуковое давление (таких, как басовый барабан). Если снижение усиления в пульте не помогает, можно воспользоваться аналогичной функцией уже на самом микрофоне (в конденсаторных микрофонах понижающий контур находится между капсюлем и электроникой микрофона) или использовать другой микрофон, способный снимать сигнал высокого уровня.

Переключатель фазы

Переключатель фазы используется для исправления неправильной коммутации проводов или изменения фазы, когда размещение системы из нескольких микрофонов требует этого (например, при озвучивании малого барабана микрофонами, находящимися над и под ним, воздух по отноше-

нию к микрофонам движется в разных направлениях, и при объединении два сигнала гасят друг друга, приводя к провалу низких частот). Если такого переключателя не предусмотрено, можно соответственно скоммутировать внешние кабели, применяя провода со специальной окраской, дабы впоследствии легко их идентифицировать. Заметим, что этот переключатель обычно воздействует только на сбалансированный микрофонный вход и не оказывает никакого влияния на линейный.

Фантомное питание

Фантомное питание - предмет отдельного обсуждения. Оно подается только на сбалансированные микрофонные входы и является источником питания для микрофонов конденсаторного типа или активных распределительных коробок. Своим названием фантомное питание обязано тому, что оно обеспечивает напряжение 48 V постоянного тока в линии без дополнительных проводов. На обычные сбалансированные приборы напряжение не оказывает никакого воздействия. Например, в случае динамических микрофонов с перемещающейся катушкой одинаковое напряжение подается на оба ее конца (контакты разъема 2 и 3), поэтому фантомное питание не приводит к протеканию через нее тока. В фантомном оборудовании напряжение снимается с контактов 2 и 3 (контакт 1 - "земля") и используется по назначению.

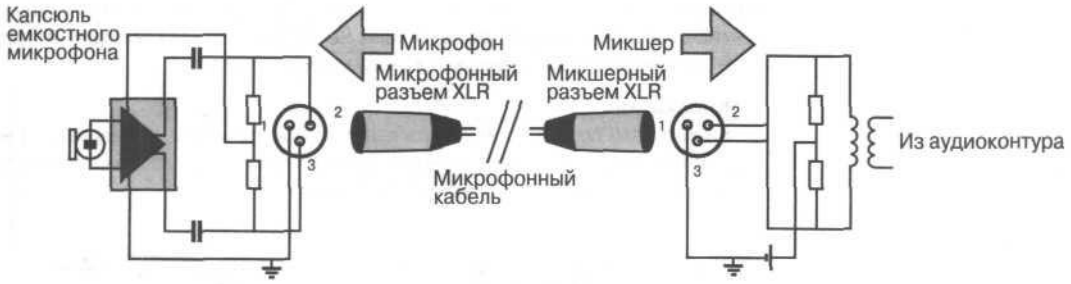


Схема фантомного питания.

Это означает, что для сбалансированных систем фантомное питание работает незаметно. Единственный случай, когда оно может заявить о себе во весь голос, так это при использовании специальных кабелей или при коммутации с несбалансированными источниками, что способно привести к поломке прибора, поскольку к нему будет приложено напряжение в 50 V. Электронные источники сигнала (клавиши, гитара) необходимо подключать к микрофонным входам пульта через распределительные коробки, которые понижают уровень линейного сигнала до микрофонного, согласуют сопротивление и одновременно устраняют влияние фантомного питания. При коммутации прибора со входами, имеющими фантомное питание, будьте осторожны. Нельзя использовать обыкновенные провода, так как это может привести к короткому замыканию или к тому, что на прибор будет подаваться напряжение, на которое он вовсе не рассчитан.

Управление предварительным усилением

Управление усилением позволяет привести в соответствие уровни источника сигнала и пульта. Например, некоторые люди поют тише, чем другие, а выходной сигнал линейных источников (гитары, клавиши) имеет более высокий уровень по сравнению с микрофоном. Можно добиться необходимого уровня и за пределами консоли, не регулируя усиление входа пульта должным образом, но в результате это может привести к повышению шума и искажениям.

Предварительное усиление необходимо регулировать при нажатой кнопке solo, расположенной рядом с фейдером канала. Иногда эту кнопку называют cue или PFL (pre fade listen - дофейдерное прослушивание). Необходимо отрегулировать усиление по входу таким образом, чтобы на пиках индикатор уровня находился в красной зоне (О VU). Однако надо следить за тем, чтобы он не

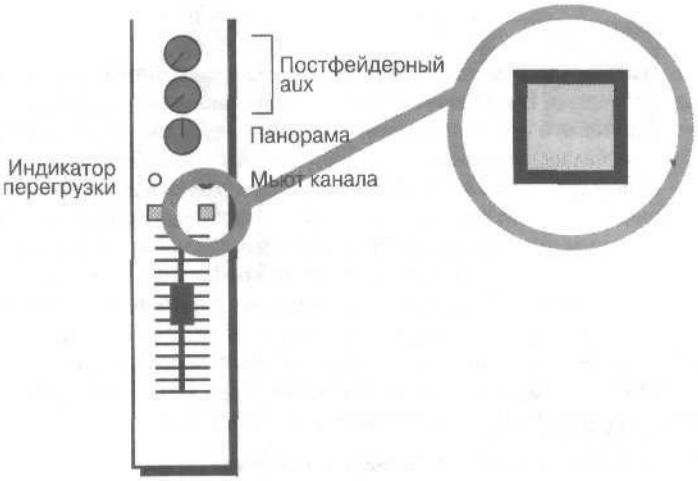
Управление питанием.

оставался в этой зоне длительное время. Такая установка обеспечивает оптимальный уровень для остальной части канала. И еще, о чем не стоит забывать - эквалайзерное усиление также влияет на уровень сигнала и может потребовать снижения уровня предварительного усиления канала.

Кнопка solo

Кнопка соло позволяет выделить канал из общего микса, проверить уровень и качество звука канала независимо от общего микса. Она располагается в схеме канала до фейдера и обычно после эквалайзера*.

Не у всех пультов есть кнопка solo.



Эквализация

Эквалайзер действует аналогично регулировке тонального баланса обычных Hi-Fi систем, но предоставляет более широкие возможности управления.

---

* При наличии в серьезных пультах двух кнопок (PFL и Solo) кнопка Solo обычно обеспечивает прослушивание сигнала после фейдера и панорамного регулятора. - *Примеч.* ред.

Трехполосный и полупараметрический эквалайзер

Эквалайзер пульта обычно имеет три частотные полосы - низкую, среднюю и высокую. В более сложных устройствах (полупараметрические эквалайзеры) некоторые или все из этих полос связаны с регулируемой частотой, что позволяет более точно выбирать диапазон, с которым будет работать эквалайзер. Например, если вы хотите изменить тональный баланс басового барабана, можно настроить эквалайзер таким образом, чтобы он работал в частотном диапазоне именно этого инструмента. В противном случае приходится полагаться на частоту, определенную производителем прибора.

Принцип работы полупараметрического эквалайзера аналогичен радиоприемнику. Включив приемник и увеличив выходную громкость (на эквалайзере - усиление или подавление частоты), вы ищете на слух станцию (частоту), с которой будете работать. Существует несколько методик по определению оптимальной частоты, но все же в основном надо полагаться на свои уши.

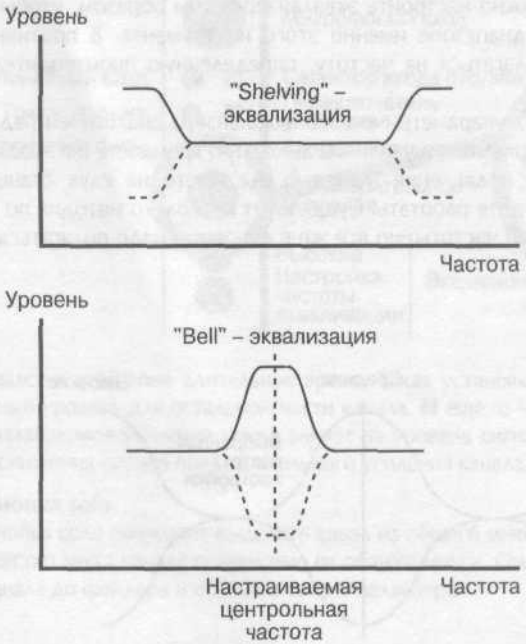
Кривые усиления/подавления низких, средних и высоких частот.

Если это привычнее для вас, то можно рассматривать пультовой эквалайзер и как графический. Управление тембром эквивалентно паре слайдеров графического эквалайзера, и это все, чем вы располагаете в данном случае. Имея полупараметрический эквалайзер, вы также ограничены в количестве слайдеров, но зато можете выбрать частоту, с которой хотите работать. Усиление или подавление с помощью эквалайзера пульта действует не только на настроенную частоту, но и на соседние с ней. Таким образом, вы как бы перемещаете несколько слайдеров графического эквалайзера. Количество зависимых таким образом слайдеров определяется добротностью (Q). И еще одно отличие пультового эквалайзера от графического - вместо слайдеров у него вращающиеся ручки.

Эквалайзер находится в нейтральном состоянии, если вращающаяся ручка усиления/подавления установлена на 12 часов. Вращение ручки по часовой стрелке приводит к усилению выбранного частотного диапазона, а в обратном - к подавлению.

Наряду с усилением частот настоятельно рекомендуется применять и их подавление. Начнем с того, что постоянное усиление приводит к повышению уровня сигнала, проходящего через канал, а это в конце концов может привести к искажению звука. Чрезмерное усиление также сопровождается неприятным звоном или гудением и увеличивает вероятность самовозбуждения системы.

Подавление частот эквалайзером часто оказывает более естественное влияние на тональный баланс, позволяя добиваться тех же самых результатов. Однако, для поиска частоты эквализации (в полупараметрическом эквалайзере) удобнее пользоваться усилением, а впоследствии, когда частота определена, можно применить подавление.



Кривые эквализации. Имея полупараметрический эквалайзер, пользователь может установить центральную частоту, вокруг которой будет проводиться эквализация. Полнопараметрический эквалайзер позволяет регулировать еще и ширину диапазона, внутри которого происходит эквализация.

Параметрический эквалайзер

Это наиболее сложный тип эквалайзера, имеющий еще один настраиваемый параметр - добротность* (Q), который связывается с каждым из частотных диапазонов. Величина добротности может регулироваться переключателем, а в идеальном варианте - вращающейся ручкой. Добротность определяет ширину диапазона частот (вокруг настраиваемой центральной частоты), внутри которого будет проводиться эквализация.

Обычные параметрические эквалайзеры имеют добротность в форме "колокола" (bell - регулировка центральной частоты эквализации), хотя существуют аналоги с добротностью в форме "полки" (shelving - регулировка частоты, с которой начинается эквализация), в которых регулируемый диапазон начинается с некоторой частоты и имеет форму полки.

Добротность параметрического эквалайзера Q. Низкая добротность (широкая полоса) охватывает целую октаву, высокая (узкая полоса) – только несколько нот.

Фильтры

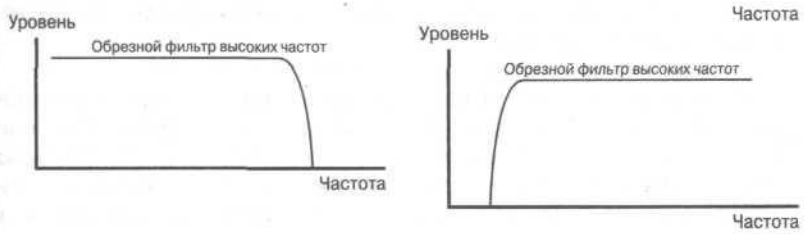
Фильтр - еще один тип эквалайзера. Основной параметр фильтра - частота, с которой он начинает свою работу.

Существует несколько типов фильтров:

---

* Добротностью называют величину, обратную ширине регулируемой частотной полосы: то есть широкая полоса эквивалентна низкой добротности и наоборот. При работе с полнопараметрическим эквалайзером следует обратить внимание на этот регулятор. Маркировка Band означает изменение ширины полосы. Маркировка Q - изменение добротности. - *Примеч.* ред.

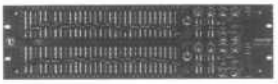
LPF (low pass filter) обрезной фильтр низких частот* не воздействует на низкочастотную составляющую, подавляет высокие частоты.



Характеристики пропускных фильтров низких и высоких частот

HPF (high pass filter) пропускной фильтр высоких частот** действует аналогично фильтру LPF с точностью "до наоборот".

BPF (band pass filter) полосовой фильтр пропускает небольшой диапазон частот в районе частоты фильтра и подавляет все частоты, выходящие за границу данного диапазона.



LA Audio Pro Series EQ231SPR – 2-канальный 1/3 октавный (31 полосный) графический эквалайзер с шелвинг и обрезными НЧ и ВЧ фильтрами, лимитерам и гейтам.

Полосовые и режекторные фильтры

BSF (band stop filter) режекторный фильтр - действует аналогично фильтру BPF с точностью "до наоборот".

Фейдер канала

После эквалайзера сигнал поступает на фейдер канала. Слайдерная (движковая) конструкция фейдера весьма удобна для управления уровнем сигнала и наглядно отображает его уровень.

После фейдера в схеме пульта находится регулятор панорамы, определяющий баланс сигнала между правым и левым выходами. Панорамник обычно является источником для главного стереовыхода, однако в пультах, имеющих группы, с помощью коммутирующих переключателей один и тот же канал можно назначить на две группы. В этом случае панорамник канала может стать частью коммутации, определяя, поступает сигнал в левую группу, правую группу, или в обе группы одновременно.

Фейдер обычно имеет маркировку его оптимального положения, оставляющего некоторый запас для увеличения уровня, но в основном предусматривающий его уменьшение. Эта "центральная позиция" определяет и нормальный рабочий уровень для электронных контуров микширующей шины, на которой суммируются сигналы, что позволяет установить оптимальное соотношение сигнала, шума и искажений и обеспечивает необходимый запас по громкости.

---

* Часто называется обрезным фильтром высоких частот, так как "режет" именно высокие частоты. - *Примеч.* ред.

** Часто называется обрезным фильтром низких частот, так как "режет" именно низкие частоты. - *Примеч.* ред.

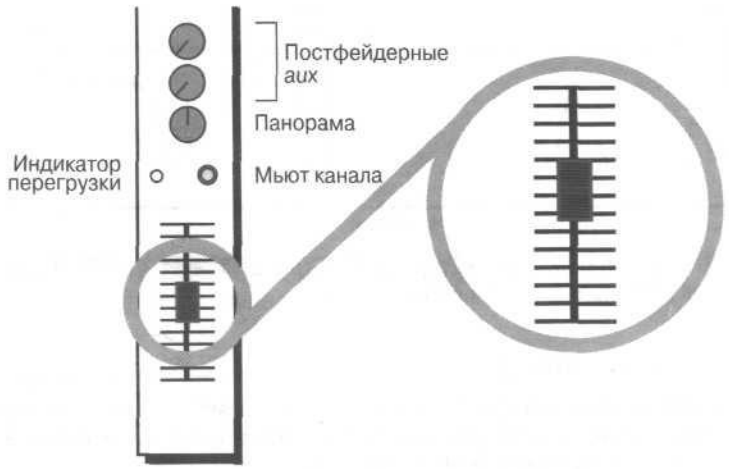
Если предварительное усиление каналов выставлено правильно (с помощью кнопки solo), а фейдеры находятся в идеальных положениях, можно считать, что электроника пульта сделала все от нее зависящее для обеспечения на выходе оптимального сигнала.

Сигнал с главных выходов пульта передается на усилитель.

Если в микшере скоммутированы группы, то сигналы входящих в них каналов управляются фейдерами соответствующих групп. Группы существенно облегчают и ускоряют процесс работы с пультом, позволяя с помощью групповых фейдеров управлять несколькими каналами одновременно и избавляя оператора от необходимости манипулировать фейдерами отдельных каналов. Выход группы можно направить на общий стереомикс или на другие части системы.

Кроме вышеописанного пути прохождения сигнала через пульт существуют и другие. Например, сигнал канала можно снимать с aux выходов, располагающихся в схеме канала как до фейдера (префейдерный aux), так и после него (постфейдерный aux).

Фейдер канала



Префейдерные посылы

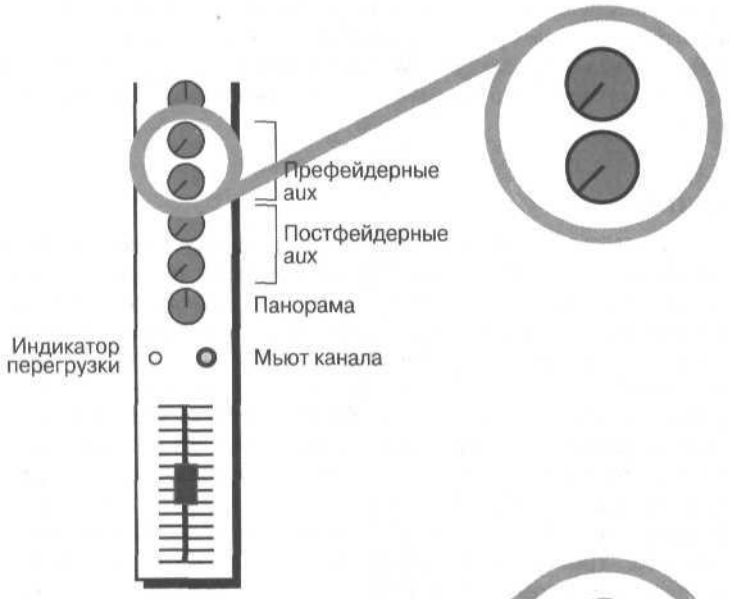
Префейдерные посылы (сигнал снимается до того, как он пройдет через фейдер канала) используются для организации мониторинга, поскольку в этом случае уровень отбираемого сигнала не зависит от положения фейдера канала, то есть системы мониторинга сцены и озвучивания зала становятся независимыми. Преимущество такого подхода состоит в том, что мониторный микс для артистов, находящихся на сцене, и звук в зрительном зале становятся независимыми и звукоинженер не должен беспокоиться об их взаимном влиянии. Недостаток такого подхода заключается в том, что при необходимости провести какие-либо корректировки звука в зале и на сцене приходится манипулировать как фейдером канала, так и префейдерными ручками aux.

Необходимо помнить, что выведение в минимум фейдеров основного выхода консоли оставляет активными префейдерные aux, а следовательно, на мониторные усилители могут поступать нежелательные сигналы (музыканты, находящиеся на сцене, могут попытаться включить/выключить какое-нибудь оборудование). Так что если мониторный микс формируется с префейдерных aux, не забывайте выводить его в паузах.

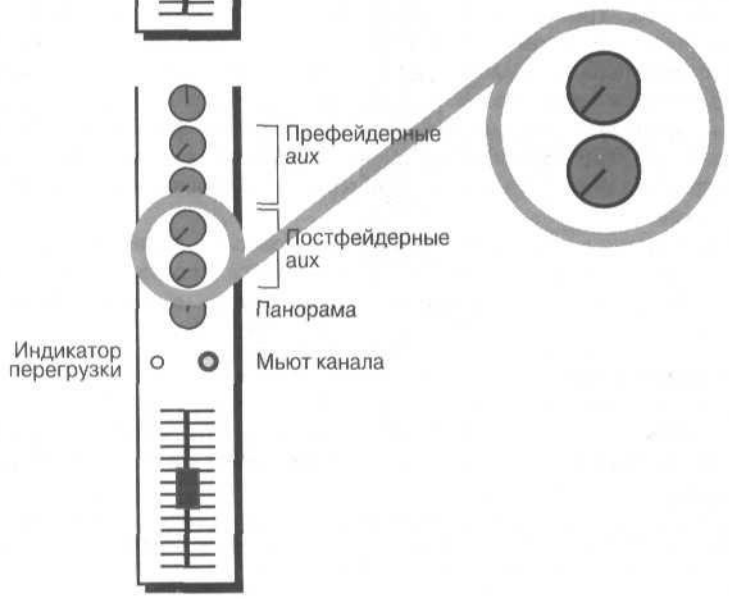
Постфейдерный посыл

Постфейдерный посыл (сигнал снимается после фейдера канала) используется для эффектов, сохраняя пропорции между сигналом, подаваемым на прибор обработки звука, и уровнем канала. Это обычная схема подключения эффекта, так как в противном случае при изменении уровня канала количество эффекта оставалось бы прежним, а для того, чтобы выровнять положение, пришлось бы манипулировать одновременно двумя ручками.

Многие микшеры позволяют подключать aux как до, так и после фейдера с помощью специального переключателя или внутренними перемычками. Это дает возможность гибко изменять конфигурацию пульта в зависимости от конкретной ситуации.



Префейдерные посылки используются для мониторинга



Постфейдерные посылы используются для эффектов

Обычно префейдерные aux снимаются после эквалайзера и до разрывов*. Каждый из подходов имеет свои преимущества и недостатки. Если префейдерный aux берется до эквалайзера, то музыкант не слышит производимого им улучшения или ухудшения звука. Постфейдерный посыл обычно располагается за разрывами, что позволяет передавать на aux сигнал, уже обработанный внешними приборами, скоммутированными с ними.

Коммутация

Предоставляемые возможности коммутации меняются от пульта к пульту. Естественно, конечная цель - доставить сигнал на основной стереовыход для его последующего усиления, так что в самом простом варианте достаточно направлять сигналы непосредственно на стереошину.

В некоторых пультах есть кнопка here to double, аналогичная мьюту канала, однако, необходимо быть осторожным, так как только истинный мьют подавляет сигнал, поступающий на aux и мониторную шину. В случае его отсутствия лучше воспользоваться переключателем выбора входа mic/line**.

Группы

Если пульт используется в сложной системе, то вы несомненно оцените преимущество работы с группами. В записывающих пультах группы используются для управления уровнем сигнала по каждому из треков. В пультах усиления группы обычно направляются непосредственно на стереошину. В других консолях (подобных записывающим), прежде чем направить сигнал на стереошину осуществляется управление мониторным уровнем и панорамой, что дает возможность управлять панорамой каждой группы независимо от установок стереошины. В некоторых случаях группы полезны в качестве источника сигнала для какой-нибудь подсистемы (например, для усилителей, озвучивающих определенную часть зала).

Наиболее часто группы используются как подгруппы, направляемые на главный микс. Уровень канала, входящего в группу, в конечном итоге определяется положением фейдера группы. Таким образом, можно легко и просто регулировать баланс отдельных частей общего микса. Например, нескольких бэк-вокалистов можно объединить в одну подгруппу и управлять их уровнем одним или двумя (для стереофонии) фейдерами. Это избавляет от необходимости суетливо перебирать руками, передвигая фейдеры по каждому из каналов при изменении уровня бэк-вокала в общем миксе.

Заметим, что в некоторых супербольших консолях группы могут располагаться в центре, хотя обычно они располагаются в правой части пульта. Это облегчает доступ к управлению наиболее часто используемой части пульта.

Разрывы групп

Еще один аргумент в пользу применения подгрупп - разрывы, в которые можно подключить дополнительные внешние эффекты (такие как компрессор или эквалайзер). Таким образом, у вас появляется возможность обраба-

---

* В ряде пультов разрыв стоит до эквалайзера, например, в некоторых моделях Mackie и Allen & Heat. В любом случае перед работой следует досконально разобраться в структуре пульта, дабы избежать неожиданных сюрпризов во время концерта. - *Примеч. ред.*

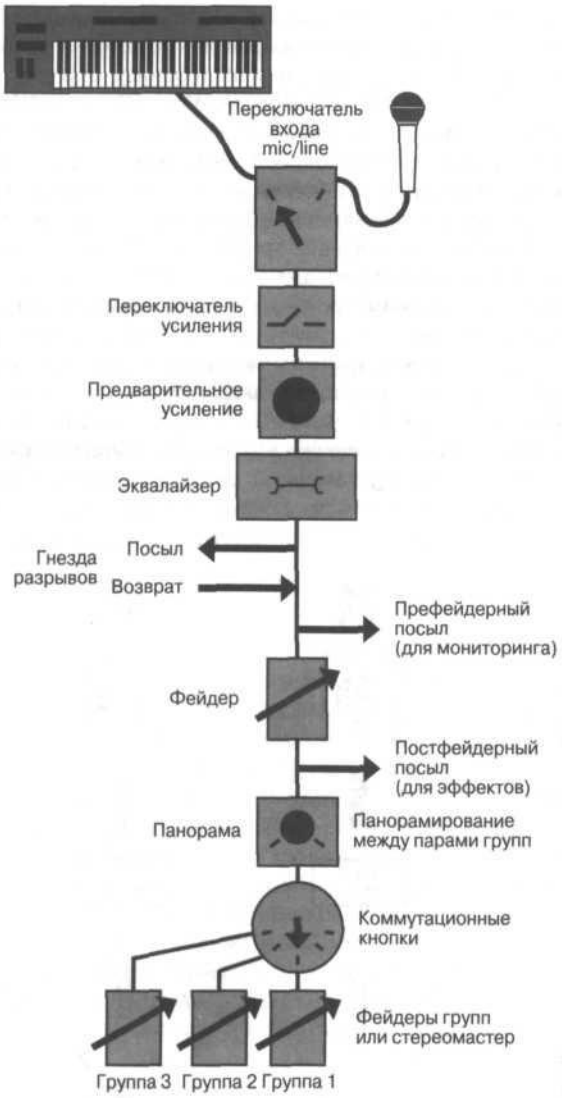
** Что в принципе может сопровождаться щелчком. - *Примеч. ред.*

тывать одним эффектом все каналы, входящие в подгруппу, а не навешивать на каждый из них свой прибор. Согласитесь, это очень удобно.

Использование групп в качестве посылов на эффекты

Можно использовать групповой выход в качестве посыла на дополнительный эффект, но при подобной коммутации мы не можем управлять уровнем посыла по каждому из каналов, не изменяя общего баланса системы звукоусиления.

Групповые и лих посылы



Структура усиления

Многие люди легкомысленно полагают, что пульт только смешивает звуки "в кучу", хотя на самом деле его функции много богаче, а влияние на качество звука переоценить невозможно.

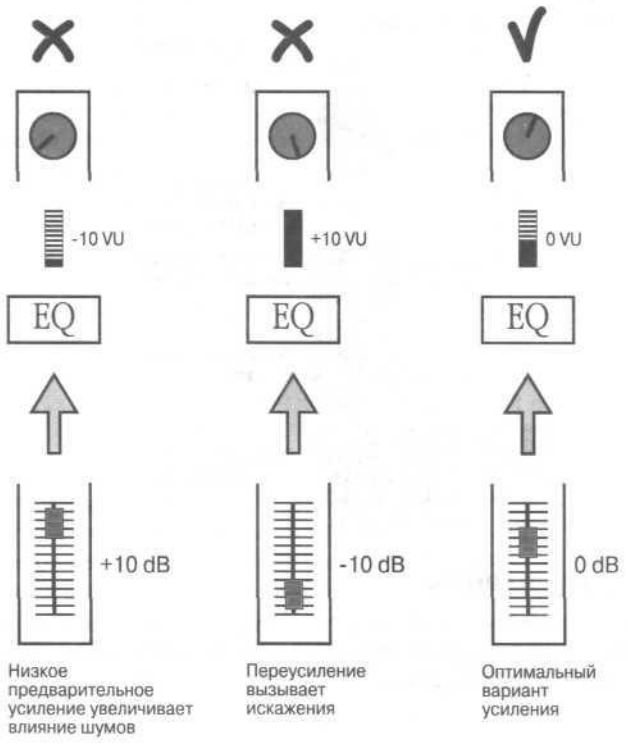
С помощью предварительного усиления мы не только устанавливаем оптимальный уровень сигнала, но и влияем на характер звука. Регулировка усиления зачастую влияет и на сопротивление контуров, вызывая тем самым изменение частотной характеристики сигнала, так как большинство электронных контуров не имеют идеальной линейной зависимости от уровня входного сигнала, что на разном усилении придает звуку характерную окраску.

Например, предварительное усиление определяет уровень входного сигнала для эквалайзера. Затем сигнал поступает на внешнее оборудование (эффекты или мониторинг) через aux. Недостаточно высокий уровень предварительного усиления заставляет выправлять положение за счет регулятора aux, а это сопровождается подъемом посторонних шумов.

На первый взгляд кажется, что неправильно выставленный уровень в одной части пульта можно легко компенсировать за счет последующих контуров (благо, в микшере их достаточно). Однако это вовсе не так. Например, мы можем ошибочно выставить слишком большой уровень предварительного усиления (появятся искажения) и затем, с помощью фейдеров канала или группы, понизим его. Конечно, уровень сигнала на выходе канала или группы будет нормальным, но искажения останутся.

Аналогично слишком малое предварительное усиление можно компенсировать за счет фейдеров канала или группы, так что на выходе будет сигнал нормального уровня. Также необходимо будет поднять уровень и на префейдерных aux. Все это в конце концов приведет к усилению шумов. Зависимость между фейдерами канала и группы, канала или группы и мастер-фейдером также нелинейна. Мы можем установить фейдер канала слишком низко, получая тем самым сигнал, сопоставимый с уровнем шума суммирующих усилителей пульта, а затем поднять уровень сигнала, "за-

Один правильный и два неправильных варианта усиления входного сигнала. Уровень выхода один и тот же для всех трех случаев.



драв" мастер-фейдер или фейдер группы. На выходе мы получим сигнал нормального уровня, но и уровень шума будет выше, чем он мог бы быть на самом деле.

На микшерах обычно помечаются оптимальные положения фейдеров. Используйте кнопку Solo при регулировке уровня входного сигнала для микшера. Далее дело за тем, чтобы перемещая фейдеры, оптимизировать уровни для достижения желаемого звука. Например, некоторые эффекты звучат лучше при повышенном уровне сигнала, а для других в этом нет необходимости. Ну и как, вам теперь нравится звук?

Регулировка настраиваемого эквалайзера

Эквализация, вероятно, предоставляет самые радикальные возможности по изменению и улучшению звука. Эквалайзер может до неузнаваемости изменить звук инструмента, так что размытый бас может стать четким, электрогитару невозможно будет отличить от нейлоновой акустики, а пианино превратится в клавесин.

В обычном эквалайзере результат в сильной степени предопределен разработчиками, и нам остается лишь определить интенсивность его использования. С наличием полупараметрика появляется возможность более точно настраивать частоту, которую мы хотим усилить или подавить.

Подавление частот - более эффективный метод применения эквалайзера по сравнению с их усилением. Для того, чтобы настроить эквалайзер на частоту, которую необходимо подавить, удобнее сначала ее усилить, а затем приступить собственно к настройке. Поверьте, это будет проще и легче.

Различие пультов записи и усиления

Звукозаписывающие пульты и консоли усиления отличаются в основном по типам aux и методам использования подгрупп.

Aux

При записи внешние эффекты жизненно необходимы. Расположение посыла после фейдера приводит к тому, что уровень эффекта меняется пропорционально уровню фейдера канала. Это нормальная ситуация для эффекта, поэтому в пультах, предназначенных для записи, обычно больше постфейдерных aux (посылов на эффекты).

В пультах, ориентированных на звукоусиление, превалируют префейдерные aux посылы (мониторинг). Поскольку посылы расположены до фейдера, то мониторный микс, предназначенный для музыкантов, находящихся на сцене, не зависит от общего микса. Это - оптимальная ситуация, позволяющая отрегулировать мониторный микс так, чтобы музыканты были счастливы, а вы не беспокоились о нарушении идиллии регулировкой основного микса. Наличие префейдерных посылов особенно критично, когда уровень мониторного микса находится на грани самовозбуждения, но требуется добавить мощности в зал. Есть и другая причина, по которой желательно иметь независимый от общего микса мониторный микс. Аудитория предпочитает слышать приятный, хорошо сбалансированный звук, в то время как исполнители требуют того, чтобы было слышно именно их и ритмическую основу (бас и ударные), а не детали и нюансы композиции. Например, партия клавишных может сбивать и раздражать солиста, в то время как аудитория будет поражена необыкновенной гармонией голоса и синтезатора.

Однако следует помнить и о том, что существуют ситуации, в которых следует изменять баланс не только основного, но и мониторного микса, например, во время сольных партий гитариста (ведь он тоже должен ощутить всю прелесть своего исполнения) или при самовозбуждении (скажем, когда исполнитель слишком сильно приблизился к колонкам). Самовозбуждение чаще всего возникает в мониторном миксе, а следовательно, нужно крутить ручки aux, а не хвататься за фейдеры главного выхода. И еще - нельзя забывать, что мониторы работают во время пауз, поэтому шумы от различных переключений аппаратуры или ударов по микрофону будут усиливаться мониторными усилителями. Особую осторожность необходимо проявлять в случаях, когда на мониторы подается сигнал с магнитофона.

Группы

Для управления уровнем по каждому из треков многодорожечного магнитофона при записи используются группы. В случае систем звукоусиления группы можно использовать для управления различными усилителями/колонками, озвучивающими различные части зала.

Микшерный пульт Olv фирмы Yamaha обеспечивает 24 входных канала, специальная функция link позволяет объединить 2 пульта вместе для 48-канального цифрового микширования.

Однако чаще всего группы используются в качестве подгрупп. Это означает, что любой канал пульта можно включить в группу. Далее групповой выход может посылаться на главный стереовыход к усилителям. Каждая группа может управлять несколькими инструментами одновременно, например бэк-вокалом, ритмической основой или клавишными, избавляя звукорежиссера от необходимости манипулировать большим количеством фейдеров одновременно.

То же самое можно сделать и на записывающем пульте, установив переключатель tape/group в положение group и, используя кнопку monitor mix level (уровень мониторного микса), отправить сигнал на стереошину. В пультах, предназначенных специально для усиления, эти переключатели и кнопки могут отсутствовать, поскольку сигнал посылается на стереошину автоматически.

Мониторные пульты

Существует еще одна разновидность пультов, предназначенных для усиления, - мониторные микшеры. Они работают отдельно от основной консоли и служат исключительно для управления сценическими мониторами.

Мониторные консоли представляют собой пульты узкой специализации с множеством aux. Восемь aux (для таких микшеров это стандарт) позволяют организовывать различные мониторные миксы практически каждому исполнителю. За мониторным пультом должен сидеть специальный звукоинженер, которому необходим зрительный контакт с артистами и которого, в принципе, не должен волновать звук в зале. По этой причине звукоинженер, отвечающий за мониторинг, располагается где-нибудь на сцене, внимательно следя за поведением музыкантов и подаваемыми ими знаками.

6

Микширование – искусство создания "живого" звука

Введение

Микширование звука на "живом" концерте - это искусство без права на ошибку. Мы рассмотрим основные вопросы и методы работы в этой области, включая субмикширование, создание групп и мьютирование, а также психологические аспекты "живого" звука и маленькие хитрости, упрощающие жизнь звукоинженера.

Установка

Расставьте все оборудование по своим местам. Если корпуса приборов имеют метки, соответствующие их положению, то это значительно облегчит расположение оборудования по залу и на сцене, особенно в тех случаях, когда вы работаете с неквалифицированными помощниками. В идеале основная консоль должна располагаться в центре зала.

Скоммутируйте все кабели. Начинать надо с силовых, затем идут кабели колонок, за ними - микрофонные шнуры и в последнюю очередь - кабели приборов обработки. Для снижения уровня наведенного шума (фона) старайтесь размещать аудиокабели как можно дальше от силовых проводок и от проводов, ведущих к системам освещения, или по крайней мере располагайте их под углом 90° в месте пересечения. Кабели, по которым проходят сигналы высокого уровня, не должны складываться кольцами, поскольку это приведет к образованию своеобразных катушек индуктивности и их нагреву.

Старайтесь располагать сценические коммутаторы и все кабели сверху, чтобы их никто не пинал. Кабели, проложенные по полу, необходимо соответствующим образом защитить. Вы в ответе за безопасность системы и здоровье людей, так что примите все необходимые меры предосторожности, даже если вам кажется, что кабель нельзя не заметить. Неплохо обозначить отдельные части кабеля белым или флюоресцентным покрытием, чтобы они были заметны в темноте.

Включайте питание, начиная с наиболее близких к пульту приборов. Усилители необходимо включать в самую последнюю очередь, предварительно установив минимальный уровень выхода, чтобы избежать щелчков.

Запустите на магнитофоне известную вам запись, поднимите фейдер канала, мастер-фейдер и, наконец, немного поднимите уровень усилителя. Удостоверьтесь в нормальной работе усилителя, в исправности всех динамиков, отсутствии гудения и свиста, а также в том, что через систему не проходит постоянный ток. Только после этого можно поднять уровни кроссовера и усилителя до рабочего значения.

POWER-Q – рабочая станция фирмы Sabine, 20-бит AD/DA. POWER-Q – двухканальный прибор. Каждый канал имеет 12 FBX фильтров для подавления АОС, 1/3-октавный эквалайзер (глубина +/-15 dB, ширина от 0,5 до 1 октавы), 31-полосный RTA, компрессор/лимитер (время атаки – от 1 mc до 100 mc, время восстановления – от 0,05 с до 5 с, экспандер/гейт, цифровую линию задержки (до 83,2 mc), генератор белого и розового шума.

Проверьте работу микрофонов. Логичное расположение микрофонов на пульте (барабаны - рядом, вокальные - в соответствии с положением на сцене слева направо) поможет легче ориентироваться в каналах. Для начала проверьте - "дышит" ли микрофон, вводя его в режим солирования и прослушивая окружающий шум. Если у вас есть помощник, то он мог бы помочь идентифицировать каждый микрофон, но если вы следовали логике расположения микрофонов на сцене и на пульте, то можете сделать это сами.

Проверьте работу мониторов, опять же начиная с минимального уровня. Самый простой способ проверки - запустить через них какую-нибудь запись. Далее можно приступать к регулировке эквалайзеров основной и мониторной систем.

Система эквализации

Если используется система многополосного усиления, то для начала необходимо установить точки разделения частот, а затем - уровень по каждой полосе. Независимо от того, используете вы систему многополосного усиления или нет, следует начинать со среднего уровня для конкретного помещения.

Затем надо отрегулировать общую эквализацию выхода, используя для этого 1/3 октавный 31-полосный графический эквалайзер (или пультовой эквалайзер, если это все, чем вы располагаете). Система эквализации должна решать две основных задачи: обеспечивать достаточно высокий уровень без самовозбуждения, а также устранять спектральные недостатки системы и выдавать желаемый тональный баланс.

Есть несколько способов решить проблему общей эквализации.

Метод 1

Это очень "жестокий" тест, поскольку микрофоны не будут находиться в таких плохих условиях, как в процессе настройки. Данный метод может привести к излишней эквализации, зато он очень быстр.

Установите микрофон в центре зала (на расстоянии по крайней мере вдвое большем, чем расстояние между колонками) на высоте динамиков таким образом, чтобы обеспечить сбалансированный звук ото всех колонок. Постепенно поднимайте уровень до тех пор, пока не возникнет самовозбуждение. Затем эмпирическим путем определите частоту возбуждения (для этого поочередно выводите в минимум фейдеры на всех полосах эквалайзера) и подавите ее до исчезновения самовозбуждения. Далее поднимайте уровень до тех пор, пока система не самовозбудится снова. Если она возбуждается на той же частоте - приберите ее снова. Повторяйте процесс, подавляя несколько частот самовозбуждения, однако особенно не увлекайтесь, поскольку излишняя эквализация пагубно сказывается на качестве звука. Этот метод можно распространить и на мониторы.

Метод 2

Возьмите вокальный микрофон и с помощью традиционного "один, два, три" добейтесь максимальной ясности и четкости звука. При регулировке тонального баланса обращайте особое внимание на звенящие и трубящие звуки.

Метод 3

Поставьте хорошо знакомую вам запись и на слух отрегулируйте эквалайзер.

Метод 4

Установите микрофон аналогично первому методу и увеличивайте уровень до момента возбуждения. Затем, отключив сигнал кнопкой mute, подключите генератор розового шума и попытайтесь, насколько это возможно, убрать эквалайзером выбросы на анализаторе спектра.

Метод 5

Используйте микрофон для устойчивого снятия сигнала розового шума и установите графическим эквалайзером ровную линию на анализаторе спектра. Этот метод малоприменим к реальной действительности. Фактически регулировка эквалайзера по ровному розовому шуму дает сигнал, имеющий частотную характеристику с облегченными низами и тяжелыми верхами. К этому методу следует относиться как к предварительному, производя окончательную настройку на слух. Кроме всего прочего, зал будет наполнен (хотелось бы верить) людьми, а не анализаторами спектра*.

Примечание

Для того, чтобы добиться одобрения музыкантов, вам для начала необходимо оптимальным образом отстроить звук мониторов.

Контрольное тестирование звука (sound check)

И наконец, вам необходимо провести заключительную проверку звука с музыкантами. Процесс тестирования звука не должен выходить из-под вашего контроля и не должен использоваться для репетиций. Как только проверка будет закончена, исполнители могут репетировать сколько душе угодно.

Если во время тестирования звука вы неожиданно столкнулись с какой-нибудь проблемой, то обойдите ее и вернитесь к ней позже - стоит сохранять поступательное развитие процесса, иначе все это надоест музыкантам и они будут работать с ленцой.

Можно быстро выставить предварительное усиление, используя кнопку Solo, и определить начальные установки эквалайзера. Смысл состоит в том, чтобы сделать что-нибудь быстро, насколько это возможно, а затем улучшить это во время репетиций.

Начинать проверку звука следует с тестирования каждого инструмента в отдельности, чтобы иметь возможность хорошо выставить эквалайзер и проверить качество и уровень входного сигнала. Затем необходимо проверить их вместе, подкорректировав установки эквалайзера и установив баланс между инструментами. При регулировке баланса сначала следует сконцентрировать свое внимание на самом громком источнике звука - вероятно, это будет вокал**, что позволит выравнивать уровни остальных инструментов по отношению к нему, а не выбирать полностью запас по громкости, задирая все фейдеры до упора.

Satine REAL-Q2 – адаптивный эквалайзер в реальном времени предназначен для автоматической поддержки заданной частотной характеристики системы звукоусиления. REAL-Q2 двухканальный цифровой прибор (20-бит AD/DA), каждый канал имеет: компрессор/лимитер, цифровую линию задержки (до 0,05 сек, шаг 20 мкс), 1/3-октавный эквалайзер (глубина регулировки +/- 15 dB, ширина от 0,5 до 1 октавы, 19 пресетов памяти).

Далее наступает черед ударных, поскольку они являются основой большинства композиций. Затем необходимо отстроить бас и другие ин-

* В приводимом автором методе есть еще два неприятных момента. Во-первых, передвинув микрофон на 3-4 метра после настройки по анализатору, вы обнаружите, что все придется начинать сначала, то есть окончательную подстройку следует производить на слух с обходом всего зала. Во-вторых, мощность излучения розового шума должна быть минимальной, так как твиттеры могут не вынести длительной работы на номинальном уровне из-за перегрева катушки. - *Примеч.* ред.

** Как правило, гитаристы напористо оспаривают подобное утверждение. - *Примеч. ред.*

струменты, составляющие ритмическую основу группы, потом - заняться оставшимися инструментами (духовые и так далее).

Субмикширование и группы

Техника субмикширования облегчает процесс создания общего микса. Заранее разбивая источники звука на различные секции, вы уменьшаете количество фейдеров, необходимых для управления звуком системы. Субмикширование может проводиться извне, например, с субмикшера клавишника, или при помощи подгрупп на основном пульте.

Громкость

Громкость субъективно воспринимается на слух как разница между звуками различных уровней. Если человек находится долгое время под воздействием звука повышенной громкости, то постепенно его ухо адаптируется к сигналу высокой мощности, и через некоторое время он воспринимает его как нормальный. Таким образом, чтобы добиться большего эффекта, необходимо достаточно длительное время сохранять звук малой громкости перед кульминацией.

Кроме очевидного эффекта усиления выразительности композиции такой подход позволяет избежать звуков, воспроизведение которых находится на грани возможности системы звукоусиления и способствует получению более чистого общего микса, устраняя нежелательные шумы и искажения.

Спектральное микширование

В общем, качество конечного микса определяется на слух, однако за многие годы практической деятельности были разработаны основополагающие методы, которых следует придерживаться в работе. Концепция спектрального микширования предлагает располагать каждый звук в своем частотном диапазоне таким образом, чтобы границы диапазонов не пересекались. С помощью эквализации звуки разносятся по разным частотным диапазонам, что устраняет конкуренцию звуков в борьбе за энергию в рамках одной частотной полосы.

7

Эффекты и обработка

Введение

Добиться качественного звука, имеющего тысячеваттную мощность, - задача не тривиальная, требующая большого опыта и знаний, приобрести которые за пять минут не представляется возможным. Настоящая глава посвящена описанию процессоров эффектов, таких как ревербератор, задержка, прибор подстройки частоты (pitch shifting), компрессор, гейт и наиболее мощный из всех процессоров - эквалайзер.

Эквализация

По мнению автора, эквализация - самый мощный из всех эффектов, несмотря на то, что он может быть менее очевиден. Более того, чем меньше заметна обработка звука эквалайзером, тем лучше.

В предыдущих главах мы подробно рассмотрели настраиваемые и графические эквалайзеры, поэтому сейчас просто напомним основные моменты. Подавление частот более эффективно по сравнению с их усилением и во многих случаях позволяет избежать самовозбуждения. Для определения частотного диапазона, с которым будет работать эквалайзер, проще в начале использовать режим усиления.

В системах звукоусиления часто применяются эквалайзеры особого типа - фильтры. Отфильтровывая с помощью HPF-фильтра суббасовые частоты, которые система звукоусиления не в состоянии воспроизводить, мы добиваемся более чистого звука.

Фильтры типа LPF позволяют отделить от сигнала шипящие и свистящие шумы, однако не стоит забывать, что чрезмерное увлечение подобной фильтрацией срезает также и полезные высокие частоты звука. Даже инструменты басового регистра, такие как бочка или бас-гитара, имеют много высокочастотных гармоник (до 10-15 kHz).

Полосовой фильтр является комбинацией фильтров HPF и LPF, причем частота обрезания HPF-фильтра меньше, чем полоса среза для фильтра типа LPF. Подобного рода фильтры применяются в случаях, когда необходимо ограничить частотный диапазон воспроизводимого сигнала, скажем вокала, для имитации телефонного звонка (полоса пропускания - 300 Hz - 3500 Hz) или в прикладных системах звукоусиления, когда на первом плане стоит не качество звука, а его отчетливость.

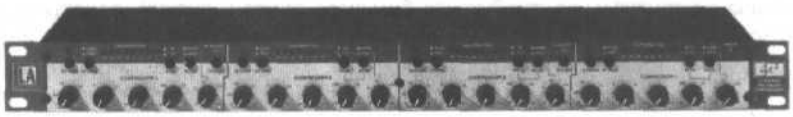
Полосовые обрезные фильтры, называемые режекторными, используются для удаления какой-либо полосы из частотного спектра сигнала. Диапазон подавляемых частот обычно очень узкий, так что они не оказывают

заметного влияния на остальную часть сигнала. Как мы увидим далее (глава 12. Проблемы и их решение), фильтры подобного типа довольно часто применяют в борьбе с самовозбуждением системы.

Компрессия

Компрессия - процесс управления динамическим диапазоном сигнала. Применяя даже не слишком глубокую компрессию, мы можем добиться требуемого сокращения динамического диапазона сигнала, что избавит нас от необходимости приобретения более дорогих усилителей. Компрессия субъективно увеличивает громкость звука, делает его более плотным и акцентированным. Работу компрессора можно уподобить автоматическому манипулированию фейдером - если сигнал становится слишком громким, то фейдер прибирается, а когда громкость становится нормальной, фейдер вводится в прежнее положение. Процесс компрессии управляется рядом параметров.

LA Audio 4C² – 4-канальный компрессор обеспечивает полосную компрессию, 2-канальный стереорежим, каскадную коммутацию.



Порог (threshold*)

Этот параметр определяет уровень, при превышении которого компрессор начинает управлять усилением. Если значение уровня сигнала меньше порогового, то компрессор не должен оказывать никакого воздействия на сигнал. Значение порога определяет - будете ли вы постоянно компрессировать сигнал или обработка коснется только пиков.

Время атаки (attack time)

Этот параметр определяет, как быстро будет реагировать компрессор на сигналы с уровнем выше порогового. Хотя есть много любителей быстрой атаки, не допускающей пиков, компрессор можно использовать и в творческом плане, устанавливая более медленную атаку с пропусканием начального пикового уровня (который должно выдерживать большинство систем) и управлением громкостью последующей части сигнала (при грамотно установленном пороге это позволяет добиться акцентированного звучания). Слишком быстрая атака может сопровождаться щелчками или хлюпаньем, в то время как более медленная позволит избежать подобных искажений.

Для получения специальных эффектов можно выставить медленную атаку и быстрое время восстановления, что чаще используется в студийных условиях записи, нежели на "живом" концерте.

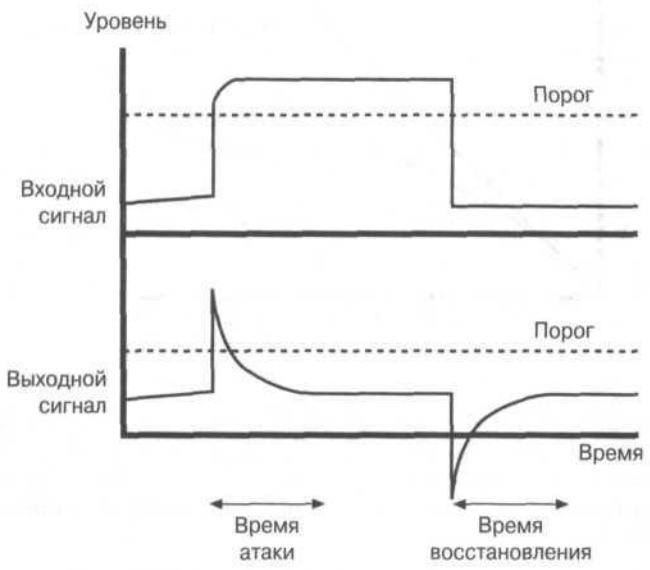
Время восстановления (release time)

Это время, за которое компрессор выходит из активного состояния после падения уровня сигнала ниже порогового. Если время восстановления большое, то компрессор будет дольше находиться в активном состоянии, постоянно воздействуя на динамический диапазон входного сигнала, что может привести к ощутимой на слух пульсации, поскольку компрессия уже не приводит к его сглаживанию. Малое время восстановления способствует более сильному сглаживанию, но может привести к эффекту

* Так как органы управления приборами, как правило, маркируются по-английски, в названии параметра мы приводим его английское обозначение. - *Примеч.* ред.

"захлебывания", если уровень сигнала постоянно колеблется в районе порогового значения. Таким образом, установка значения времени восстановления - это поиск компромисса между коротким, эффективным, ощутимым на слух и длинным, менее эффективным, мягким значениями. В качестве очень грубой рекомендации можно посоветовать устанавливать время восстановления 500 ms - промежуток между двумя долями такта при темпе 120 ударов в секунду. Это значение можно использовать как отправную точку регулировки этого параметра для музыкального материала. Для вокала вы можете попробовать установить время восстановления в диапазоне от 1 до 2 секунд.

Некоторые приборы имеют возможность автоматической установки времен атаки и восстановления. В ряде случаев это, конечно, очень удобно, но все же желательно, чтобы прибор можно было настраивать и вручную, поскольку заводские установки не могут учесть разнообразие условий, в которых будет использоваться аппаратура (не говоря уже о вкусах того или иного звукоинженера).



Время атаки определяет скорость, с которой компрессор реагирует на превышение сигналом порогового значения. Время восстановления определяет, как быстро прибор переходит из активного состояния в пассивное.

Коэффициент сжатия (compression ratio)

Этот параметр определяет степень сжатия динамического диапазона сигнала, имеющего уровень выше порогового. Компрессоры, позволяя устанавливать небольшие значения этого параметра, сужают динамический диапазон при сохранении динамики звука. Лимитеры используют настолько большой коэффициент компрессии (более чем 20:1), что уровень сигнала никогда не превышает значения порога - он практически обрезается (лимитеры в основном используются для защиты системы от перегрузки, которая может вызвать искажения или привести к выходу из строя высокочастотных драйверов).

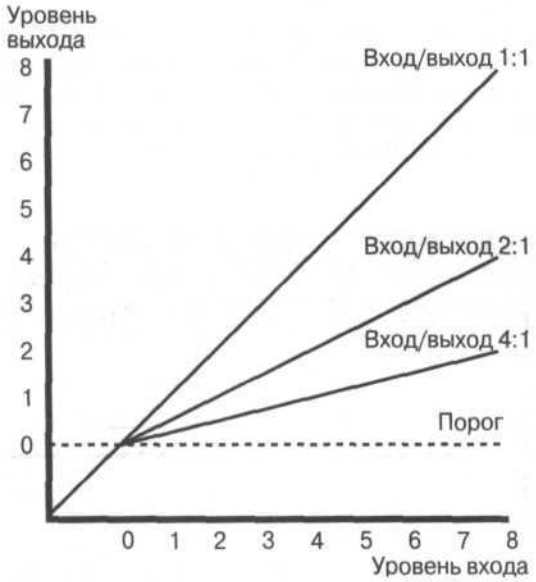
Коэффициент компрессии 2:1 уменьшает уровень сигнала, превысившего значение порогового, в соотношении 2:1. Например, если пороговое значение равно +4 dB, а сигнал на входе +10 dB, то на выходе компрессора мы будем иметь сигнал с уровнем +7 dB, а пиковый сигнал +20 dB пони-

зится до +12 dB. Теперь вы видите, как сильно может влиять компрессор на динамический диапазон сигнала. При коэффициенте компрессии 3:1 наши +10 dB превратятся в +6 dB, а +20 dB - приблизительно в +9 dB.

Если установить порог в +4 dB для лимитера, то независимо от того, насколько входной сигнал превышает пороговое значение, сигнал на выходе будет равен +4 dB. Как мы и отмечали ранее, лимитер просто ограничивает динамический диапазон значением порога.

При использовании небольших значений коэффициента компрессии на-

Коэффициенты компрессии



блюдается тенденция снижения порога, что ведет к расширению управляемого компрессором диапазона. Это происходит потому, что, выставляя небольшую компрессию, мы преследуем цель регулировать динамический диапазон более плавно, поэтому и расширяем диапазон активной работы прибора.

Компенсирующее усиление (makeup gain)

Это еще один регулируемый параметр компрессора. В некоторых приборах он может устанавливаться автоматически в зависимости от значений порога и коэффициента компрессии, но суть от этого не меняется. В процессе компрессии уровень пиковых (превышающих пороговое значение) сигналов снижается, что приводит к падению общего среднего уровня. Компенсирующее усиление помогает восстановить средний уровень сигнала. Увеличивая значение этого параметра, мы существенно выигрываем в усилении, поскольку усиливаем средний уровень сигнала и лишь немного сглаживаем пиковые значения. Что же касается глубины компрессии, то она определяется порогом и коэффициентом компрессии, поэтому мы можем добиться необходимых результатов, варьируя эти параметры.

Компрессор сам по себе не привносит шумов, однако как и любой прибор, изменяющий общий уровень громкости, также усиливает или подавляет уровень шума, не отличая его от полезного сигнала. Таким образом,

если прибор добавляет компрессии 20 dB, то этот эффект необходимо компенсировать за счет усиления на те же 20 dB. Вместе с полезным сигналом на 20 dB будут усилены и шумы. При достаточно больших значениях полезного сигнала шумы будут заглушаться, и только во время пауз или тихих частей шум станет заметным.

В силу этого эффекта большое значение имеет чистота исходного сигнала. Для очищения исходного сигнала от шумов перед компрессором часто включают гейт или экспандер-гейт, получая на выходе практически свободный от шумовой составляющей сигнал.

Некоторые компрессоры имеют встроенные гейты. Однако, по мнению автора, они работают недостаточно хорошо, поскольку зачастую используют одни и те же VCA-элементы, что и компрессоры, а это приводит к конкуренции между ними. Вдобавок ко всему встроенные гейты обычно не отличаются высоким быстродействием, а единственным регулируемым параметром является порог, что не позволяет осуществлять гибкую точную настройку. Конечно, в таких случаях лучше пользоваться специальными внешними приборами.

Стереосвязь (stereo link)

Большинство компрессоров объединяют в одном корпусе два прибора. Они могут работать как независимо друг от друга, так и в стереорежиме. Переключение между режимами происходит при помощи специальной кнопки. Отдельные приборы можно объединить в стереопару путем коммутации соответствующих гнезд, расположенных на задней панели.

Смысл заключается в следующем. Когда мы обрабатываем стереосигнал компрессором (используем два компрессора), то общая стереокартина на выходе прибора не должна меняться. Если компрессоры не объединить в стереопару, то превышение порогового уровня в одном из каналов приведет к снижению громкости на выходе по этому каналу, в то время как уровень выхода другого канала не претерпит никаких изменений. А это влечет за собой смещение стереообраза в сторону необработанного канала. Переключатель Link объединяет две части прибора в одну стереопару таким образом, что оба канала обрабатываются одинаково и, в результате, общая стереокартина остается неизменной.

Боковой канал (side chain)

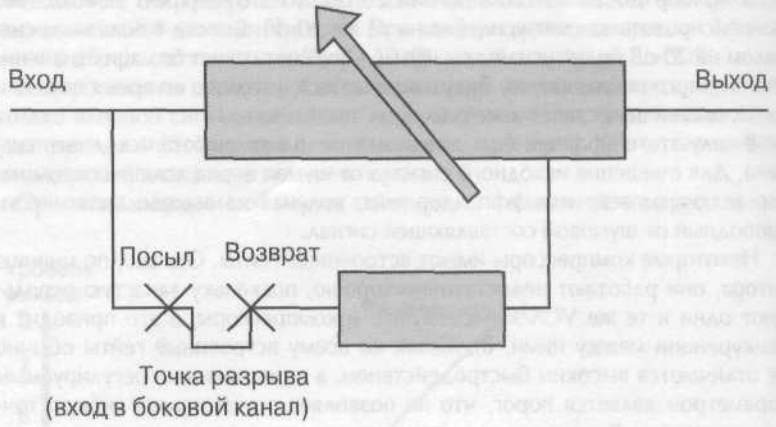
До этого момента подразумевалось, что работой компрессора управляет входной сигнал. Однако в некоторых приборах предусмотрены дополнительные входы, позволяющие управлять работой компрессора при помощи других внешних приборов, например эквалайзеров. Эти входы называются боковыми каналами и позволяют осуществлять так называемую "частотную компрессию" - некое подобие деэссирования. Увеличивая чувствительность бокового канала к высоким частотам, несущим звуки "с" и "т" при помощи эквалайзера, мы имеем возможность управлять уровнем сигнала именно на этих частотах, подавляя свистящие и шипящие звуки (поскольку они непродолжительны, компрессия не оказывает заметного влияния на общий сигнал)*.

В боковой канал можно заводить и другие сигналы. Например, можно управлять компрессией музыки с помощью уровня речевой программы. При этом сигнал, входящий через боковой канал компрессора, будет понижать уровень музыкального материала (подобный алгоритм часто используется в

---

* Надо только не забыть установить быстрое восстановление и короткую атаку. - *Примеч.* ред.

Для управления основным сигналом в боковой канал можно включать различные приборы. При помощи эквалайзера – получаем деэссерную обработку сигнала. Коммутируя боковой канал с внешними источниками сигнала – управляем компрессией аналогично алгоритмам, которые используются в работе ди-джеев.



DJ-консолях). Такая система позволяет поддерживать максимальный уровень, не затушевывая при этом вокал или речь.

Индикация

Компрессор может иметь VU-индикаторы. Обычно их можно переключать между показаниями степени компрессии и входного/выходного уровня. Поведение индикаторов зависит от того, какой параметр они отображают. Если в режиме компрессии они не показывают ничего, значит, прибор не оказывает никакого воздействия на сигнал. Если индикаторы зашкаливают, значит, вы слишком сильно компрессируете входной сигнал. Рекомендуемая степень компрессии 10 dB. Она позволяет хорошо контролировать сигнал, одновременно не нарушая естественности звучания. Если все же компрессор оказывает сильное воздействие на сигнал, попробуйте уменьшить коэффициент сжатия.

Жесткая и мягкая компрессия (hard/soft knee)

Иногда в компрессорах предусматриваются переключатели, определяющие режим компрессии (жесткий/мягкий). Они наряду со временем атаки, определяют скорость реакции компрессора на превышение входным сигналом порогового уровня. При жесткой компрессии прибор максимально быстро переходит в режим наибольшего подавления сигнала (что больше свойственно лимитерам). При мягкой компрессии прибор достигает установленного режима подавления постепенно. Этот режим позволяет добиться плавного перехода из пассивного состояния в активное. Некоторые компрессоры выбирают режим работы автоматически в зависимости от входного сигнала.

Использование того или иного режима компрессии обуславливается инструментом, музыкальным стилем и эффектом, которого вы хотите достигнуть с помощью компрессора. Вполне очевидно, что для обработки вокала лучше применять мягкую компрессию, в то время как для перкуссионных инструментов больше подойдет жесткий режим работы. Акустические гитары обычно обрабатываются с помощью мягкой компрессии, в то время как при обработке электрогитар выбор режима зависит от стиля - вероятно, для соло, заглушённого звука и слэпа предпочтительнее жесткая компрессия, а для игры "перебором" - мягкая.

Регулировка компрессора

В качестве приблизительного руководства ниже приведен один из возможных вариантов регулировки компрессора.

- Установите параметры времени атаки и восстановления в минимальные значения для того, чтобы лучше слышать производимый компрессором эффект.
- Определите задачи, которые должен решать прибор, и в соответствии с этим выберите коэффициент компрессии.
- Установите необходимый уровень сигнала с помощью гейна и переведите встроенные гейты в режим bypass.
- Установите минимальное пороговое значение.
- Подключите входной сигнал и отрегулируйте порог, чтобы добиться желаемой компрессии. За отправную точку можно принять 10 dB компрессии.
- Отрегулируйте время восстановления, пытаясь добиться наиболее приемлемого звука. Для получения специфических эффектов можно увеличить время атаки.
- Подрегулируйте значения порога и коэффициента компрессии для достижения необходимого эффекта.
- Окончательно установите максимально допустимый уровень (с помощью гейна), необходимый для усилителя или микшера.

Использование компрессора

Каждый компрессор обычно используется лишь для одного источника, поскольку он обрабатывает только самый громкий сигнал, будь то вокал или барабаны. К сожалению, это не всегда возможно, поскольку ваш бюджет может не выдержать подобного напряжения.

Лимитер, подключенный к выходу кроссовера, позволяет обезопасить работу с сигналами высоких уровней. Компрессор на каждом из выходов кроссовера позволит поддерживать необходимый уровень сигнала по каждой частотной полосе и обеспечит их независимость друг от друга, то есть мощный бас не будет заглушать высокочастотный или среднечастотный сигнал. Мониторный сигнал также необходимо ограничивать по уровню, используя различные коэффициенты компрессии.

Вокал и гармоническая подложка - первые кандидаты для компрессии (обычно используется коэффициент 3:1). Перкуссионные инструменты, бас и "пространственные" (extent) гитары обрабатываются с коэффициентом компрессии 5:1. Клавишные инструменты обычно являются заведомо скомпрессированными источниками звука, хотя клавишник имеет массу возможностей обмануть звукорежиссера, понижая уровень громкости во время контрольной проверки звука или поднимая уровень в субмикшере. Характер многих синтезированных звуков зависит от громкости. Компрессия 8:1 поможет управлять громкостью этих сигналов и обеспечит их читаемость в общем миксе.

Компрессор и самовозбуждение

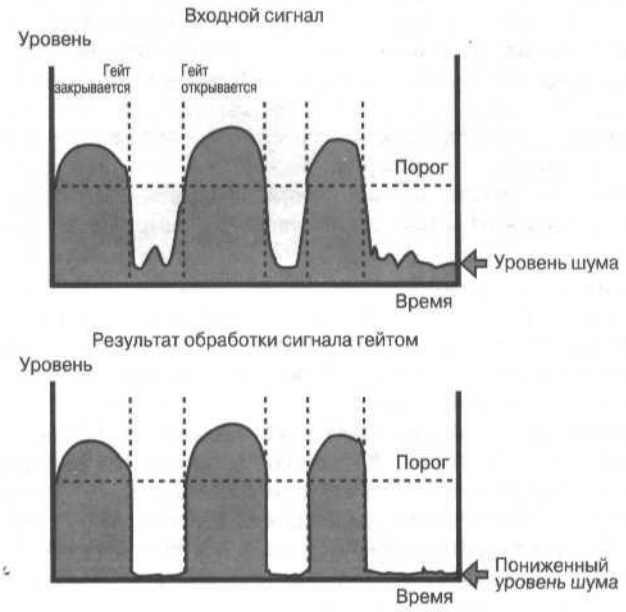
Поскольку компрессор повышает средний уровень сигнала, необходимо следить за тем, чтобы система не самовозбуждалась. Усиливающий контур прибора находится в активном состоянии и во время пауз, что может привести к самовозбуждению. Единственный способ преодолеть этот неприятный эффект - повысить значение порога, чтобы понизить влияние компрессора на сигнал. Более медленная атака и восстановление также уменьшают вероятность возбуждения. Эти изменения требуют увеличения коэффициента компрессии, чтобы ее количество оставалась на прежнем уровне.

Если глубина компрессии незначительна, то у вас будет меньше проблем с самовозбуждением системы.

Гейтирование

Гейт работает аналогично компрессору с точностью до обратного. Он также действует наподобие автоматизированного фейдера, но обычно находится в пассивном состоянии.

Главное, что необходимо понимать в работе гейта, - он воздействует только на сигналы, уровень которых ниже порогового, подавляя шумы от



Гейтирование. На верхней картинке показан необработанный сигнал с высоким уровнем шума, который становится заметным во время пауз. На нижней картинке показан пропущенный через гейт сигнал с пониженным уровнем шума. Заметим, что в открытом состоянии гейт наряду с полезным сигналом пропускает также и шумы.

источника во время пауз. Принцип работы гейта очень прост: как мы уже говорили, он подавляет все сигналы, уровень которых ниже порогового. Если же сигнал превысил значение порога, то гейт не оказывает никакого влияния на звук.

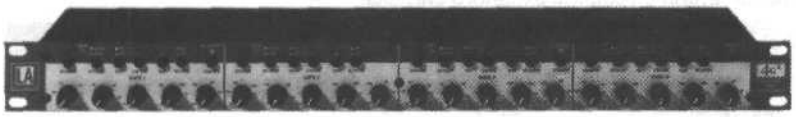
Управление гейтом

Порог (threshold)

Порог определяет уровень, выше которого гейт открывается. Если уровень сигнала падает ниже порогового, гейт снова закрывается*.

Атака (attack)

Время атаки определяет, как быстро открывается гейт при превышении сигналом порогового значения. Чаще всего мы выставляем этот параметр в минимально допустимое значение, однако в творческих целях можно умышленно завуалировать атаку звука, например, чтобы превратить слэпованный бас в безладовый.



LA Audio 4G² – 4-канальный гейт с встроенным фильтром и режимом выборочного шумоподавления, Key-вход.

Удержание (hold)

Этот параметр определяет время, в течение которого гейт остается открытым после падения уровня сигнала ниже порогового значения. Дальнейшее поведение гейта зависит от параметра спада (release). Корректная установка этого параметра позволяет избежать непрерывного открытия и закрытия гейта в случае, когда уровень сигнала колеблется вблизи порогового значения (последствия такого поведения прибора представить нетрудно).

Спад (release или decay)

Этот параметр определяет скорость перехода гейта из открытого состояния в закрытое при падении уровня сигнала ниже порогового и тем самым регулирует скорость, с которой гейт начинает подавлять посторонние шумы. Слишком большое значение спада приводит к тому, что в звуковой тракт проникают шумы, а очень маленькое делает звук ненатуральным.

Очень просто лишиться части полезного сигнала, выставив неправильно времена атаки и (или) спада или некорректно определив значение порога.

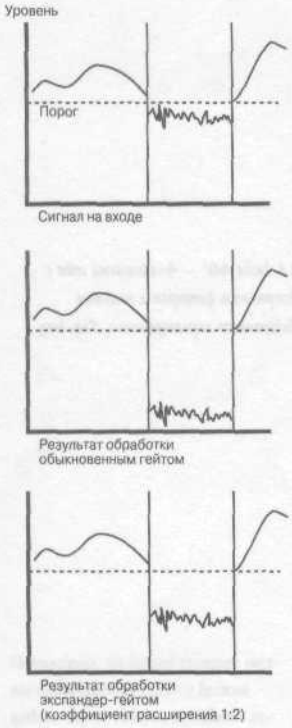
Глубина (depth)

Для звукоусиливающих систем это очень важный параметр. При "живом" исполнении музыканты используют широкий динамический диапазон, и даже присутствие шума зала в общем сигнале играет не последнюю роль. Неправильное применение гейта может свести на нет эти немаловажные факторы концертного звука.

"Разрушающее" влияние гейта в таких ситуациях можно снизить, уменьшив глубину воздействия прибора. На самом деле, при "живом" исполне-

* Обычно у гейтов порог обладает гистерезисом, то есть имеет разницу в значениях открытия и закрытия. Как правило, порог закрытия гейта на несколько децибел ниже порога открытия. Иногда эта разница может регулироваться отдельной ручкой. - Примеч. ред.

нии нет необходимости подавлять сигнал на 60 dB, как это требуют условия студийной записи*. На концерте можно обрабатывать сигнал гейтом не так жестко. То есть при гейтировании звук не должен пропадать полностью - его достаточно немного ослабить, оставляя возможность корректировок. Необходимо также помнить о трех децибелах, для получения которых мощность усилителя должна увеличиться вдвое. Таким образом, гейт может превратить вашу 500-ваттную систему звукоусиления в виртуальную систему мощностью 1000 W**.



Экспандер-гейт уменьшает уровень сигнала в соответствии с величиной коэффициента расширения.

Коэффициент экспандирования (expansion ratio)

Обыкновенный гейт может находиться только в одном из двух состояний - в открытом или закрытом, третьего не дано. Мы можем лишь определить, насколько плотно он будет закрыт (с помощью параметра глубины гейтирования). Тем не менее гейт все равно будет иметь лишь два состояния.

Существуют экспандер-гейты. Если обычный гейт можно сравнить с инверсным лимитером, то экспандер-гейт - инверсный компрессор. Этот прибор не просто сигнал, уровень которого ниже порогового, а делает это в соответствии с уровнем входного сигнала.

Допустим, гейт имеет порог -20 dB, а уровень входного сигнала равен -30 dB. Если глубина подавления равна -60 dB, а коэффициент экспандирования 1:2, то уровень сигнала на выходе будет равен не -60 dB, как в случае с обыкновенным гейтом, а -45 dB.

Сигнал на выходе вычисляется по следующему принципу: (-60 dB) - (-30 dB) = (-30 dB) / 2 (так как коэффициент экспандирования равен 1:2) = (-15 dB); (-30 dB) + (-15 dB) = (-45 dB).

Если на входе уровень сигнала равен -40 dB, то на выходе при прежних условиях будет сигнал уровня -50 dB.

Если на входе уровень сигнала равен -25 dB, то на выходе будет сигнал уровня (60 - 25 = 35/2 = 17,5 + 25) = -42,5 dB.

Если сигнал на входе равен +10 dB, то он будет без изменения передан на выход, поскольку его уровень выше порогового.

Таким образом, происходит фактически расширение динамического диапазона при одновременном подавлении шумов. Если предположить, что уровень шумов достаточно низкий (-60 dB), то мы говорим о системе, только расширяющий динамический диапазон входного сигнала.

Фильтры и боковой канал (side chain)

Как и в случае с компрессорами, обычно имеется возможность управлять процессом не только с помощью основного сигнала, но и через боковой канал (иногда называемый key input). Подключив боковой канал к эквалайзеру, можно осуществлять частотно-зависимое управление гейтом. Эта возможность жизненно необходима для звукоусиливающих систем, уровень проникновения в которых может принимать большие значения вследствие проблем размещения аппаратуры. Довольно часто гейты имеют встроенные фильтры, в противном случае можно воспользоваться внешними.

Управляя гейтом с помощью фильтров через боковой канал, можно добиться отсутствия переключений при случайном проникновении по-

---

* Глубина подавления в студийных условиях - также очень тонкая и не терпящая "перегибов" вещь. - Примеч. ред.

** Кроме того, при быстрой атаке и подавлении шумов более чем на 40 dB срабатывание гейта слышится как вполне ощутимый громкий щелчок. - *Примеч. ред.*

стороннего сигнала. Конечно, это предполагает, что управляемый и управляющий сигналы имеют различный частотный спектр или уровень. При незначительных различиях этих сигналов можно попробовать усилить управляющую частоту. Может помочь и увеличение порогового значения.

Режим дакинга (duck mode)

Некоторые гейты имеют включатель дакинг-режима. Работа гейта в режиме дакинга применяется довольно редко, но если для управления использовать боковой канал, то он уподобляется компрессору, который управляющим сигналом подавляет входной сигнал.

Этот эффект можно использовать для приглушения сопровождения, когда начинается вокальная партия, и в других подобных случаях. В системах звукоусиления этой функцией пользуются довольно редко.

Регулировка гейта

Методы предварительной установки компрессора и гейта имеют много общего:

- Установите времена атаки и спада в минимальные значения. Это позволит более отчетливо слышать эффект, производимый прибором.
- Если вы используете экспандер-гейт, то определите задачи, которые он должен выполнять, и в соответствии с этим выберите коэффициент расширения.
- Введите параметр глубины гейта в максимум (для того, чтобы лучше слышать производимый прибором эффект) и отключите все внутренние фильтры.
- Установите минимальное значение порога.
- Подайте на вход гейта сигнал и отрегулируйте значение порога таким образом, чтобы гейт открывался при требуемом уровне входного сигнала. На этом этапе не следует обращать внимание на колебания сигнала, возникающие при открытии и закрытии гейта.
- Отрегулируйте параметры спада и удержания.
- Проведите более точную настройку параметров глубины и порога для достижения необходимого эффекта. Чем дольше гейт находится в открытом состоянии, тем лучше. Поэтому постарайтесь установить минимальное значение порога.

Нетрадиционное использование гейта

Наряду с обычным применением гейта для подавления шумов его можно использовать и для получения разного рода эффектов:

- Наложение динамических огибающих или ритмов на звук.
- Автоматическое панорамирование (редко используемое в системах звукоусиления) с помощью двух гейтов (соедините выход одного гейта с боковым каналом другого и наоборот, установите один из гейтов в нормальный режим работы, другой - в режим дакинга и послушайте результат подобной обработки - панорама будет автоматически переключаться).
- Понижение уровня сигнала (используйте для управления гейтом внешний источник, установив глубину гейтирования в диапазоне от 6 до 30 dB; (основной сигнал будет лишь приглушаться под воздействием

Примечание

Главное, о чем необходимо постоянно помнить, – это то, что гейт управляется уровнем и не может отделить полезный сигнал от шума. При "живом" исполнении уровень звука может меняться в широких пределах, так как музыканты используют широкий динамический диапазон для придания выразительности исполняемому материалу, поэтому следует очень точно выставлять порог гейтирования. Использование небольшой глубины гейтирования поможет избежать досадных промахов при концертном исполнении.

Совет

Обработка гейтом основного стереовыхода дает небольшой эффект, поскольку на выходе практически всегда есть какой-либо полезный сигнал. Лучше обрабатывать гейтом источники по отдельности, поэтому чем больше гейтов, тем лучше (по-видимому, производители приборов охотно с этим согласятся).

управляющего, а не подавлять полностью, что может быть полезно для создания ритмических эффектов или для автоматического понижения уровня сигнала в миксе).

- Боковой канал можно использовать для создания эффекта более точного и плотного звука нескольких инструментов. Например, предполагая, что бас должен звучать только вместе с бочкой, мы можем гейтировать бас, управляя им бочкой через боковой канал. Аналогично можно завязывать в систему бас и суббас, синтетические и "живые" духовые инструменты.

Автомьют

Если у вас имеется в распоряжении достаточное количество гейтов, то их можно использовать в качестве автоматических канальных мьютов, что способствует получению более чистого звука и предотвращает возбуждение системы неиспользуемыми активными микрофонами. Конечно, в этом случае придется много времени потратить на установку различных параметров гейтов (которые, возможно, придется корректировать и во время концерта), но это с лихвой окупит себя в дальнейшем. Чем больше внимания будет уделено этой проблеме, тем меньше неприятностей ожидает вас на концерте.

Реверберация

Вам может показаться, что работа в помещении с естественной реверберацией не требует применения приборов имитации объема, однако это не совсем верно. При инсталляции звукоусиливающих систем особое внимание уделяется борьбе с отраженным звуком, который приводит к нежелательным эффектам (самовозбуждение, "гребенчатая" фильтрация и другие интерференционные эффекты). Приходится прикладывать максимум усилий, чтобы получить прямой сигнал от динамиков. Аналогично необходимость расположения микрофонов на небольшом расстоянии от источников звука сводит на нет возможность использования естественной реверберации. В силу этих причин работа ревербераторов в помещениях, обладающих естественным объемом, не только оправдана, но и необходима (эти приборы не копируют естественную реверберацию того или иного помещения, а лишь немного добавляют объема, придавая звуку своеобразную окраску и делая его субъективно громче).

Мы не привыкли к звуку безэховых помещений. Смысл заключается в том, чтобы звуки не толкались и не наплывали друг на друга, успевая приглушаться до возникновения следующего. В противном случае мы получим мутный размытый звук, лишенный четкости и прозрачности.

Ревербератор фирмы Yamaha Rev 500 обеспечивает полную стереореверберацию с независимыми левым и правым каналами, 20-битные AD/DA конверторы.

В большинстве ситуаций предпочтительнее использовать "яркую" реверберацию, так как мощный низкочастотный сигнал сам по себе обладает достаточной реверберацией и, кроме того, ухо более восприимчиво к средним частотам. Программируемые ревербераторы позволяют регулировать все необходимые параметры, так что остается только подключить прибор и приступить к работе.

Ревербераторы

Длина хвоста (decay time)

Этот параметр определяет время, необходимое для того, чтобы реверберационный сигнал упал до определенного уровня (-60 dB). Для музыки оптимальное значение длины хвоста 1,5-2,5 секунды, в то время как для речи около 1-1,5 секунд. В любом случае нельзя допускать, чтобы реверберация смазывала ритмическую основу композиции. Нет никакой необходимости заполнять реверберацией все интервалы, единственная цель - придать звуку некоторый объем.

Будьте внимательны при работе с малыми значениями длины хвоста, часто приводящими к металлическому звучанию. В этом случае можно либо увеличить значение этого параметра и прибрать его в общем миксе, либо попытаться гейтировать сигнал.

Предварительная задержка (pre delay)

В естественных условиях звуку необходимо некоторое время для того, чтобы он преодолел расстояние от источника до отражающей поверхности и возвратился обратно. Для имитации этого процесса вводится предварительная задержка. Обычно предварительную задержку устанавливают в диапазоне от 30 до 60 ms, а затем регулируют по необходимости. Увеличение значения этого параметра приводит к эффекту эха (начинает проявляться при задержке хвоста около 100 ms).

Высокочастотное и низкочастотное демпфирование

Поверхности в зависимости от материала, из которого они изготовлены (занавески, дерево, керамика и т.д.), имеют различные коэффициенты отражения и поглощения звука, которые в свою очередь, зависят от частоты сигнала. Качество ревербератора в основном определяется тем, насколько точно разработчики прибора учли все эти факторы. Для управления звуком с учетом этих акустических особенностей отражающих поверхностей используется высокочастотное демпфирование. Этот параметр имитирует "яркость" помещения, или если хотите - насколько далеко расположены занавески и зашторены они или нет. В системах звукоусиления предпочтительнее использовать "яркую" реверберацию.

Диффузия

Диффузия определяет степень сложности реверберационных отражений и позволяет имитировать акустические свойства различных помещений. Неплохо иметь возможность управлять этим параметром, однако при работе с системами звукоусиления меньшая диффузия позволяет добиться более чистого звука (хотя это вопрос вкуса, и регулировка этого параметра предоставляет широкое поле деятельности для любителей поэкспериментировать). Единственное, о чем не стоит забывать, так это о том, что регулировка диффузии может коренным образом изменить общий звук, поэтому стоит потратить некоторое время на подготовку, прежде чем управлять этим параметром на концерте.

Фильтры

Многие приборы имеют встроенные фильтры, позволяющие сгладить частотные неровности реверберации. Подавление низких частот способствует получению более чистого и прозрачного звука, однако при чрезмерном увлечении этим процессом вы рискуете остаться наедине с плоским холодным звуком. Подавление высоких частот используется только для имитации "темных" (dark) помещений (что имеет смысл больше для музыки кино, нежели для "живого" исполнения).

Применяние

В звукоусиливающих системах применяйте короткие времена реверберации, позволяющие музыке как бы "вздохнуть". Помните, что перед вами не стоит задача заполнить этим эффектом все интервалы. Необходимо лишь придать звуку объемность. Большое время реверберации придает звуку эффект затягивания и зависания, что в конечном итоге может спровоцировать возбуждение системы.

Применяние

Система звукоусиления часто выигрывает от применения более "яркой" реверберации. Возможно, следует немного прибрать бас, чтобы добиться более чистых низов. В помещениях с естественной сложной акустикой лучше использовать упрощенную реверберацию.

Уровень и баланс

В управлении уровнем нет никаких премудростей. Единственное, что может быть менее очевидно, так это то, что на приборе лучше выставлять высокий уровень и регулировать количество обработки с помощью возврата в пульте, поскольку это позволяет снизить уровень шума. По тем же причинам на вход ревербератора следует подавать сигнал достаточно высокого уровня*.

Управление балансом позволяет установить требуемое соотношение между прямым и обработанным сигналами. Если мы используем aux, то лучше устанавливать 100-процентную обработку и регулировать баланс в микшере. Если мы подключаем ревербератор непосредственно к инструменту (что нежелательно вследствие несогласованности уровней) или через пультовой разрыв канала или группы, то баланс необходимо устанавливать на самом приборе.

Некоторые устройства предоставляют возможность раздельной регулировки чистого и обработанного сигнала, но суть от этого не меняется.

Цифровая линия задержки фирмы Yamaha D1030 обеспечивает качественное звучание с бортовой эквализацией; 1 вход/ 3 выхода конфигурация с независимо программируемыми задержками.

Эффекты, основанные на задержке

Существует много приборов обработки звука, основанных на эффекте задержки. Большинство из них можно имитировать с помощью линии задержки с регулируемыми параметрами времени задержки, обратной связи, глубины и скорости модуляции.

В больших залах задержка используется для компенсации нежелательных эффектов, вызванных ограниченной скоростью распространения сигнала, но эта проблема будет рассмотрена подробнее несколько позже.

Сейчас же мы вкратце рассмотрим параметры каждого из эффектов.

Таблица параметров приборов, основанных на принципе задержки

	Время задержки	Обратная связь, %	Скорость модуляции	Глубина
Slapback echo/reverb	80-120ms	60-90	0	0
Delay	> 120 ms	0	0	0
Echo	> 120 ms	50-99	0	0
ADT	30-60 ms	0	20-40	30-70
Chorus	30-45 ms	0	30-70	40-80
Flanging	5-15 ms	50-99	40-70	70-95
Phasing	1-5 ms	40-80	10-50	60-90
Warble (трель)	>50 ms	любая	5-60	80-99

Описание эффектов

Delay (задержка) - повтор звука, как будто его воспроизвели дважды (большое время задержки, для обработки звуков различной продолжительности).

---

* Не забывая о том, что большинство ревербераторов не терпит даже малых перегрузок по входу. - *Примеч.* ред.

Echo (эхо) - ряд повторов звука с постепенным затуханием (подобно крику в горах).

Slapback echo (очень сжатое эхо) - эхо с несколькими повторениями, подобно эффекту задержки между двумя головками магнитофона.

Reverb (реверберация) - имитация естественного объема (например, зала или комнаты). Этот эффект отсутствует только на открытом воздухе (в поле) или в специально оборудованном безэховом помещении.

ADT (artificial double tracking - искусственное дублирование трека) - имитация дубля (как будто музыкант исполнил что-либо дважды). Поскольку человеческой природе несвойственны абсолютно идентичные повторы, эффект слегка модулируется, в результате чего, дубль несколько отличается от оригинала.

Chorus (хорус) - эффект, имитирующий исполнение несколькими музыкантами одного и того же произведения (смотри ADT).

Flanging (флэнжер) - имитация исполнения произведения музыкантом, находящимся на другом конце длинного тоннеля.

Phasing (фазер) - более мягкий эффект, чем флэнжер, достигаемый за счет более плотной "гребенчатой" фильтрации и в основном влияющий на высокие частоты. В естественных условиях такого эффекта можно добиться, придерживая рукой одну из катушек магнитофона.

Warble (трель) - эффект, производимый очень быстрыми изменениями частоты сигнала.

DQX-206 – автоматическая цифровая линия задержки фирмы Satine (20 бит AD/DA, 24 бит процессор), автоматическое вычисление времени задержки, 2 входа, 6 выходов. Каждый выход имеет: задержку (до 2,5 сек, шаг 20 мкс), 3 фильтра: параметрический +12 dB – -80 dB, фильтры LF и HF 12 dB/okt. Время атаки от 1 мс до 99 мс, восстановления – от 0,05 с до 5 с. Динамический диапазон ≈ 105 dB.

Время задержки

Если вы собираетесь обрабатывать звук с помощью эффектов задержки или эха, необходимо учитывать темп исполняемого произведения. Конечно, отклонение от темпа порождает интересную полиритмию, но нас больше привлекает чисто музыкальная задержка. Естественно, можно установить задержку и на слух, однако, если нам известен темп музыкального произведения, величину этого параметра можно вычислить по формуле:

время, приходящееся на четвертную долю такта, = 60 / темп в BPM (количество ударов в минуту)

Умножаем на 1000 и получаем задержку в миллисекундах. Для того, чтобы вычислить задержку для ноты другой длительности, нужно просто умножить полученную величину на соответствующий коэффициент.

Таблица задержек нот различной длительности в зависимости от темпа (ms)

Темп, BPM	Четверть	Восьмая	Шестнадцатая	Половинная, такт 4/4	Целая, такт 4/4	Двойная, такт 4/4
130	462	231	115	923	1846	3692
120	500	250	125	1000	2000	4000
110	546	273	136	1092	2184	4368
100	600	300	150	1200	2400	4800
90	667	333	167	1333	2667	5333

Совет

Необходимо понимать, что порой даже небольшая обработка способна значительно улучшить качество звука. Аккуратное применение обработки способно сильно обогатить звук. Если же она применяется грубо, то это приближает ее к специализированным искусственным эффектам.

Эксайтеры

Эксайтеры восполняют дефекты звука и субъективно увеличивают его громкость. Хотя в принципе это хорошие приборы, но их применение в звукоусиливающей аппаратуре крайне ограничено. Эти эффекты слишком

ULTRAFEX II EX 3100 – многополосный прибор для улучшения звука фирмы Behringer. Имеет отдельные эксайтеры для высших и низших частот, кроме того, дополнен энхансером, Surround процессором и шумоподавителем.

эфемерны, и их лучше ставить для индивидуальной обработки источника звука при записи*.

Существует много подобного рода приборов, и все они работают по-разному. Первые версии эксайтеров добавляли к сигналу высокочастотные гармоники подобно естественному искажению, производимому ламповыми приборами. В более поздних разработках стали применяться методы выравнивания фронта волны и фазы некоторых частотных диапазонов. Многие приборы используют комбинированный подход, добавляя еще и суббасовые гармоники.

Все эксайтеры делают нечто большее, чем просто усиление высокочастотной составляющей сигнала, и отличаются более или менее удачной обработкой звука. Если их применять довольно интенсивно, то они расстраивают звук, а некоторые - производят сильно прононсированные, утомляющие слух эффекты. По своей сути они усиливают уровень шума и провоцируют самовозбуждение, а также обостряют известный синдром - большее количество оборудования, которым можно управлять, увеличивает вероятность ошибки. Если же ваш бюджет выдержит приобретение этих изысканных и утонченных приборов, тогда, конечно, их необходимо опробовать.

Гармонайзеры

Если вы используете гармонайзеры, то похоже, вы немного увлеклись и зашли довольно далеко в стремлении усовершенствовать свою систему звукоусиления. Гармонайзеры необходимо программировать, и это скорее музыкальная сторона вопроса, чем техническая, хотя их вполне можно применять для звука заднего плана.

Гармонайзеры - цифровые приборы, которые автоматически создают копии исходного сигнала, но уже на другой частоте. В старые добрые времена для достижения этого эффекта пользовались изменением скорости лентопротяжного механизма магнитофона. Современные гармонайзеры работают аналогично, за исключением того, что продолжительность звука остается неизменной. При этом качество звука дешевых приборов оставляет желать лучшего, если диапазон работы выходит за рамки всего лишь двух полутонов.

Необходимо отметить, что гармонайзеры относятся к параллельным эффектам, таким образом, мы слышим микс прямого и обработанного сигнала. Возможно, возникнет желание обработать этим прибором несколько источников, поэтому его следует подключать к системе aux, устанавливая внутренний баланс на максимум эффекта.

Первые модели гармонайзеров использовали метод фиксированной транспозиции, которая не настраивалась вручную. Однако, музыка основана на ладовом принципе, а расстояние между различными ступенями лада может меняться. Разработчики учли этот факт, и в гармонайзерах последнего поколения появилась возможность программирования лада. Некоторые приборы даже могут управляться с помощью клавишных инструментов через MIDI (об этом речь пойдет немного позже).

Транспозиция на интервал меньше полутона с помощью гармонайзера может придать вокалу стройность, компенсируя неточное попадание в но-

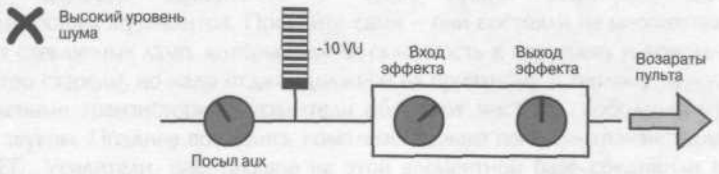
* В книге встречается ряд спорных утверждений. Редкость и неоправданность применения психоакустической обработки в сценической работе, на наш взгляд одно из них. - Примеч. ред.

ты. Легендарный гармонайзер Eventide, позволяющий осуществлять транспозицию с точностью до сотых долей полутона, стал стандартом для студий при записи вокала.

120XP – синтезатор низкочастотных субгармоник фирмы dbx. На основе входного сигнала сам генерирует НЧ составляющие и подмешивает их к исходному материалу. При этом происходит обогащение звука по НЧ и увеличение громкости при той же мощности АС. Есть индивидуальная регулировка субгармоник в двух диапазонах (24 – 36 Hz и 36 – 56 Hz), отдельный вход для сабвуфера. Переключаемый кроссовер на 80 или 120 Hz. Симметричные входы.

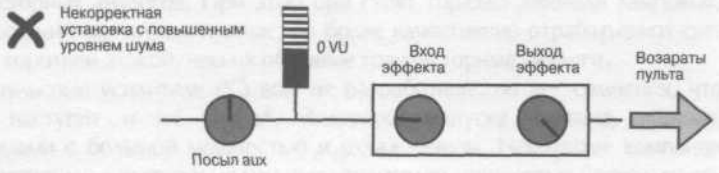
Управление эффектами

Многие современные приборы имеют встроенную память, позволяющую запоминать в ней множество пресетных установок, которые впоследствии можно использовать для управления. Если не принимать во внимание достаточно сложное программирование на начальном этапе и неприятности, связанные с потерей содержимого памяти вследствие каких-либо недоразумений, их значение в работе звукоинженера переоценить сложно. Более того, большинство современных приборов имеет возможность управления по MIDI. Это позволяет программировать устройства, выбирать содержимое памяти и даже осуществлять управление ими в режиме реального времени на расстоянии не только вручную, но и с помощью секвенсеров.

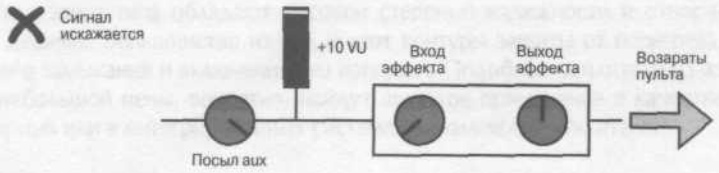


Все установки дают на выходе сигнал уровня 0 VU, но только одна из них приводит к хорошему результату.

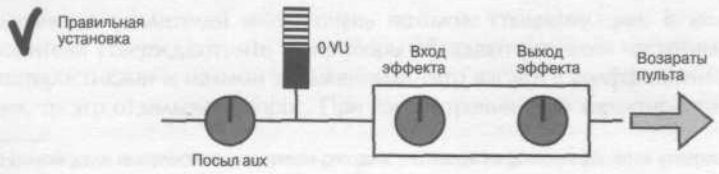
Низкий уровень сигнала на входе эффекта приводит к усилению влияния шума.



Эффект управляется сигналом достаточного уровня, но низкий уровень входа на самом приборе компенсируется усилением на его выходе, что также загрязняет сигнал шумами.



Перегрузление приводит к искажениям.



Пример правильной регулировки.

Уровни эффекторных сигналов

В системах звукоусиления любое оборудование необходимо использовать с максимальной степенью эффективности. Сильно загрязненный шумом возврат с эффекта может погубить даже самую высококачественную звукоусиливающую систему. Необходимо уделять самое пристальное внимание уровню сигнала, подаваемого на эффект, применяя комбинированное управление канальным и общим aux-посылами (в идеале общий регулятор aux должен быть установлен примерно на 12 часов).

Если прибор обработки имеет переключатель чувствительности или входы с различной чувствительностью, старайтесь использовать минимальную чувствительность, добиваясь необходимого уровня за счет регулировки на консоли. В противном случае вам придется понижать уровень сигнала на входе эффекта, а затем выправлять ситуацию за счет усиления в самом эффекте, либо на микшере, повышая тем самым уровень шума.

8

Усилители и динамики

Введение

Усилитель - симпатичный, почти пустой ящичек с двумя кнопками и несколькими индикаторами. Но он - основа "живого" звука, ведь без него ничего не было бы слышно. В этой главе мы постараемся сбросить покрывало таинственности со сложных спецификаций усилителей и различных технологий их применения.

Нас мало волнует устройство усилителя с точки зрения электроники, хотя знание основ может сослужить хорошую службу. Первые усилители применяли ламповую технологию и были сущим кошмаром для гастролирующих музыкантов. Посудите сами - они состояли из множества хрупких стеклянных ламп, которые имели склонность к перегреву и довольно быстро старели, но надо отдать должное их приятному и теплому звуку. Современные транзисторные усилители обладают чистым, свободным от шумов звуком. Позднее появились комплементарные полевые транзисторы (MOSFET). Усилители, работающие на этой элементной базе соединили в себе достоинства звука ламповых усилителей с надежностью обыкновенных транзисторных аналогов. При этом они стоят гораздо дешевле ламповых, обладают чистым звуком и зачастую более качественно отрабатывают сигналы с короткой атакой, чем их обычные транзисторные аналоги.

Импульсные усилители (1С) еще не разработаны, но нет сомнения, что скоро наступит и их черед*. Задержка выпуска вызвана, видимо, проблемами с большой мощностью и охлаждением. Некоторые компании уже приступили к выпуску модульных усилителей мощностью несколько сотен ватт и с хорошими декларированными на бумаге характеристиками. Усилители этого типа обладают высокой степенью надежности и относительно дешевы. Большинство из них имеют контуры защиты от перегрева, короткого замыкания и включения без нагрузки. Подобные усилители из-за своей небольшой цены, вероятно, найдут широкое применение в качестве мониторных или в интегрированных системах динамиков и усилителей.

Коэффициент усиления

Большинство усилителей имеет очень похожие спецификации. В них производители утверждают, что их приборы обладают ровными частотными характеристиками и малыми искажениями. Что касается коэффициента усиления, то это отдельный вопрос. При рассмотрении этой характеристи-

* На самом деле импульсные усилители сегодня - отнюдь не диковинка, хотя утверждение об их перспективности довольно смело. - Примеч. ред.

ки необходимо обращать внимание на сопротивление нагрузки, при котором измерялся этот параметр. Подавляющее большинство динамиков имеют сопротивление 8 Ohms, в то время как коэффициент усиления обычно рассчитывается на 4-омной нагрузке по каждому из каналов (два динамика 8 Ohms, соединенных параллельно). Это означает, что мощность усилителя с парой 8-омных динамиков составит всего лишь 70 % от паспортной мощности, рассчитанной при 4-омной нагрузке. Некоторые производители указывают в спецификации суммарную мощность двух каналов при сопротивлении нагрузки в 4 Ohms, а это означает, что усилитель мощностью 1000 W, будет выдавать по каждому каналу всего лишь 350 W (на 8-омной нагрузке), что, конечно, уже не производит особого впечатления на покупателя.

Кроме того, при выборе усилителя необходимо помнить о том, что все они звучат по-разному. Некоторые работают лучше с определенным типом динамиков, другие звучат лучше остальных на любых колонках. Причины такого поведения достаточно сложны, но, несомненно, связаны с переходными характеристиками (определяют, насколько быстро усилитель реагирует на изменение входного сигнала), дэмпинг-фактором (определяет, насколько хорошо усилитель учитывает противо-ЭДС динамиков и изменение сопротивления в зависимости от частоты сигнала), фазовой характеристикой и искажениями на всем частотном диапазоне (другими словами, насколько чисто он воспроизводит сигнал на самом деле). К сожалению, эти параметры с трудом поддаются спецификации, и приходится оценивать усилитель на слух. Нельзя выбирать усилитель, имея перед глазами только его технические характеристики. Проверьте это на практике, и вы поймете, что каждый прибор имеет свой характерный звук, зависящий еще и от конкретных динамиков.

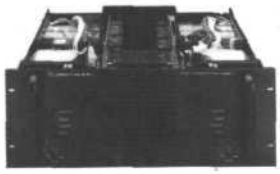
Индикация

Не следует ожидать многого от индикаторов усилителей, однако некоторые из них имеют существенное значение. Очень удобно, если усилитель имеет индикацию питания на каждом из предохранителей, а также индикаторы наличия сигнала и искажений. Неплохо, если усилитель сигнализирует о перегреве, хотя обычно производители не предусматривают подобной возможности.

Вентиляторы работают довольно шумно, и вы легко можете определить момент, когда усилитель начинает перегреваться. В театральных условиях шум работающих вентиляторов отвлекает актеров от игры, поэтому их желательно отключить. Включение/выключение вентиляторов в усилителях зачастую сильно влияет на звук, а значит, лучше, если они находятся в одном состоянии - постоянно включены или выключены.

Предохранители

Предохранители горят довольно часто. Это может происходить из-за того, что в цепи протекает ток, значение которого выше допустимого, или предохранитель состарился, а также и в силу других причин. Естественно, выяснить, где расположены предохранители и как получить к ним доступ, желательно заблаговременно, а не делать это в процессе концерта. Стоит удостовериться заранее, сможете ли вы отвинтить все необходимые винты (похоже, что некоторые производители нанимают для сборки приборов специально натренированных людей!). Убедитесь, что у вас есть под рукой отвертки всех необходимых типов и размеров.



Усилитель Crest 1000!

Компактный усилитель мощности фирмы Yamaha P4500 (720 W на 4 Ом) разработан по новой технологии EEE, которая позволяет значительно экономить потребляемую мощность.

Внимание!

Перед сменой предохранителей обязательно выключите усилитель и отсоедините от него шнур питания, если вы не хотите подвергнуть прибор тяжелейшему испытанию. Очень часто приходится иметь дело с предохранителями, запрятанными в розетки питания или находящимися на внутренних платах прибора. Исследуйте и эту проблему.

Автоматические предохранители

В некоторых усилителях монтируются электронные предохранители или специальные контуры, отключающие приборы в случае перегрева или перегрузки. Они срабатывают автоматически, и вам в подобных ситуациях остается только ждать. Усилитель отключается на достаточно короткий промежуток времени, но на концерте он может показаться вам вечностью.

Наиболее частая причина отключения усилителя - перегрев. Перегрев может произойти при работе усилителя на малоимпедансной нагрузке (увеличивается ток, а следовательно, и температура). Если вы нагружаете усилитель системой динамиков, общее сопротивление которых ниже указанного в спецификации, то вам некого винить, кроме самого себя. Также причиной перегрева усилителя могут стать неисправности коммутационного кабеля, динамиков или же некорректная коммутация системы (если вы пользуетесь услугами неквалифицированного персонала, а может быть, и сами в спешке что-то перепутали).

Необходимо создавать условия, способствующие самоохлаждению аппаратуры. Рекомендуется размещать усилители в стойках таким образом, чтобы расстояние между приборами было 1 U. Если вы эстет, то можно заполнить пустоты заглушками. Старайтесь не использовать для усилителей рэковые стойки с закрывающейся задней панелью, так как это ограничивает доступ к коммутационным кабелям. Неплохо разместить в рэковой стойке вентилятор, способствующий охлаждению находящихся в ней усилителей. Следите за тем, чтобы усилители находились на достаточно большом расстоянии от гардин и занавесок, способных перекрыть вентиляционные отверстия, и не устанавливайте их в местах прямого попадания солнечных лучей (при работе на открытых площадках) или света мощных прожекторов.

Примечание

Золотое правило для усилителей – "включается в последнюю очередь, выключается – в первую". Следуя ему вы предохраните динамики от излишних перегрузок, возникающих во время переходных процессов, обусловленных включением/выключением питания, и избавите себя от неприятных сюрпризов, которые при этом может выкинуть усилитель.

Мониторинг и дистанционное VCA управление

В настоящее время стало доступно управление усилителями с помощью компьютеризированных систем. Они обычно используются в совокупности с VCA-устройствами дистанционного управления громкостью, позволяющими работать с усилителями, расположенными на расстоянии. Некоторые из подобных систем способны даже оповещать оператора о возникновении

искажений на выходе усилителя. Все это реализовано в наиболее дорогих моделях, но, без сомнения, они получат самое широкое распространение по мере того, как цены на них будут падать.

Порядок включения и выключения

Золотое правило для усилителей - "включается в последнюю очередь, выключается - в первую". Следуя ему, вы предохраните динамики от излишних перегрузок, возникающих во время переходных процессов, обусловленных включением/выключением питания, и избавите себя от неприятных сюрпризов, которые при этом может выкинуть усилитель.

После концерта желательно оставлять рэковую стойку усилителей открытой, чтобы дать приборам время охладиться, или оставить включенным вентилятор на время демонтажа другой аппаратуры. Это продлит срок службы усилителей.

Системы двухполосного усиления и электронные кроссоверы

Мы уже затрагивали тему систем двух- и трехполосного усиления, а также кроссоверов. Основная идея заключается в том, что, хотя усилители и в состоянии работать со всем спектром частот, система значительно выиграет, если сосредоточить работу приборов на различных частотных диапазонах. При таком подходе у нас появляется возможность корректировать мощность усиления по каждой частотной полосе, а следовательно, искажения (или лимитирование, если оно применяется) будут ограничены только тем частотным диапазоном, в котором они возникли.

Теоретически, благодаря особенностям человеческого восприятия, для сбалансированного звучания мощность сигнала среднего диапазона должна быть равна половине мощности низкочастотного сигнала, а мощность высокочастотного сигнала должна быть еще в два раза меньше. На практике обычно придерживаются следующих пропорций - средне- и низкочастотные сигналы приблизительно равны по мощности, а мощность высокочастотной составляющей - в два раза меньше.

Мы рассматривали проблему разделения частот, однако не касались вопроса, что же происходит при изменении границ разделения диапазонов. В системах двухполосного усиления частотный диапазон разделяется на две полосы, каждая из которых подается на отдельный усилитель, а затем усиленные сигналы передаются на соответствующие динамики. Басовые динамики имеют широкую дисперсию, поэтому при их размещении не возникает особых проблем. Для средне- и высокочастотных драйверов характерна узкая дисперсия (вспомните проблемы борьбы с отражениями), а потому их направленности и расположению необходимо уделять особое внимание. Если мы повышаем частоту разделения, то низкочастотный драйвер нагружается не характерными для него частотами. Даже в том случае, когда он воспроизводит среднечастотный сигнал, область охвата зала средними частотами будет неравномерной в силу того, что при расстановке басовых колонок не обращается особого внимания на их направленность (бас обладает широкой дисперсией). Если же понизить частоту разделения, то среднечастотный драйвер вынужден будет воспроизводить низкочастотный сигнал. Даже если точка разделения находится в диапазоне воспроизведения среднечастотного драйвера, могут возникнуть искажения (за счет повышения мощности сигнала, подаваемого на среднечастотные динамики), а высокочастотные драйверы могут попросту сгореть.

Динамики

Система динамиков - последнее звено в цепочке, по которой звук передается от исполнителей к аудитории. Динамики отличаются незамысловатостью конструкции, но тем не менее таят в себе множество секретов. Если смотреть упрощенно, то динамики состоят из куска бумаги, прикрепленного к катушке, помещенной в магнитное поле. Все остальное - вариации на эту тему.

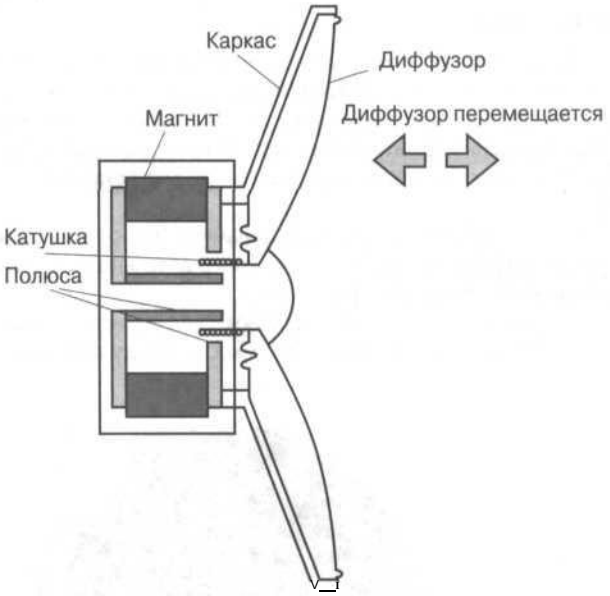
Подробное описание устройства динамика и корпусов колонок можно найти в предыдущих главах. Здесь мы более детально остановимся на коммутационных аудиокабелях и разъемах.

Для соединения усилителей и колонок следует использовать неэкранированный кабель, в противном случае емкость между проводниками и экра-

ном приведет к существенной потере высоких частот, а также может негативно отразиться на согласовании этих двух частей звукоусиливающей системы. Очень важно, чтобы кабель мог передавать сигнал достаточно большой мощности при малом внутреннем сопротивлении (по сравнению с 8-омными динамиками), иначе нам придется смириться со значительными потерями мощности при его передаче. Например, если внутреннее сопротивление кабеля равно 8 Ohms, то при передаче сигнала от усилителя к динамику мы потеряем половину мощности (это приведет и к опасному нагреву кабеля).

Довольно часто для коммутации динамиков используются джеки, однако это далеко не идеальное решение, поскольку джеки не закрепляются специальным образом и легко выскакивают из своих гнезд, если кто-нибудь случайно зацепится за провод. Кроме того, эти разъемы ничем не отличаются от инструментальных и возрастает риск ошибочного подключения к

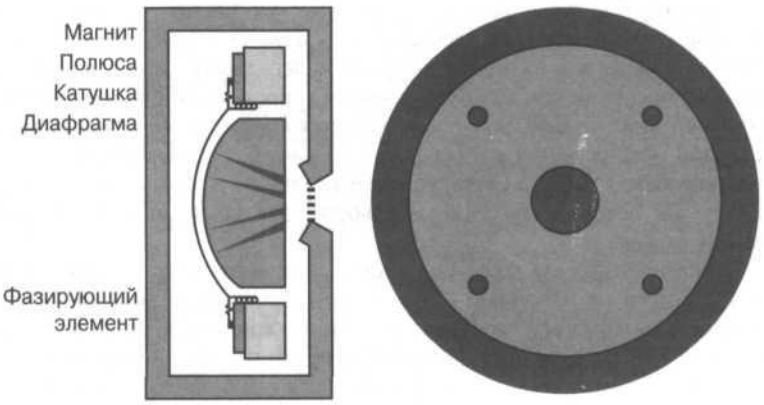
Катушка индуктивности помещена в магнитное поле постоянного магнита. Проходящий по ней ток заставляет ее перемещаться. Эти колебания передаются на приклеенный к катушке диффузор.



колонке экранированного инструментального кабеля или наоборот. Желательно использовать для коммутации динамиков специальные разъемы, которые не допускают случайного подсоединения других приборов.

Для коммутации колонок компания Neutric выпускает специальные разъемы Speakon, имеющие фиксаторы и не допускающие ошибочной коммутации с другим оборудованием. В крайнем случае можно воспользоваться 4- или 5-контактными разъемами типа XLR. Использование 3-контакных XLR разъемов (как на микрофонах) может привести к некорректной коммутации и к выходу из строя различных компонентов звукоусиливающей системы, поскольку последние часто устанавливаются в спешке. Так что вам, вероятно, следует всерьез задуматься о замене коммутационных разъемов динамиков (коммутационные разъемы более детально описаны ниже).

Компрессионный драйвер предназначен для работы только с высокочастотным сигналом.



9

Сценический мониторинг

Введение

Многие звукоинженеры недооценивают роль сценического мониторинга в условиях "живого" исполнения. Эта немаловажная деталь позволяет устанавливать требуемый баланс и устраняет необходимость утомительной и порой безрезультатной борьбы с уровнем громкости аккомпанирующих инструментов. Музыканты оценивают работу звукоинженера по качеству звука на сцене. Создание условий, позволяющих исполнителю слышать самого себя, в значительной мере обуславливает требуемый уровень аккомпанемента.

Мониторы, располагаясь в непосредственной близи от исполнителей, не требуют большой мощности. Единственная проблема - небольшое расстояние до микрофонов. К счастью, они направлены динамиками к обратной стороне микрофона, и использование направленных микрофонов плюс приближение микрофона к исполнителю снижает вероятность самовозбуждения системы.

Примечание

Плохой мониторинг сцены может расстроить игру самой слаженной группы. Плохой баланс мониторного микса (низкий уровень ритмической группы и аккомпанирующих инструментов) может стать одной из причин непопадания вокалиста в ноты, неритмичной игры музыкантов и прочих неприятностей.

Расфазированные мониторы

Еще один способ снижения риска возникновения самовозбуждения - использование двух стоящих рядом мониторов, работающих в противофазе (микрофон располагается между ними). В этом случае микрофон менее чувствителен к уровню громкости мониторов, поскольку сигналы противоположных фаз гасят друг друга. Однако, это практически не сказывается на том, что слышит исполнитель, поскольку звук приходит к нему с различных сторон и он слушает мониторы двумя ушами. Конечно, при такой схеме звук несколько размывается и плавает, ощущается потеря низких частот, но это с лихвой окупается возможностью увеличения мощности сигнала без самовозбуждения системы. Настоятельно рекомендуется использовать для инверсии фазы сигнала специально окрашенные провода или адаптер, а не специальные динамики или переключатель (это позволит производить быструю замену неисправного оборудования и предотвратит вероятность неправильного подключения).

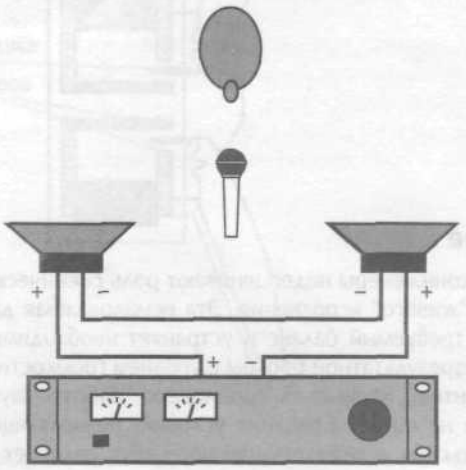
Мониторы первого плана, второго плана и прострелы

Обычно корпуса мониторных колонок имеют форму трапеции, что позволяет располагать их на полу и направлять непосредственно на исполнителя, избегая излишнего загромождения сцены колонками и снижая уровень акустических отражений. Динамики мониторов должны обладать узкой дисперсией. Мощности усилителя в 100-250 W вполне достаточно для оз-

вучивания сцены*, а некоторые из моделей выполнены в виде активных колонок. Это значительно упрощает инсталляцию системы, хотя и не способствует гибкости перекрестной коммутации в случае возникновения неполадок.

Применение прострелов - еще один метод увеличения уровня громкости звука на сцене. При этом предполагается, что микс для всей группы будет одинаковым (поэтому может возникнуть потребность в дополнительных

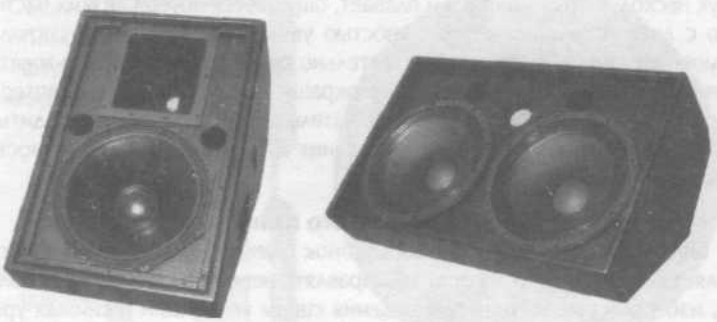
Динамики соединены таким образом, что они работают в противофазе. В результате этого сигналы, приходящие с разных динамиков к звукоснимающему капсюлю микрофона, гасят друг друга.



индивидуальных мониторах), и с разных сторон сцены на уровне голов исполнителей устанавливаются обычные динамики. При таком подходе можно значительно увеличить мощность мониторной системы. Плюс к этому использование мониторных колонок одного типа с портальными увеличивает степень совместимости системы, позволяя применять идентичные установки эквалайзеров и улучшая возможности резервирования.

Прострелы. Устанавливайте микрофон под углом, способствующим повышению порога самовозбуждения.

Сценические мониторы CAB M и CAB L английской фирмы ASS.



* При работе на большой сцене большого зала мощность мониторной системы может составлять несколько киловатт. - *Примеч. ред.*

Для снижения вероятности самовозбуждения необходимо уводить микрофон в сторону от ближайшей мониторной колонки. Допустимый уровень мониторного сигнала можно существенно повысить за счет обработки звука графическим эквалайзером. В качестве отправной точки отсчета рекомендуется принять установку эквалайзера основного выхода системы, а затем, используя один из описанных ранее методов, добиться повышения допустимой мощности мониторной системы.

Ушные мониторы

Беспроводные мониторные системы ушного типа имеют неоспоримые преимущества и уже получили широкое распространение среди профессионалов шоу-бизнеса. В них применяются практически незаметные ушные мониторы, принимающие сигнал от передатчика, работающего в радиочастотном диапазоне волн, что обеспечивает неограниченную свободу перемещения музыканта по сцене. Звук приходит непосредственно в уши исполнителю, позволяя ему устанавливать необходимый уровень сигнала без каких-либо опасений по поводу самовозбуждения системы звукоусиления или проникновений посторонних сигналов. Подобные мониторные системы обеспечивают высокое качество подзвучки и позволяют снизить уровень шума на сцене. При эксплуатации ушных мониторов необходимо уделять особое внимание безопасности музыкантов, поскольку сигнал в наушниках обладает мощностью, достаточной для того, чтобы повредить слуховой аппарат исполнителя.

Система ушного мониторинга Garwood PRS II позволяет каждому артисту индивидуально устанавливать уровень мониторного сигнала.

Переговорные устройства (talkback)

Переговорные устройства используются в случаях, когда несколько звукооператоров работают на расстоянии друг от друга (например, главный звукоинженер и мониторный звукоинженер), а также в театрах. Переговорные устройства дают возможность координировать действия светотехни-

ков, звукоинженеров и технического персонала, управляющего сценическими эффектами.

Встречается два типа переговорных устройств - открытые и закрытые. В открытых системах все микрофоны постоянно находятся в активном состоянии. Недостаток открытых систем - присутствие посторонних шумов, а также то, что сообщение слышит не только адресат, но и все абоненты переговорной системы. Преимущество такого подхода заключается в том, что нет необходимости проводить какие-либо манипуляции для того, чтобы выйти на связь, и не надо думать об организации системы приоритетов.

В закрытых системах необходимо пользоваться переключателем каждый раз, когда необходимо послать сообщение. Такой подход позволяет снизить уровень посторонних шумов и перекрестных переговоров.

В настоящее время появились беспроводные переговорные устройства. Как и любые радиосистемы, они должны быть соответствующим образом сертифицированы (стандарт DTI). Беспроводные переговорные системы далеки от совершенства, и за свободу перемещения по залу оператору приходится расплачиваться стабильностью связи в различных частях зала, а также постоянной заботой об элементах питания передающего и принимающего устройства.

Нередко переговорные устройства различных типов используются в артистических комнатах, давая возможность исполнителям быть в курсе того, что происходит на сцене и в зале в момент их отсутствия.

10

Системы воспроизведения

Введение

Довольно часто при "живом" исполнении возникает необходимость использования предварительно записанного материала (например, для бэк-треков, локальных эффектов и вставок). Ниже мы рассмотрим достоинства и недостатки используемых на сегодняшний день систем воспроизведения, включая аналоговые и цифровые магнитофоны, системы, основанные на MIDI-секвенсерах, системы записи, на жесткий диск и воспроизведения с него.

Существует ряд причин, по которым приходится пользоваться фонограммой во время концерта. Для исполнителей фонограмма позволяет создать некоторую основу произведения, уменьшая количество музыкантов и оборудования в условиях гастролей и за счет этого снижая цену на билеты. Системы воспроизведения получили широкое распространение для озвучивания театральных спектаклей и презентаций, избавляя режиссера от необходимости руководить "живым" оркестром. В некоторых случаях просто нецелесообразно использовать "живой" звук (например, размещать струнный оркестр в небольшом помещении или в момент сложных передвижений по сцене при совмещении песни и танца).

Стандартный магнитофон Revox B77. Для воспроизведения фонограммы на концертах предпочтительнее применять катушечные магнитофоны, а не кассетные.

Лента является удобной альтернативой загрузке длинных сэмплов в сэмплирующие приборы для имитации шума зрительного зала, атмосферных явлений, точечных эффектов (взрывы или тому подобное) или аплодисментов зрительного зала (для "завода" аудитории). Любая вставка может быть оптимизирована с точки зрения качества звука с использованием всех имеющихся преимуществ студийной работы. Но кроме преимуществ у такого подхода есть и свои слабые стороны. Использование фонограммы во время концерта накладывает жесткие ограничения на исполнителей, заставляя их неукоснительно следовать записанному материалу. Основная проблема - синхронизация "живого" исполнения с фонограммой (необходимо начать игру вместе с записью и придерживаться ее темпа). В этом случае магнитофон выступает в роли источника синхронизации. Если фонограмма записана на протяжении всей композиции, то музыканты должны строго придерживаться темпа записи и следовать всем ее нюансам. Решение этой задачи обычно возлагается на плечи барабанщика, которому в наушники заводится ритмическая основа фонограммы. Теоретически следовать записанному материалу проще, но при этом музыканты ограничены в выражении своих сиюминутных эмоций, отражающихся в смене темпа, изменении длины некоторых частей композиции и так далее. В силу перечисленных обстоятельств такой подход неприемлем для определенного рода исполнителей.

Магнитофонные вставки

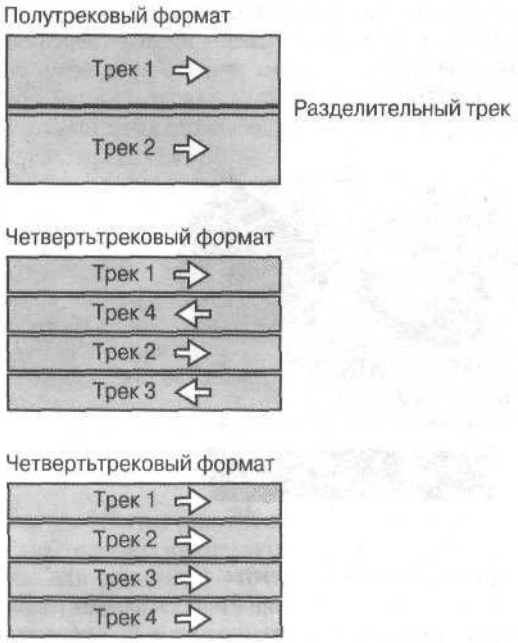
Использование магнитофонов - обыкновенная практика. Предпочтительнее использовать для воспроизведения фонограммы катушечные магнитофоны с открытыми бобинами*, поскольку их можно позиционировать с большой степенью точности, а качество несравненно выше кассетных аналогов. К сожалению, при работе с катушечными магнитофонами (с открытыми бобинами) используются различные форматы. Это касается скорости записи и воспроизведения, ширины носителя и расположения треков на ленте. Наиболее широкое распространение получила магнитофонная лента шириной 1/4", однако в студиях предпочтение отдается ленте шириной 1/2". Профессиональные стандарты требуют, чтобы каждый из двух треков стереозаписи занимал половину ширины ленты, поскольку невозможно отредактировать обе стороны ленты для последующего совместного использования. В бытовых магнитофонах используется четырехдорожечный формат, позволяющий переворачивать бобину и воспроизводить стереофоническую запись в обратном направлении. Но этот формат не совпадает с четырехдорожечным форматом, используемым для получения квадрофонического эффекта.

1/4-дюймовый формат ленты

Название	Скорость	Комментарии
полутрековый	15 и 7.5 ips (38,19cm/s)	Стерео (одно направление по всей ширине ленты)
четвертьтрековый	7.5 и 3.75 ips (19, 9.5 cm/s)	Стерео (4 дорожки в различных направлениях)
4-трековый мультитрек	7.5 и 15 ips (19, 38 cm/s)	4 канала (одно направление)

* Такое утверждение сегодня представляется несколько устаревшим. - *Примеч. ред.*

Расположение треков



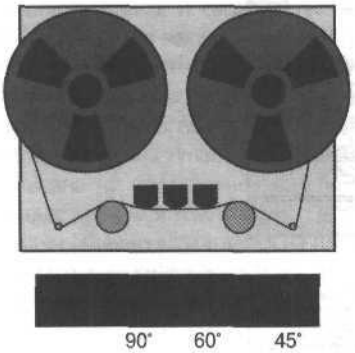
Счетчики ленты

Если работа счетчика не основана на SMPTE или других синхро-кодах, то не стоит рассчитывать на точность позиционирования ленты. Истинная позиция ленты постоянно будет отставать от показаний счетчика. Это смещение даже на магнитофонах с хорошими характеристиками (достаточно дорогих) составляет 3 секунды на каждые 3 минуты воспроизведения.

Редактирование ленты

Редактирование ленты - простой процесс, требующий, однако, некоторого опыта для определения точек, в которых будет разрезаться лента. Первый этап редактирования - позиционирование воспроизводящей головки (крайняя справа, если смотреть на магнитофон с лицевой панели). Сначала запускается воспроизведение и нажимается клавиша "пауза" для грубого определения точки редактирования. Затем лента перемещается вручную вперед и назад на постоянной скорости (чтобы избежать колебаний) до тех пор, пока окончательно не будет определена требуемая точка. Затем она помечается напротив воспроизводящей головки специальным маркером, который достаточно мягок для того, чтобы не повредить воспроизводящую головку (лучше всего заметны белый и желтый цвета). "Выходная" точка редактирования (точка, к которой вы собираетесь присоединить кусок, начинающийся с ранее промаркированной "входной" точки) определяется аналогичным образом. После этого лента вынимается из лентопротяжного механизма и помещается в специальное монтажное устройство (монтажный столик на панели магнитофона, представляющий из себя пластину с прецизионно отфрезерованной канавкой), разрезается (но не обрубается) под углом в маркированных точках при помощи размагниченного лезвия, а затем два конца соединяются специальной липкой лентой (в силу

того, что липкая лента очень тонкая, она не оказывает никакого влияния на скорость воспроизведения при проходе через лентопротяжный механизм). Лента не выделяет липких веществ и не теряет своих свойств со временем. Не пытайтесь использовать для этих целей обыкновенную целлюлозную ленту - вы не получите требуемого качества!



Типичное монтажное устройство. Метка ставится напротив воспроизводящей головки либо специальным фломастером, либо маркирующим блоком.

Углы разрезания ленты

Обычно блок редактирования позволяет разрезать ленту под тремя различными углами. Угол разрезания в 90° обеспечивает резкие переходы, а углы в 45° и 60° используются для гладкого монофонического и стереофонического редактирования соответственно. Смысл разрезания ленты под углом заключается в том, что это дает возможность осуществлять плавные переходы между склеиваемыми частями за счет физического кроссфейда. Больший угол используется для предотвращения сдвига стереокартины в редактируемой точке.

Совет

Старайтесь как можно меньше прикасаться пальцами как к магнитному носителю, так и к липкой ленте, поскольку находящийся на коже жировой слой неблагоприятно воздействует на них. Рекомендуется нарезать несколько кусочков липкой ленты и с помощью бритвы приклеить их одним концом к какой-нибудь части магнитофона. Затем опять же с помощью лезвия бритвы можно взять липкую ленту за свободный конец, а после склейки осторожно вытащить ленту из блока, расположить ее на ровной поверхности и удалить оставшийся в месте соединения воздух, несколько раз проведя по ленте пальцем.

Позиционирование ленты

Для позиционирования ленты скорость ее перемещения относительно воспроизводящей головки должна быть достаточно высока, иначе будет трудно добиться необходимой громкости и подобия изначально записанного звука. Если проигрывать ленту со скоростью, в два раза меньшей той, которая использовалась при записи, то звук опускается вниз на октаву. И наоборот - если вдвое увеличить скорость, то звук поднимется на октаву. Например, звук басового барабана, четко прослушивающийся на нормальной скорости, несколько размывается при ее уменьшении. Тем не менее он остается достаточно читаемым, и по нему легче всего позиционировать ленту при редактировании. Вам остается только точно определить позицию четвертной доли такта (для размера 4/4). Позицию остальных долей можно рассчитать. Ниже приведен пример подобных расчетов.

Скорость ленты 38 cm/sec					19 cm/sec			
	Такт (4/4)		Доля (4/4)		Такт (4/4)		Доля (4/4)	
Темп (BPM)	Время, ms	Длина ленты, cm	Время, ms	Длина ленты, cm	Время, ms	Длина ленты, cm	Время, ms	Длина ленты, cm
130	1846	70,15	461,54	17,54	1846	35,08	461.54	8,77
120	2000	76,00	500	19,00	2000	38,00	500	9,5
110	2180	82,84	545	20,71	2180	41,42	545	10,35
100	2400	91,20	600	22,80	2400	45,60	600	11,40
90	2667	101,35	667	25,35	2667	50,68	667	12,68
80	3000	114,00	750	28,50	3000	57,00	750	14,25

1 ms занимает 0,038 cm (0,38 mm) ленты на скорости 38 cm/s
1 mm ленты соответствует временному интервалу в 0,2643 ms (263,4 (is) на скорости 38 cm/s
Для скорости 19 cm/s необходимо просто разделить эти величины на 2
Коэффициент перерасчета в дюймы - 2,54

Точность

При редактировании можно достичь точности около 1,6 mm (1/16 дюйма). При скорости 38 cm/s это означает, что редактирование осуществляется с точностью до 0,42 ms. Для сравнения - точность редактирования с помощью SMPTE-кадров имеет дискретность 40 ms при 25 кадрах в секунду. Таким образом, чтобы при цифровом редактировании добиться точности, сравнимой с аналоговым процессом, необходимо использовать субкадры (около ста субкадров на каждый кадр).

Кассетные магнитофоны

Кассетные магнитофоны не приспособлены для использования в "живой" работе. Это объясняется тем, что они не представляют возможности точного позиционирования, имеют низкое качество звука и тянут за собой множество проблем, связанных с совместимостью по скорости.

Цифровые магнитофоны

Большинство цифровых магнитофонов относится к кассетному типу, а следовательно, возникает проблема позиционирования (за исключением тех случаев, когда устройство обладает возможностью позиционировать ленту при помощи тайм-кода SMPTE, записанного на дополнительную дорожку). Редактирование цифровой записи подразумевает использование электронных средств копирования с одной ленты на другую. Хотя дублирующее цифровое редактирование (копирование комбинированных треков на чистую ленту) не приводит к потере качества (при условии, что не используется сжатие данных или обратная процедура), могут возникнуть другие проблемы.

Иногда цифровые системы позволяют работать только с точностью до одного кадра (40 ms при 25 fps), а этого явно недостаточно. Существуют цифровые магнитофоны со специальным колесом для позиционирования ленты, имитирующим функцию вращения бобин на аналоговом магнитофоне. Головной болью может стать антипиратский SCMS-код защиты копирования ваших собственных лент. Следует четко понимать, что при подобной технологии редактирования нужен еще один магнитофон. При необходимости редактирования кроссфейдов, если не используется цифровая па-

Примечание

Если же не удается избежать использования кассетного магнитофона, то для записи и воспроизведения предпочтение следует отдать кассетам Cr, поскольку они улучшают качество звука по сравнению с носителями, основанными на окислах железа, и уменьшают износ воспроизводящей головки по сравнению с другими типами кассет на металлической основе. Вы, вероятно, сочтете удобным записывать каждую вставку на отдельную кассету, поскольку магнитофоны этого типа не могут похвастаться высокой скоростью перемотки ленты и удобными возможностями ее позиционирования.

мять для хранения небольших фрагментов, может потребоваться даже два дополнительных устройства.

Преимущества работы с цифровыми магнитофонами: удобный быстрый поиск фрагментов (по SMPTE тайм-коду), цифровое качество (это - вопрос спорный) и отсутствие потери качества при копировании. Итак, если все это вас устраивает, то желаю вам удачи*.

Запись на жесткий диск

Разработчики большинства современных систем отказываются от использования ленты в качестве носителя сигнала, поскольку по своей природе все магнитофоны (аналоговые или цифровые) предоставляют возможность только последовательного доступа к информации. Для того, чтобы из точки "А" добраться до точки "В", необходимо пройти через предшествующую ей точку "Б", а это требует времени и жестко фиксирует последовательность событий, что не всегда удобно при "живой" работе.

Устройство записи на жесткий диск Akai DR16 предоставляет возможность прямого доступа к любой части записанного материала.

С уменьшением цены и увеличением количества систем, ориентированных на работу с компьютером, устройства записи на жесткий диск становятся стандартными и относительно недорогими, поскольку не имеют прецизионных компонентов, присущих лентопротяжным механизмам магнитофонов (за исключением самого жесткого диска). Кроме того, системы записи на жесткий диск дешевеют день ото дня. Преимущество работы с жестким диском состоит в том, что он позволяет осуществлять прямой доступ к любой записанной на него информации, а наличие в компьютере достаточного объема свободной памяти позволяет пользоваться всеми преимуществами неразрушающего редактирования.

За исключением того факта, что компьютеры более чувствительны к колебаниям напряжения в сети и в них может произойти сбой из-за конфликта программного обеспечения, они не менее надежны, чем любое другое микропроцессорное оборудование.

Для записи одной минуты монотрека (16 бит при частоте сэмплирования 44,1 kHz) без сжатия информации требуется 5 Mb памяти. Таким образом,

---

* Сегодня в качестве "фонограммных" носителей с успехом используются DAT-магнитофоны и мини-диски. Последние звучат несколько хуже, чем DAT, но обладают повышенной надежностью и удобным редактированием материала. Кроме того, приводимые автором сведения о недостаточно точном позиционировании цифровых записей в настоящее время не актуальны. Что же касается ленточных аналоговых магнитофонов, то их использование в студии, несомненно, улучшает качество звука, но рекомендация работать с бобинами на сцене явно устарела. - *Примеч.* ред.

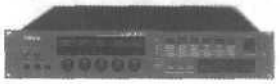
жесткий диск объемом 500 Mb может вместить 100 минут монофонического аудиоматериала, 50 минут стереозаписи или 12,5 минут 8-канальной записи. Объем памяти системы можно расширять за счет дополнительных жестких дисков. В настоящее время появились специальные модели жестких дисков типа AV (аудио-видео), которые позволяют передавать данные с постоянной скоростью, что очень важно для аудиоприменений. Это позволяет решить проблемы, связанные с внутренней перекалибровкой вследствие нагрева. Использование специализированных систем записи на жесткий диск позволяет разгрузить компьютер и обеспечить более стабильную работу системы.

Прямой доступ к данным - огромное преимущество при работе в реальном времени. Кроме того, использование компьютера позволяет осуществлять визуальный контроль и управление различными параметрами системы. Компьютер предоставляет возможность делать "снимки" состояния различных компонентов (уровни громкости, установки эквалайзеров, эффекты и другие приборы) или осуществлять непрерывное автоматизированное управление поведением системы.

Существует множество различных компьютеризированных систем, и их детальное рассмотрение выходит за рамки этой книги.

Системы на основе жестких дисков

Системы на основе жестких дисков наряду с использованием в качестве звуковоспроизводящих, могут применяться для практически неограниченного расширения памяти сэмплерных приборов. В области создания композиций запись на жесткий диск представляет широчайший набор разнообразных функций, недоступных магнитофонам (копирование, повторы, переупорядочение и т.д.). Допустим, необходимо создать трек, состоящий из небольших идентичных вставок с CD. Если мы используем для этой цели магнитофон, то нам придется включать и выключать CD столько раз, сколько вставок должно быть в треке. В случае с жестким диском достаточно записать вставку только один раз, а затем скопировать ее в необходимые позиции трека. Системы, использующие запись на жесткий диск, позволяют осуществлять небольшие микросдвиги по времени, квантование и другие удобные функции редактирования. Некоторые системы в качестве дополнительных возможностей имеют функцию изменения темпа без влияния на частоту тона, нормализацию (оптимизацию уровней после записи) и так далее.



Сэмплер A-3000 фирмы Yamaha имеет полифонию 64 голоса, мультитембральность 16 голосов, возможность наслоения голосов, AD преобразование: 16-битовое с 64-кратным оверсемплингом, DA преобразование: 18-битовое с 4-кратным оверсемплингом.

Сжатие данных

Сжатие - это методика уменьшения объема данных, позволяющая уменьшить объем памяти, увеличить скорость передачи, а иногда и сократить время обработки в цифровых системах. Сложность заключается в том, что сжатие в реальном времени приводит к некоторой потере данных, что соответствующим образом влияет на качество сигнала. К счастью, это влияние обычно незаметно, однако если последовательно применить несколько различных процедур сжатия (или одну и ту же несколько раз), это может в значительной степени ухудшить качество сигнала.

Резервное копирование

Резервное копирование - одна из самых серьезных проблем любой компьютерной системы. Возрастание объема информации усугубляет эту проблему. Если вы работаете с несколькими коллективами и используете различные установки, то увеличивается риск утонуть в большом объеме ин-

формации. В том случае, когда нет необходимости одновременного применения всех данных, неиспользуемая часть может быть заархивирована с помощью специальных устройств. В некоторых приборах есть цифровые входы/выходы, позволяющие использовать для резервного копирования обычные цифровые магнитофоны. Резервное копирование данных не предъявляет жестких требований к скорости, поэтому этот процесс использует различные компьютерные методы, позволяющие избежать ошибок при передаче.

Использование цифровых магнитофонов для резервного копирования

Заметим, что процесс создания копии жесткого диска несколько отличается от обычной аудиозаписи. Кроме собственно аудиоданных приходится запоминать много различного рода управляющей информации (порядок воспроизводимых фрагментов, темп и так далее).

MIDI

Система MIDI (Musical Instrument Digital Interface) была стандартизирована в 1983 году и совершила своеобразную революцию в области управления музыкальными приборами. Она представляет собой совокупность средств, позволяющих различным приборам общаться между собой*.

Система MIDI получила широкое распространение в секвенсерной музыке. MIDI-секвенсеры имеют следующие функции:

- Копирование и повторы различных частей музыкального материала.
- Транспонирование.
- Раздельное редактирование нот и их параметров (возможность сдвига нот на малые временные интервалы, изменение длительности, громкости и тому подобное).
- Различные методы квантования.
- Управление уровнями, мьютами, панорамированием и другими MIDI-контролируемыми параметрами.
- Работа с информацией SysEx (System Exclusive), описывающей параметры аудиопэтчей.
- Изменение темпа без изменения частоты.
- Реорганизация и переупорядочивание сонгов.
- Различные режимы записи (overdub, replace) и автоматический вход в нее (punch in).
- Воспроизведение с любой точки.

Значение MIDI для систем воспроизведения трудно переоценить. Более подробно мы обсудим систему MIDI с точки зрения проблем автоматизации в следующей главе.

* Необходимо четко понимать: MIDI-сообщения не являются звуками. Они лишь содержат инструкции по управлению звуковыми модулями, эффектами и прочими компонентами звукового или светового тракта. - *Примеч. ред.*

11

Автоматизация и MIDI

Введение

В современных условиях приходится работать с большим количеством источников звука, что может вывести процесс управления из-под контроля. Автоматизация помогает снизить нагрузку на звукоинженера.

MIDI

Как уже упоминалось ранее, система MIDI была стандартизирована в 1983 году. Суть MIDI заключается в том, что она позволяет приборам обмениваться между собой разнообразной информацией.

Преимущества MIDI

- Многократная запись, обмен и сохранение без потери качества.
- Удобство копирования и транспонирования.
- Возможность редактирования событий.
- Транспонирование в реальном времени без каких-либо задержек.
- Изменение темпа без влияния на высоту тона.
- Прямой доступ к любой части записанного материала.
- Удобство реорганизации и переупорядочения частей музыкального материала (без необходимости прибегать к услугам бритвы или перезаписи).
- Возможность управлять другим MIDI-оборудованием (микшерами, эффектами, осветительными приборами, пиротехникой, устройствами записи).
- Возможность синхронизировать приборы с помощью указателя песни (Song pointer) или MTC без SMPTE-синхронизатора.

Недостатки MIDI

- Для получения идентичного звучания необходимо использовать то же самое оборудование, что и при записи.
- Можно записывать сигналы только MIDI-приборов. Нельзя прописать вокал, гитару, саксофон, "живые" барабаны, звуковые эффекты, хотя для этих целей можно использовать сэмплеры и системы записи на жесткий диск*.

Примечание

Наиболее часто MIDI-системы применяются для работы с секвенсерами. Записанный в секвенсер музыкальный материал перед воспроизведением можно подвергнуть дополнительной обработке. Однако, как мы это увидим позднее, звукоинженер может использовать MIDI и для автоматизации управления "живым" звуком.

* Существуют системы, позволяющие преобразовывать вокал, звуки гитары, саксофона и барабанов в MIDI-события. - *Примеч. ред.*

- MTDI-системы имеют компьютерную основу, а потому сильно подвержены влиянию колебаний в сети питания (в случае сбоев приходится перезагружать систему заново). Для решения этой проблемы следует использовать специальные приборы бесперебойного питания - UPS (un-interruptable power supply), поддерживающие работу системы при сбоях в электросети. Это значительно повышает устойчивость работы звукоусиливающих систем, использующих компьютеры.
- MIDI-аппаратура имеет достаточно большие размеры, необходим монитор и множество коммутаций (SCSI, многочисленные MIDI-соединения).

MIDI оборудование

Очень важно знать, насколько широк диапазон приборов, работающих с MIDI:

- Инструменты: клавишные; гитары, оборудованные MIDI-датчиками; духовые контроллеры; ударные и перкуссионные пэды; барабанные триггеры (датчики); пиано. В настоящее время появились даже микрофоны, позволяющие преобразовывать монофонический звук акустических источников в MIDI-ноты.
- Контроллеры виртуальной реальности.
- Эффекты: управляемые по MIDI графические эквалайзеры и фильтры, параметрические эквалайзеры, ревербераторы, задержки, мультиэффекты, компрессоры и гейты.
- Аудиооборудование: MIDI-управляемые микшеры, автоматизированные VCA-блоки.
- Другое оборудование: световые консоли, пиротехника, сценические эффекты, прожекторы и тому подобное.
- MIDI-управляющие пэды: ударные установки, ножные педали, микшерные устройства, консоли управления лентопротяжкой с кнопками, слайдерами и трекболами.

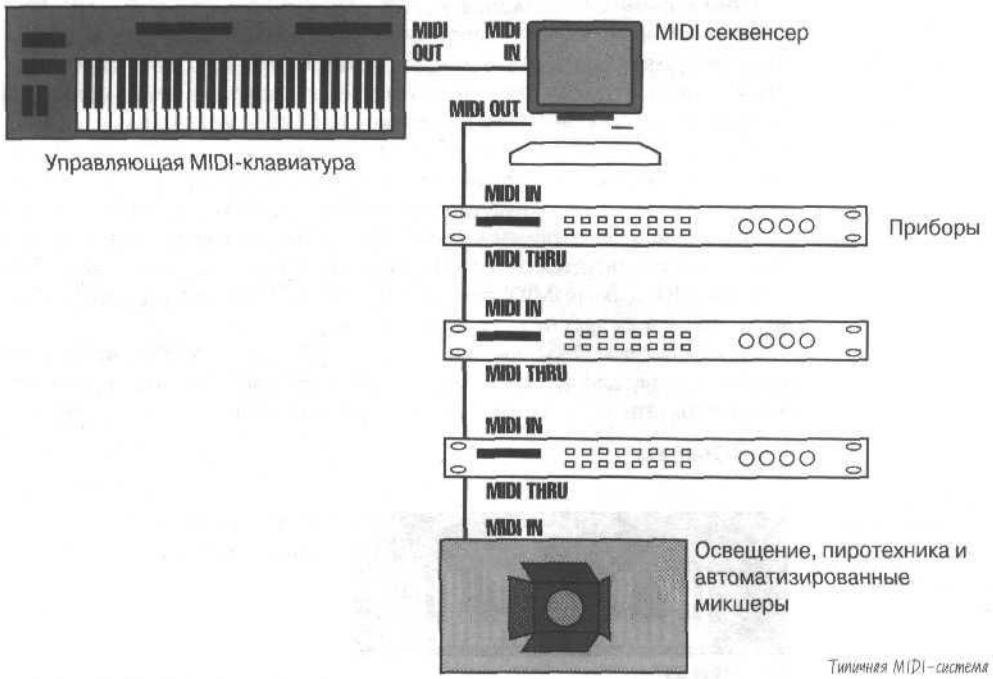
Цифровой микшерный пульт 03D фирмы Yamaha имеет 26 входов/18 выходов для полностью автоматизированного цифрового микширования. Twin RISC CPU с 32-битный DSP, 20-битный AD/DA конвертер с 8-кратным оверсэмплингом.

Размещение MIDI-оборудования

MIDI-управляющие приборы (секвенсер или управляющие MIDI-пэды) можно располагать рядом с исполнителем или звукоинженером в зависимости от того, кто хочет или может управлять тем или иным процессом. Если секвенсер используется для управления звукоусиливающей системой (кроме управления воспроизведением музыкального материала), то звукоинженер должен иметь к нему доступ. В этом случае при необходимости секвенсерные системы могут объединяться MIDI-кабелем или управляться от различных приборов (предпочтительнее использовать раздельное управление).

Если позаботиться о том, чтобы в линию не попадало фантомное питание, то можно с помощью переходников подключать MIDI-каналы к микрофонным разъемам (в целях безопасности рекомендуется использовать только 2 и 3 контакты). Микрофонный кабель идеален для передачи MIDI-сигнала (витая сбалансированная линия с защитным экраном).

MIDI-информация передается 5 V цифровыми сигналами и использование кабелей длиной больше 40 метров вследствие падения напряжения в линии может привести к нестабильной работе системы. В этом случае необходимо прибегать к помощи специальных усилителей, подключаемых к обоим концам кабеля.



Типичная MIDI-система

Дистанционное управление

Основное достоинство MIDI-систем в условиях "живого" исполнения заключается в возможности дистанционного управления оборудованием (MIDI-система предлагает недорогой и универсальный метод управления самыми разнообразными приборами). Далее мы подробно рассмотрим MIDI-цепочку и увидим, как отдельные приборы объединяются в систему.

MIDI-цепочка

Существует три типа MIDI-портов:

- MIDI In принимает данные.
- MIDI Out передает данные другому прибору.
- MIDI Thru передает без изменения данные, поступающие на MIDI In.

На рисунке была приведена типичная MIDI-система. Если внимательно приглядеться, можно заметить, что Out всегда соединяется с In, в то время как In может коммутироваться как с Out, так и с Thru (в зависимости от того, является прибор первым звеном цепочки или нет).

Система коммутируется последовательно в виде цепочки (от Thru к In и далее). Если объединить в цепочку более 5 приборов, станут заметны задержки в передаче MIDI-сигнала и придется коммутировать приборы через специальное устройство - распределительный блок MIDI Thru, буферирующее и разделяющее входные сигналы одновременно на несколько выходов, обеспечивая параллельное соединение MIDI-оборудования*.

* На самом деле цифра "5" весьма условна и количество MIDI-приборов, которые можно разместить в цепочку, сильно зависит от многих факторов. В профессиональных применениях следует использовать MIDI-интерфейсы, позволяющие работать с требуемым

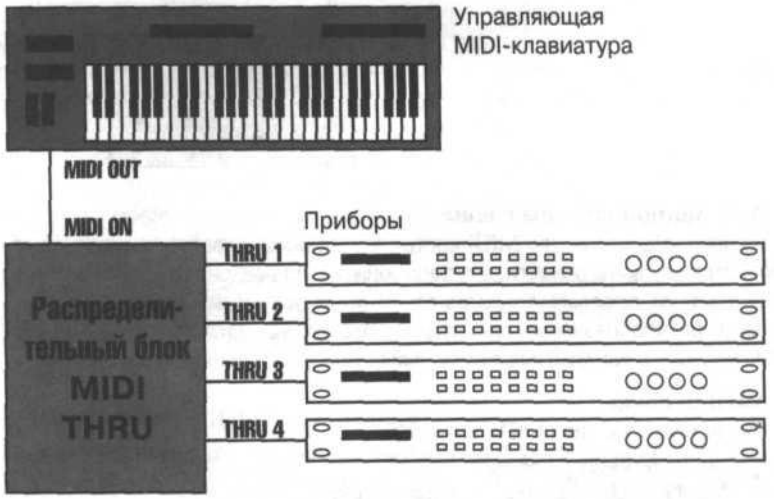
Объединение MIDI-данных

В большинстве случаев описанный выше способ соединения MIDI-приборов позволяет выполнять все необходимые функции. Однако иногда возникают ситуации, когда необходимо осуществлять управление одним и тем же прибором с помощью двух источников MIDI-сигналов. В этом случае потребуется дополнительное оборудование. Цифровой код MIDI имеет последовательную структуру, а потому его прерывание приводит к неадекватной реакции. Мы не можем коммутировать MIDI In управляемого таким образом прибора с помощью обыкновенного распараллеливающего разъема. Для этих целей используется специальное устройство, называемое блоком объединения MIDI-данных (MIDI merge box), которое позволяет корректно объединять потоки данных от двух управляющих устройств.

Блок слияния MIDI-данных отслеживает MIDI clock и MTC, контролирует прием/передачу данных SysEx, которые обычно нельзя прерывать, и управляет приоритетностью данных контроллеров над нотами.

MIDI-коды

Распределительный блок MIDI Thru – удачное решение для систем любой сложности. Он является основой сети, буферируя каждую пересылку и устраняя задержки передачи MIDI-данных.



В некоторых секвенсерах для обозначения контроллерной информации используются не их имена, а соответствующие им коды. Полное описание спецификации системы MIDI можно найти в справочном руководстве издательства PC Publishing "Music Technology Reference Book" (ISBN 8 70775 34 1). Ниже будут приведены коды и названия наиболее часто встречающихся контроллеров.

Номера MIDI контроллеров (cc)

Название	Шестнадцатиричное	Примечание
Program change	Cn pp	Используется для смены сцен в микшерах и эффектах
Bank change MSB	Bn 00 mm	Используется для работы с банками
Bank change LSB	Bn 20ll	Используется для работы с банками
Controller change	Bn cc vv	Смотрите приведенные ниже коды контроллеров
Pitch bend	En ll mm	Центральное положение - En 00 40

где:
n - номер MIDI-канала, начиная с 0 (0 соответствует 1 MIDI-каналу)

pp – номер программы, начиная с 0 (изменяется в диапазоне 0–7F [0–127])
cc – номер контроллера, начиная с 0
vv = значение
ll – LSB (младший байт)
mm – MSB (старший байт)

Номера MIDI-контроллеров

Название контроллера	Шестнадцатиричное значение	Десятичное значение
Volume – уровень	07	7
Panning – панорама	0A	10
Sustain – сустэйн	40	64
Modulation Wheel - модуляция	01	1
All notes off - выключение звука всех нот	7B	123

Таблица преобразования шестнадцатиричных цифр в десятичные

Шестнадцатиричное	Десятичное	Шестнадцатиричное	Десятичное
0	0	8	8
1	1	9	9
2	2	A	10
3	3	B	11
4	4	C	12
5	5	D	13
6	6	E	14
7	7	F	15

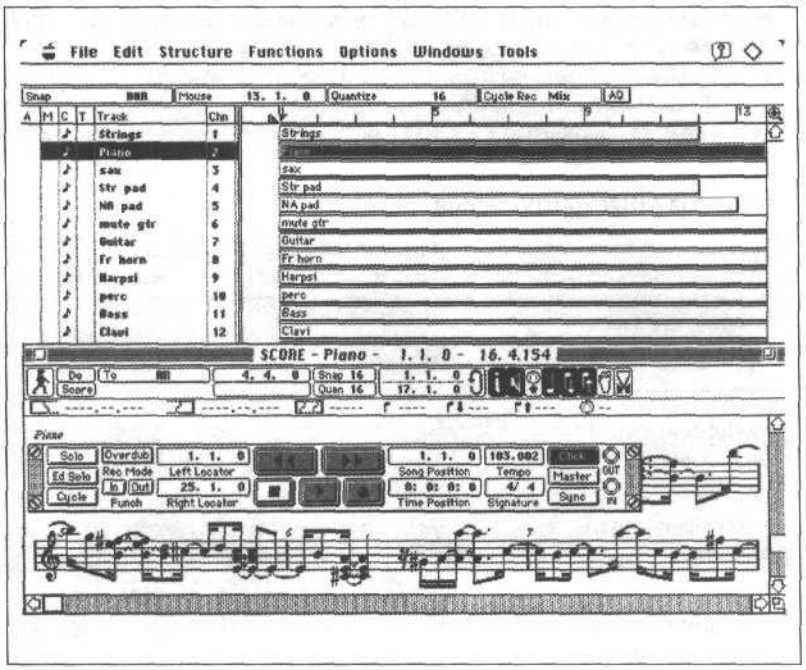
В шестнадцатиричной системе исчисления за основу берется число 16, а не 10, как это имеет место в обычной десятичной системе.

Концепция MIDI-систем

Основа концепции MIDI состоит в том, что все действия (нажатие клавиш на синтезаторе, манипулирование фейдерами на микшере или световой консоли и так далее) описываются с помощью цифр. Используя эти данные, MIDI-система позволяет управлять приборами как в реальном времени (через контроллеры реального времени), так и через воспроизведение ранее записанных данных (секвенсеры или системы автоматизации микширования).

Хотя MIDI-данные часто используются для управления звуком (и даже переключают ноты на MIDI-клавиатуре), они сами по себе его не содержат. С помощью MIDI можно даже описать сэмплерный звук, но его невозможно воспроизвести в реальном времени, как это происходит в сэмплерах. Через MIDI-разъемы аудиосигнал не передается - для этого у источника звука существуют специальные аудиовыходы.

Окно аранжировки широко распространенного секвенсера Cubase.



MIDI-информация

Существует несколько типов MIDI-информации. Наиболее очевидная - MIDI-ноты. Но кроме этого существуют и другие виды, например, информация клавишных контроллеров (изменение тона и модуляция, сустейн и другие).

Program change (изменение программы)

Это наиболее полезная команда с точки зрения инженеров систем звукоусиления (иногда называется patch change). Команда program change используется также клавишниками для дистанционного управления сменой тембров синтезаторов или синтезаторных модулей. Она позволяет секвенсеру автоматически изменять звук в заданной точке или выбирать различные тембры удаленного модуля с помощью MIDI-клавиатуры в реальном времени.

Аналогичным образом с помощью этой команды инженер звукоусиливающей системы может выбирать различные пэтчи эффектов и сцены микширования. Эти изменения можно проводить как в реальном времени, так и с помощью запрограммированного секвенсера. Еще одна важная деталь - команде program change можно поставить в соответствие несколько эффектов. В этом случае одна команда может управлять группой эффектов, и все приборы эффектов, пользующиеся этой командой, управляются по одному и тому же MIDI-каналу (или секвенсер либо соответствующий контроллер пересылает эту команду одновременно по всем требуемым каналам).

Контроллеры

Другой важной частью MIDI-системы являются контроллеры. С помощью контроллеров можно управлять любыми параметрами MIDI-оборудования - вы получаете в распоряжение удобное средство дистанционного управления эквалайзерами, усилителями и т.п.

System exclusive

System exclusive (SysEx) - специальный тип MIDI-данных. Посредством SysEx можно управлять прибором в реальном времени, хотя лучше это делать с помощью контроллеров, поскольку они обладают более высоким быстродействием и проще в управлении. Очень важно то, что благодаря SysEx можно запоминать и восстанавливать состояние памяти прибора или сцен в микшере, записывая его в секвенсер (или другое MIDI-запоминающее оборудование). Таким образом, если кто-то перепрограммировал ваше оборудование или стерлось содержимое его памяти, для вас не составит особого труда переинициализировать прибор с помощью сохраненных ранее пресетов.

Секвенсеры

Применение MIDI-систем в основном базируется на секвенсерах. Они позволяют записывать и управлять не только музыкальным материалом. Звукоинженер может использовать секвенсерные возможности для подачи сложных команд, контролирующих работу различного рода оборудования (микшеров, эффектов, усилителей, световых приборов и консолей, пиротехники и так далее).

Секвенсер QY700 фирмы Yamaha AWM 2-синтез, 32-нотная полифония, 32-частная мультитембральность, 480 пресетных голосов, 11 наборов ударных, эффекты: Revert, Chorus, Variation, секвенсер 110000 нот.

Ниже мы перечислим наиболее существенные, с точки зрения звукоинженера, возможности секвенсера:

- Визуальная индикация позиции сонга в тактах с помощью графического локатора или текстовых сообщений.
- Большое количество треков, облегчающих управление.
- Возможность именовать треки и паттерны.
- Простота позиционирования с помощью локаторов памяти.
- Мьютирующие и солирующие функции, которые можно вызывать "на лету".
- Графическая индикация состояния контроллеров.
- Сохранение данных инициализации с помощью информации типа SysEx.
- Перезапись без стирания ранее записанного материала.
- Редактирование параметров.

Единственная проблема, с которой может столкнуться звукоинженер при использовании секвенсера - отказ исполнителя использовать его при "живой" работе. Если музыканты применяют секвенсер, то музыкальный секвенсер и управляющий секвенсер звукоинженера можно синхронизировать между собой. В противном случае применение заранее запрограммированных управляющих событий затрудняется. Однако даже в этом случае можно использовать секвенсер с помощью запрограммированных для каждого сонга снимков состояния микшера, эквалайзера, эффектов. Для разных частей сонга можно запрограммировать состояние фейдеров, смену эффектов и другие параметры. В этом случае с помощью одной команды все эти параметры изменяются быстро и абсолютно точно.

Примечание

Настоятельно рекомендую освоить управление секвенсером с помощью клавиатуры компьютера ("горячие" клавиши). Это увеличит скорость работы с секвенсером.

Резервное копирование

При использовании любой компьютерной системы необходимо иметь резервные копии. Они могут пригодиться на случай, если потеряна информация, находящаяся на жестком диске. Необходимо иметь копию операци-

Примечание

Современные технологии тесно переплетаются, и вполне вероятно, что, попав на такое представление, вы услышите мнение светотехника: "Да, все прошло хорошо, наш компьютер сделал звук неподражаемым". Эти высказывания сродни поговоркам "ранние птицы приносят тепло" или "ветер дует потому, что деревья качаются".

онной системы и рабочую копию секвенсерных программ. Это может показаться обременительным, но игра стоит свеч! Настоящие профи используют параллельно работающий резервный компьютер или, что более реально, кассету с аудиоматериалом и шпаргалку с перечнем нажимаемых в экстренных ситуациях клавиш.

Прикладное оборудование

Современные шоу-представления становятся все более впечатляющими и грандиозными, интегрируя звук с системами виртуального сценического превращения, компьютерными мультимедийными системами, огромными видеоэкранами, системами обратного проецирования, перемещающимися прожекторами, компьютерной анимацией в реальном времени, генераторами изображений... Список можно продолжать бесконечно долго. В идеальном варианте за каждую технологию должен отвечать специалист в конкретной области. Существует также проблема обеспечения слаженной, последовательной работы такой системы. Поэтому взаимосвязь и планирование являются решающими факторами, определяющими удачу или провал всего представления.

Автоматическое устранение обратной связи (самовозбуждения)

Еще одна из возможных областей применения автоматизированных систем - автоматическое предотвращение самовозбуждения системы, позволяющее освободить звукоинженера от рутинного и трудоемкого процесса выявления и устранения обратной связи. Здесь звук преобразуется в цифру, и путем анализа выявляются и устраняются частоты, способные привести к самовозбуждению системы. В силу того, что прибор работает с цифрой, фильтрация происходит с высокой степенью точности (в пределах нескольких герц, независимо от частоты). Реакция пользователей на появление первых подобных приборов была очень различной - от восторга до полного неприятия. Все зависит от задач, возлагаемых на устройство. Выход один - взять у кого-нибудь на время или арендовать прибор, прежде чем решить вопрос о его приобретении. Если в ваших условиях он работает достаточно эффективно, то действительно поможет достичь более высоких уровней сигнала без риска возбуждения системы и сконцентрироваться на других проблемах, таких, как собственно микширование.

Приборы SL-620 и SM-620 фирмы Sabine предназначены для борьбы с акустической обратной связью. Преобразование 16-бит AD/DA. Имеют 6 автоматических цифровых режекторных фильтров с регулируемой шириной 1/5 или 1/10 октавы. Динамический диапазон > 92 dB. Полоса частот 20 Hz – 17 kHz (+/- 0,75 dB).

Новые модели цифровых приборов (20-бит AD/DA) фирмы Sabine предназначены для подавления акустической обратной связи (ПАОС). FBX-1020+ (1 канал) и FBX-2020+ (2 канала) имеют 12 режекторных фильтров на канал, что позволяет вам увеличивать уровень звука на 3 – 4 dB. Динамический диапазон > 110 dB, ширина фильтров 1/5 или 1/10 октавы.

12

Проблемы и их решение

Введение

Природа "живого" звука такова, что даже в одном зале невозможно воссоздать одинаковые условия работы. В этой главе мы рассмотрим методы борьбы с сетевыми наводками, интерференцией (в радиочастотном и световом диапазоне), самовозбуждением, а также способы изменения акустических свойств помещения.

Интерференция

Любая система подвержена внешнему воздействию других приборов. Для "живого" звука эта проблема сильно обостряется в силу того, что приходится выступать в различных помещениях, каждое из которых таит в себе неприятные сюрпризы. Можно выделить три вида интерференции:

- Излучение.
- Индукция.
- Кабельная интерференция (сетевые наводки).

- Кабельная интерференция (сетевые наводки).

Излучение

Избежать воздействия излучения, передающегося через воздушное пространство, практически невозможно. Конечно, можно защититься от его влияния с помощью больших металлических экранов (или заземленных решеток), однако единственный практически реальный способ - попытаться подавить интерференцию в самом ее источнике. Это достигается за счет помещения в источник интерференции специальных емкостей и электронных компонентов переходного типа, которые рассеивают энергию, не позволяя прибору войти в режим излучения. Они могут помещаться в переключатели света, моторы и подобное оборудование. Фирмы Maplin Electronics и Radio Spares (Electroplan) занимаются производством такого оборудования. (Так как приходится работать с большими напряжениями, работу по установке подобной аппаратуры рекомендуется поручить квалифицированному электрику).

Конечно, в процессе концерта у вас ограничены возможности что-либо предпринять. В этом случае можно попытаться отказаться от использования приборов, излучающих энергию, попробовать переориентировать их в пространстве или переместить в другое место.

Если интерференция сильно влияет на микрофонные кабели, можно снизить ее воздействие, заменив их на более дорогие, использующие че-

тыре скрученные вместе изолированные жилы, хотя в мультикорах такие кабели не применяются. Иногда помогает уменьшение длины кабелей и устранение их переплетений (витков), образующих воздушные петли. В подобных ситуациях оправдано и применение экранированного кабеля. Разные типы кабелей в разной степени снижают влияние интерференции. Экран из оловянной фольги дает лучший результат по сравнению с экраном из одного плетеного провода. Двойные плетеные экраны обеспечивают достаточно хорошую защиту, однако качество таких кабелей сильно зависит от фирмы-производителя. Кабели с проводящими экранами (conductive screened cables) хорошо работают не на всех частотах (как и их фольгированные аналоги), но иногда используются как сами по себе, так и для поддержки кабелей с плетеным экраном. Хотя по сравнению с кабелями, использующими фольгированный экран, эти кабели дешевле, легче и гибче, вам следует хорошенько подумать, прежде чем вы остановите свой выбор на этом типе, ведь на другой чаше весов стоит качество и стабильность звука "живого" концерта. Нет сомнения, что некоторые производители не согласятся с приведенными выше доводами и, может быть, в некоторых случаях будут правы, однако стопроцентная уверенность в том, что у вас не возникнет проблем, стоит многого. Редко когда услышишь при покупке того или иного товара: "Если у вас возникнут какие-либо проблемы с нашей продукцией, вы можете вернуть ее обратно", так что лучше перестраховаться, ведь, как говорится, "скупой платит дважды".

Радиомикрофоны

Излучение порождает проблемы и при использовании радиомикрофонов. В результате излучения появляются "мертвые" зоны и области некорректного приема радиосигнала. Для повышения стабильности радиосистем источник необходимо располагать как можно ближе к приемнику. Все что вы можете сделать - это проверить работу системы в конкретном помещении на различных радиочастотах и надеяться, что все будет в порядке. Как уже говорилось ранее, неплохо иметь в качестве запасного варианта кабельную микрофонную систему. Необходимо быть уверенным в том, что используемая радиосистема работает на разрешенных частотах. Это поможет избежать множества проблем, поскольку рабочая частота в этом случае не будет пересекаться или находиться в непосредственной близости от частотного диапазона, используемого другими радиосистемами (любительскими, системами связи, такси, и им подобными).

Индукция

Если несколько приборов расположены рядом, то они могут оказывать друг на друга влияние посредством емкостных и индуктивных эффектов. В основном ответственны за эти явления кабели, хотя существуют типы рэковых приборов, которые не должны монтироваться в одной стойке. В этом случае единственный выход - размещение приборов на достаточном удалении друг от друга. Не путайте индуктивные помехи с помехами, вызванными земляными петлями, проблемы борьбы с которыми будут рассмотрены позднее.

Для устранения индуктивного влияния между кабелями рекомендуется применять только высококачественные экранированные кабели (хотя экранирование применяется в основном для защиты от помех, вызванных излучением). Используйте, где это возможно, сбалансированные систе-

мы*. Кабели не должны образовывать петли. В местах, где невозможно избежать пересечения с кабелями высокого напряжения (сетевые провода, кабели светового оборудования и компьютеров), они должны пересекаться под углом в 90°. Это способствует снижению уровня интерференционных помех. Конечно, самое кардинальное решение вопроса - увеличение расстояния между кабелями, однако это не всегда возможно реализовать на практике. Если вам удастся разнести аудиокабели и кабели осветительного оборудования по разным частям зала, то и это уже неплохо.

Наводки по сети

Даже в том случае, если вы расположили аудиокабели параллельно кабелям осветительного оборудования на достаточном расстоянии друг от друга, все равно существует возможность взаимовлияния через сетевые провода питания приборов.

Помехи могут распространяться как по воздуху, так и по сети питания и попадать в прибор через сетевой шнур. С этим видом интерференции бороться проще всего. Применение раздельных контуров источников напряжения может снять большинство проблем, однако в целях дополнительной защиты можно использовать специальные устройства развязки питания. Это небольшие коробочки, содержащие фильтры и контуры подавления переходных процессов, позволяющие минимизировать влияние интерференции этого типа.

В экстремальных случаях можно рассмотреть проблему использования различных приборов, стабилизирующих напряжение. Устойчивость работы компьютерных систем резко повышается за счет применения приборов бесперебойного питания UPS. Подобного рода оборудование позволяет избежать пагубного влияния колебаний напряжения в сети (10-процентное падение напряжения в сети - обыкновенное дело).

Примечание

Для снижения влияния индуктивных помех необходимо прокладывать кабели на возможно большем расстоянии друг от друга. Если это не представляется возможным, то они должны пересекаться под углом 90°.

Разделение по питанию

Четкое разделение по питанию играет важную роль в снижении сетевых наводок. При раздельном питании каждый прибор подключается к независимой розетке. Необходимо всегда разделять осветительные и аудиоприборы. Относитесь к этому предельно внимательно и не смешивайте различные фазы при соединении своего оборудования. К счастью, это в большинстве случаев сделать невозможно, но тем не менее делайте все необходимое, чтобы избежать такой ситуации.

Оборудование может быть выведено из строя трехфазным питанием. Если вследствие вашей халатности произошел несчастный случай, то вас не оправдает даже соблюдение норм обычной техники безопасности (которую не следует нарушать ни в коем случае).

"Земляные" петли

При коммутации любого количества приборов (даже двух) возникает вероятность образования "земляных" петель. Даже если кто-нибудь посоветует вам сделать это, НИКОГДА НЕ ОТСОЕДИНЯЙТЕ ОСНОВНОЕ

* Автор, видимо, имеет в виду систему симметричной линии передачи сигналов. Сбалансированная линия является разновидностью симметричной - чаще всего линии балансируют с помощью симметрирующих трансформаторов. Следует также помнить, что любой кабель длиннее 5 метров должен быть симметричным. - *Примеч.* ред.

Внимание

Никогда не отсоединяйте основное заземление прибора. Это очень опасно и может привести к летальному исходу.

ЗАЗЕМЛЕНИЕ ПРИБОРА. Это очень опасно и может привести к летальному исходу. Существуют другие способы решения этой проблемы.

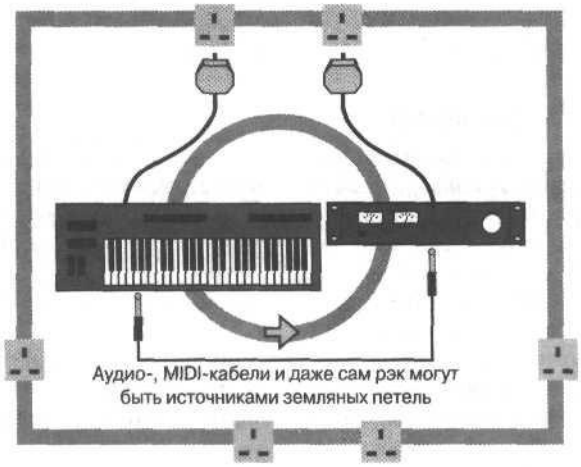
Некоторые могут уверять вас, что нет ничего страшного в том, что основная "земля" одного из скоммутированных приборов висит в воздухе, ведь другой прибор заземлен. Это не так, по крайней мере не всегда так - хотя прибор и имеет потенциал "земли", но в случае различных неполадок через него может проходить достаточно сильный ток.

Заземление - необходимая мера безопасности, и несоблюдение правил заземления к добру не приведет. Оно предотвращает возникновение высоких потенциалов на металлических поверхностях приборов. Не решайте проблемы инсталляции аудиооборудования за счет удаления основного заземления.

Каким же образом избежать возникновения "земляных" петель? Для начала все скоммутированные приборы должны брать питание из одной и той же точки с помощью системы блоков питания, соединенных последовательными короткими проводами. Это еще один аргумент в пользу компактного размещения оборудования. Такой поход обеспечивает максимально равный потенциал заземления. Избегайте дешевых блоков питания. Это приводят к возрастанию сопротивления соединения и не обеспечивает хорошего заземления для аудиоприменений (общее сопротивление заземления аудиосистемы не должно превышать 1 Ohm). Общее подключение снимает 60% всех проблем, связанных с земляными петлями.

Для начала необходимо определить источник шума - "земляные" петли, шумы самого прибора, отсутствие заземления или другие причины, например индукция. Начинать следует с изолированной системы и последовательно подключать прибор за прибором (начиная с усилителя и динамиков).

Обычная цепочка питания

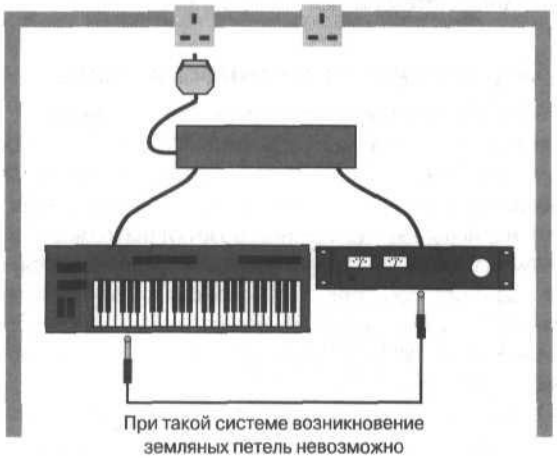


Если возникают помехи, попробуйте отсоединить сетевой шнур. Если жужжание прекращается мгновенно (а не спадает постепенно), то причина шума - "земляные" петли. Виновником возникновения этих петель может стать MIDI-кабель, а также кабель, соединяющий SCSI-оборудование. Необходимо проверить, пропадают ли помехи при отсоединении входных кабелей. Если это так, то вы знаете, с чем бороться.

В этом случае можно коммутировать приборы кабелем, в котором соединены только сигнальные контакты, а "земля" на одном из его концов

висит в воздухе. В джековом разъеме экран может висеть в воздухе (в разъемах типа XLR это контакт номер 1, а в разъемах типа DIN - средний, номер 2). Помните, что это может потребоваться для всех каналов (вход, выход, дополнительные каналы). Если этот метод способствует решению проблемы, то у вас есть несколько вариантов - использовать переделанные таким образом провода, соответствующим образом модифицировать разъемы оборудования или пометить цветной лентой разъемы, которые должны соединяться кабелем без заземления экрана. У каждого метода есть свои слабые и сильные стороны, однако для мобильного использования систем звукоусиления вы скорее всего выберете наиболее гибкую и быструю в инсталляции систему с использованием незаземленного кабеля-переходника).

Система распределенного питания



При такой системе возникновение земляных петель невозможно

Для ленивых предлагается еще один метод - последовательно соединенное с экраном сопротивление, номинал которого выше сопротивления "земляных" петель. Обычно впаивают сопротивления 100-600 Ohms, также обеспечивающее дополнительную защиту в виде проводящего экрана, который выполняет свою функцию лучше, чем экран, соединенный с "землей" только на одном конце кабеля. В конечном счете выбор того или иного метода остается за вами. Для увеличения мобильности инсталляций звукоусиливающей системы следует увеличить величину сопротивления, поскольку в разных залах сопротивление "земляных" петель может варьироваться в достаточно широких пределах.

Если помехи не пропадают сразу же после отсоединения провода, это может означать, что они имеют индуктивную природу или приходят с других входов или соединений. Необходимо проверить все входы, отсоединяя соответствующие кабели. Если это не помогло, проверьте расположенное рядом оборудование - не является ли оно источником индуктивных помех (довольно часто усилители мощности являются источником индуктивных наводок на процессоры эффектов, располагаясь, например, в одной с ними рэковой стойке). Еще одной причиной возникновения земляных петель могут стать металлические корпуса приборов, расположенных в одной рэковой стойке. В этом случае их следует изолировать от рэковой стойки и друг от друга.

Если же отсоединение "земли" кабеля, рассоединение входа, удаление прибора из рэковой стойки не помогают разрешить проблему, можно

предположить, что прибор шумит сам по себе. Иногда помогает дополнительное заземление (об этом говорится ниже), поскольку собственное заземление может оказаться не достаточно качественным (т.е. "нечестный" блок питания).

"Земляные" петли или отсутствие основной "земли"?

Если вы предприняли все возможное, чтобы удалить "земляные" петли, но это не решило проблемы, то, может быть, источник помех кроется в плохом заземлении прибора. Это просто проверить. Необходимо взять заземленный провод и соединить его с точкой, в которой предполагается отсутствие заземления (например, со стойкой рэка). Если это помогло, ищите причину плохого заземления или (если причину установить не удается) дополнительно заземлите прибор.

Ограничители мощности звука

Примечание

Помните, что громкость – понятие относительное, и если вы не можете поднять верхний порог полезного сигнала, то необходимо попытаться снизить верхний пороговый уровень различного рода шумов (если это, конечно, возможно).

Необходимо также упомянуть об ограничителях мощности звука, которые во многих залах устанавливаются местной администрацией. Хотя зачастую кажется, что они не позволяют использовать необходимые уровни громкости для того или иного выступления, тем не менее обходить их, используя удаленные розетки (находящиеся, скажем, в кухне), не рекомендуется. Эти ограничители устанавливаются, исходя из акустических свойств зала и требований закона к допустимому уровню шума в том или ином помещении. Игнорируя их, вы фактически нарушаете закон, подвергая аудиторию потенциальной опасности и лишая спокойной жизни соседей*.

К тому же использование удаленных розеток питания увеличивает нестабильность питания, затрудняя защиту от бросков по питанию, вызванных подключением энергоемких электрических приборов - духовых шкафов, холодильников, посудомоечных машин и так далее**.

Освещение

Основной источник помех для аудиосигнала - осветительные системы. Диммерные стойки являются сильным источником излучения и индуктивных наводок. Старайтесь разносить аудиокабели и кабели осветительных приборов на возможно большее расстояние, пересекая их исключительно под прямым углом. Снижению уровня интерференционных помех способствует применение специальных микрофонных кабелей (Star Quad), поскольку они имеют более эффективную экранную защиту (оловянную фольгу).

Кроме увеличения расстояния между кабелями и расположения их под прямым углом в местах пересечения снизить влияние излучения можно за счет режекторных фильтров. Что же касается питания, то следует дважды убедится в том, что аудио и осветительные системы развязаны по питанию!

---

* В России с подобными проблемами, по-моему, пока еще никто не сталкивался. - *Примеч.* ред.

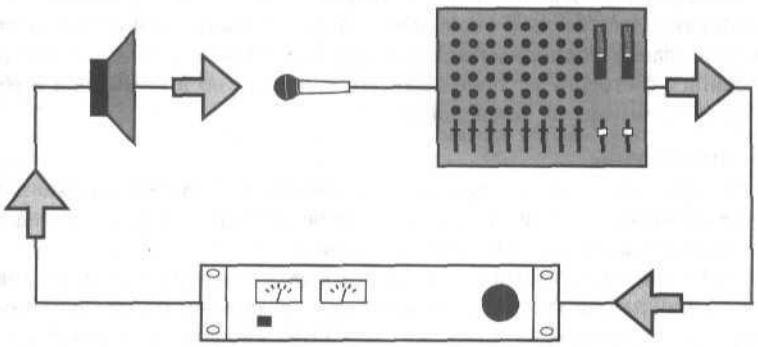
** Работа от силовых установок, не предназначенных для аудиооборудования, - верная гарантия криминального звука и ненадежности системы. - *Примеч.* ред.

Самовозбуждение

Вопросу самовозбуждения можно посвятить отдельную книгу. Возможно, для "живого" звука это проблема номер один и вы наверняка с ней сталкивались.

Самовозбуждение возникает в том случае, когда звук динамиков снимается микрофонами (или другими приемниками звука, например гитарными датчиками), переусиливается и процесс развивается по спирали до тех пор, пока не превратится в мощный рев или свист. Если сами по себе источники звука имеют достаточный уровень громкости (например, громкий вокал), то особых проблем не возникает, однако во многих случаях приходится все же увеличивать уровень усиления, приближаясь к критической точке, и молить бога, чтобы система не возбудилась.

Возбуждение возникает на резонансных частотах, зависящих от конкретного помещения и используемой аппаратуры. Скорость его возникновения и распространения равна скорости звука (330 m/s), поэтому имеет характер непрерывного гула, а не повторяющихся звуков. Однажды возникнув, возбуждение развивается циклически и уже не зависит от расстояния между микрофонами и динамиками, так что не представляется возможным определить его частоту.



Цикл самовозбуждения – на каждом проходе звук усиливается, пока не превратится в мощный рев. Можно избежать зацикливания. Для этого следует: снизить общий уровень усиления; подавить резонансную частоту с помощью эквалайзера; расположить микрофоны таким образом, чтобы они не смотрели в сторону динамиков.

Любая система, имеющая положительную обратную связь входа и выхода (то есть все звукоусиливающие системы), становится нестабильной, если усиление или глубина обратной связи достигает критической отметки. В нашем случае обратная связь возникает между микрофонами и динамиками, поэтому расположение их в непосредственной близости друг от друга приводит к таким катастрофическим последствиям. Степень усиления зависит от того, какой громкости звука необходимо добиться в зале. Посильную помощь в повышении стабильности работы системы могут оказать увеличение эффективности отдачи динамиков, их дисперсионная направленность, чувствительность микрофонов и знание индивидуальных возможностей исполнителей*.

Выбор микрофона и нюансы его использования

Доминантная резонансная частота системы зависит от естественного резонанса диафрагмы микрофона и диффузора динамика. К сожалению, резонансная частота наиболее часто применяемых в концертной деятельности

* А также повышение избыточной мощности системы - дорого, но эффективно. - *Примеч.* ред.

Примечание

Намного проще и естественнее для звука подавить какую-либо частоту, чем усилить ее. Усиление ведет к неестественному окрашиванию звука, повышению уровня шума и увеличению вероятности возбуждения системы.

динамических микрофонов находится в районе 2 kHz. Эта частота очень важна, и ее подавление эквалайзером самым негативным образом отражается на звуке. Ленточные микрофоны обладают естественным резонансом, располагающимся в верхней части диапазона частотного спектра, что значительно снижает вероятность самовозбуждения. Именно поэтому звукоинженеры постоянно прибегают к использованию ленточных микрофонов, таких как Beyer M260 и M88, специально приспособленных для суровых условий гастрольной деятельности.

Емкостные микрофоны обладают естественным резонансом вблизи частоты 8 kHz, что также хорошо согласуется как с требованиями к чистоте звука, так и с возможностями по устранению самовозбуждения. При необходимости управление возбуждением можно осуществлять за счет небольшого подавления высоких частот.

Возможно применение микрофонов, окрашивающих частотную характеристику. Например, пик на частотной характеристике микрофона означает усиление этой частоты, провал - подавление. То же происходит для некоторых направленных микрофонов при усилении басов (эффект приближения). Однако если в таком усилении нет необходимости, то лучше избежать его, чем подавлять на выходе при помощи эквалайзера*.

Уменьшить вероятность возбуждения можно при более близкой работе с микрофоном или за счет применения гипер- и суперкардиоидных микрофонов. Исполнителю необходимо быть предельно внимательным при использовании подобных направленных микрофонов (нельзя сильно отклоняться в сторону от принимающего капсюля), но в целом они имеют больше преимуществ, чем недостатков.

Размещение

Следует размещать микрофоны и динамики разумно. Исполнители тоже в состоянии следить за тем, чтобы не оказаться напротив передней части колонок (по крайней мере портальных).

Здесь следует отметить, что даже колонки закрытого типа излучают сигнал с обратной стороны, так что и при правильном размещении (микрофоны направлены от колонок) существует вероятность возбуждения. Поэтому необходимо выносить колонки вперед, а в идеальном варианте их фронтальная часть должна быть направлена немного в сторону от ближайших микрофонов.

Для отраженного сигнала такой ясности нет. Уровень отраженного от задника сцены сигнала можно понизить за счет применения звукопоглощающих материалов. В нашем случае возбуждение возникает на средних частотах (около 2 kHz), поэтому вполне могут помочь драпировка или занавески (желательно с воздушной прослойкой между ними и стеной приблизительно в 15 cm) - в театрах такое оформление сцены практически является стандартом. Занавески должны быть сделаны из плотного толстого материала и перекрывать всю заднюю часть сцены от пола до потолка и от левой стены до правой. Для улучшения поглощающей способности рекомендуется обить заднюю стену акустической плиткой или плотным шерстяным материалом, что позволяет гасить сигнал, прошедший через занавески, прежде чем он отразится от стены (это касается в основном центральной зоны, на которую приходит отраженный сигнал более высокого уровня).

* Иногда использование микрофонов с "окраской" звука позволяет минимизировать эквализацию. - *Примеч.* ред.

Театральный занавес задней части сцены плохо поглощает звук и достаточно хорошо отражает высокие частоты - остается лишь надеяться, что их отражение не будет иметь серьезных последствий. Занавес необходимо закрепить на расстоянии 30-60 cm от стены и разместить за ним звукопоглощающий материал, демпфирующий отражения сигнала от стены. Также желательно приложить усилия по снижению отражений сигнала от больших колонн и потолка над сценой.

Самовозбуждение на низких частотах имеет свои особенности, которые необходимо учитывать. На этот процесс могут влиять стоячие волны, возникающие благодаря акустическим особенностям помещения. Акустические гитары чувствительны к возбуждению от низкочастотного сигнала. Передается он и через пол, и через микрофонные стойки (их следует изолировать резиновыми прокладками).

Размещение динамиков

Мы уже обсуждали проблему взаимного расположения динамиков и микрофонов и его влияние на возбуждение (микрофоны и динамики не должны располагаться лицом друг к другу). Менее очевидно возбуждение, вызванное отраженным сигналом. Избежать его можно за счет определенной расстановки динамиков и размещения их под различными углами наклона в вертикальной плоскости.

Направляя колонки в сторону от боковых стен помещения и наклоняя вниз (на последние ряды аудитории, а не на заднюю стену), можно уменьшить количество отраженного сигнала. Находящиеся на возвышении незаполненные зрителями сидячие места очевидно усиливают нежелательные отражения. Аудитория сама по себе является хорошим поглотителем звука, поэтому заполненный зрительный зал или мягкая обивка кресел способствует уменьшению реверберации.

Угол наклона колонок или массива колонок легко устанавливается на глаз. Нижняя часть массива должна находится на уровне глаз зрителей, сидящих в первых рядах, а верхняя - на уровне глаз людей, занимающих последние ряды зала. Для сидячих мест на возвышении или на балконах можно применять аналогичную методику, изменяя угол наклона (колонки смотрят не вниз, а вверх).

Если помещение достаточно "глухое", то возможно использование двух портальных систем. В этом случае для избежания прямых отражений пару колонок, расположенных ближе к противоположной стене зала, необходимо больше разворачивать внутрь*.

Примечание

Улучшению качества низкочастотного сигнала способствует применение подвесных деревянных панелей в местах голых кирпичных стен или поверхностей со специальным рельефом. Они поглощают низкочастотный звук, уменьшая на этих частотах уровень отраженного сигнала, что в конечном итоге значительно улучшает качество звука.

Резюме

- Для того, чтобы избежать прямого отражения от противоположной стены зала и от боковых стен, порталы должны быть развернуты и наклонены на аудиторию.
- Для снижения уровня сигнала, отраженного от задней стены сцены, можно ее задрапировать или обить звукопоглощающим материалом.
- Микрофоны должны быть направлены в противоположную от динамиков сторону.
- Порталы необходимо выносить вперед микрофонов и разворачивать их немного в сторону. Это сведет к минимуму возможность возбуждения.

---

* Не рекомендуется устанавливать басовые громкоговорители непосредственно на полу, особенно на полу сцены. Лучше использовать фирменные конструкции высотой не менее 0,5 т. - *Примеч.* ред.

Примечание

На практике вы поймете, что настройка эквалайзера нуждается в небольшой корректировке после того, как зал будет заполнен, поскольку при этом меняются его акустические свойства.

Другие методы предотвращения самовозбуждения

Настройка графического эквалайзера

Еще одним методом устранения обратной связи является эквализация. Чаще всего для этих целей применяется 31-полосные графические эквалайзеры. Для поиска резонансной частоты могут потребоваться манипуляции двумя соседними слайдерами. Для начала увеличьте уровень сигнала, пока система не войдет в состояние возбуждения. Затем подавляйте по очереди все частоты, перемещая соответствующие слайдеры вниз. Если перемещение того или иного слайдера не дает никакого эффекта, то верните его в прежнее состояние. Если таким образом вы обнаружили резонансную частоту, то придавите ее до положения стабильной работы системы. Затем снова увеличьте уровень сигнала. Возбуждение может произойти как на той же, так и на другой частоте. Процедура повторяется необходимое количество раз.

Набравшись достаточно опыта, вы сможете определять резонансную частоту на слух. В качестве небольшого руководства ниже приведена таблица частотных диапазонов, на которых чаще всего возбуждается звукоусиливающая система.

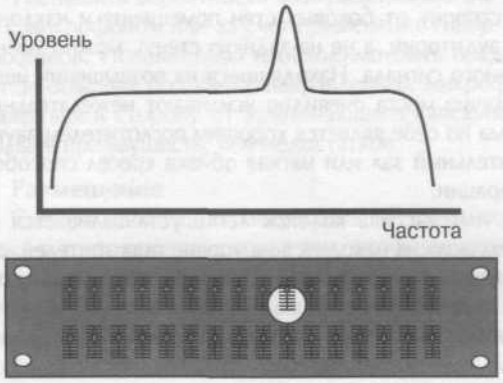


График частоты самовозбуждения системы показывает выявление и подавление резонансной частоты при помощи графического эквалайзера. Возбуждение может возникать на нескольких частотах, поэтому процедуру, возможно, придется повторить несколько раз.

Резонансные частоты

Звук, возникающий при возбуждении	Частотный диапазон
Гудение	250-500 Hz
Вой	1 kHz
Свист	2 kHz

Маловероятно, что система возбудится в диапазоне частот 8-16 kHz или 16-62 Hz, так что передвигать соответствующие слайдеры следует в самую последнюю очередь.

Режекторные notch-фильтры

В качестве альтернативы графическому эквалайзеру для подавления возбуждения можно использовать так называемые режекторные notch-фильтры. Эта аппаратура сравнительно недорога и позволяет очень тонко (в пределах нескольких герц) настраивать диапазон подавляемых частот. Некоторые приборы имеют несколько подобных фильтров, что позволяет подавлять одновременно разные резонансные частоты. Поскольку диапазон подавления очень узкий, это практически не сказывается на качестве звука.

Достоинством режекторных фильтров является и то, что, подавляя резонансные частоты самовозбуждения, они одновременно снижают уровень реверберации (возникающей примерно на тех же частотах), способствуя повышению четкости звука.

Частотные характеристики всех приборов имеют пики и провалы. На некоторых частотах динамики могут иметь пики более 10 dB. С точки зрения мощности усилителя 10 dB - довольно большая величина. Таким образом, если динамик имеет пик в 10 dB, то для того, чтобы избежать возбуждения системы, возможно, придется снизить выходную мощность усиления на эту величину. Применение режекторного фильтра, подавляющего резонансную частоту, позволяет поднять уровень сигнала.

Естественно, в аналогичном режиме можно использовать и обычный 31-полосный эквалайзер, однако следует понимать, что каждый слайдер воздействует на достаточно широкий диапазон частот, поэтому подавление резонансной частоты ощутимо сказывается на качестве звука. Очень часто встречаются ситуации, когда невозможно выявить частоту, на которой происходит возбуждение системы с помощью только одного слайдера и приходится манипулировать двумя соседними слайдерами для подавления граничной резонансной частоты. Это, естественно, еще сильнее влияет на качество звука.

Режекторные фильтры обладают тонкой регулировкой частоты и фазы. Если сместить фазу на 90°, то выбранная частота не будет подвергаться подавлению, приводя лишь к смещению пиков. При смещении фазы на четверть частота подавляется на половину. Если пик шире полосы подавления, то вместо одного большого появятся два маленьких пика. Увеличение глубины подавления увеличивает провал между этими пиками.

Подводя небольшой итог, можно сказать, что для эффективного подавления резонансной области необходимо соответствующим образом настроить режекторный фильтр (частоту, глубину и фазу). При использовании графического эквалайзера вероятность точной настройки практически равна нулю.

И еще один момент - пик возникает не на одной частоте, а в некотором диапазоне. Обычно он имеет добротность 6 dB на октаву. Некоторые графические эквалайзеры позволяют выбрать такую добротность за счет переключателя, однако в других она строго фиксирована - 12 или 18 dB на октаву. Таким образом, диапазон подавления должен иметь ширину, соответствующую ширине пика (отсюда и взяло начало понятие ширины диапазона подавления notch width).

Смещение частоты

Для борьбы с самовозбуждением применяются приборы, основанные на задержке и смещении частоты. Устройство смещения осуществляет на 5 Hz сдвиг частоты, и теоретически, самовозбуждение невозможно поскольку входной и выходной сигналы не совпадают. На практике этот прибор только снижает вероятность возникновения нежелательного процесса, но не гарантирует решение проблемы на все сто процентов.

Применение приборов, смещающих частоту, естественно, влияет на качество звука. В силу того, что человеческое восприятие частоты логарифмично, а не линейно, каждая октава имеет разную ширину частотного диапазона. Например, октава от низкой ноты С (до) с частотой 262 Hz расположена в диапазоне частот от 262 Hz до 524 Hz, в то время как октава от более высокой ноты С (до) с частотой 1048 Hz (эта нота выше предыдущей на 2 октавы) лежит в границах 1048-2096 Hz. Таким образом, 5 Hz

имеют более высокий вес в процентном отношении для низких частот, чем для высоких.

Если взять еще более низкую октаву (131-262 Hz), то ноте С (до) соответствует частота 131 Hz, ноте С# (до диез) - 139 Hz. Таким образом, разница между этими двумя нотами (величина музыкального интервала - полутон) составляет 14 Hz, и следовательно, наши 5 Hz равны трети полутона. Если спуститься еще на октаву ниже, то сдвиг частоты на 5 Hz будет соответствовать сдвигу музыкального интервала более чем на половину тона (С= 66 Hz, С# = 69 Hz - разница в полутон равна 3 Hz). Для вокала (300-3400 Hz) смещение частоты на 5 Hz практически неощутимо. Для инструментального материала, как мы показали это ранее, этот сдвиг в области низких частот может оказаться значительным.

То есть если вы решили бороться с самовозбуждением таким методом, то подвергать обработке следует только средний и высокочастотный диапазон сигнала (вокал и инструменты, воспроизводящие звук верхних регистров), но ни в коем случае не бас-гитару или синтезаторные звуки низкочастотного диапазона. Эти инструменты можно разнести по разным подгруппам пульта и обработать только одну из них.

Устройства смещения частоты имеют 5 Hz генератор, размножающий фазированные варианты исходного сигнала и особым образом их объединяющий. В результате выходной сигнал сдвигается на 5 Hz. Как и все приборы обработки звука, он имеет не совсем линейную характеристику, поэтому сдвиг частоты и фазы для различных сигналов происходит несколько неравномерно, что приводит к хотя и небольшим, но все окрашивающим звук биениям частот*. В завершение заметим, что основное преимущество прибора смещения частоты заключается в том, что он не требует специальной инсталляции (предполагая, что калибровка остается постоянной), поскольку его работа не зависит от акустики того или иного помещения.

Задержка

Линии задержки в качестве средства предотвращения самовозбуждения звукоусиливающей системы малоэффективны. Теоретически все выглядит хорошо, и задержка исходного сигнала должна предотвратить возможность возбуждения, однако на практике такого не происходит, и если уж процесс начался, то он доходит до своего апогея. Кроме того, естественная реверберация помещения сама по себе является своеобразным источником задержки, и даже использование большого времени задержки (что недопустимо с точки зрения качества звука) не дает хорошего результата. Повысить эффективность этого метода можно за счет применения модулированной задержки, но это влияет на частоту тона сигнала, а стало быть, глубина модуляции жестко ограничена, да и улучшение не столь уж весомо.

Гейтирование

Следует заметить, что на гейт в смысле повышения стабильности работы системы не стоит возлагать никаких надежд с точки зрения возбуждения. Это, в общем, понятно, поскольку, он закрывается и не пропускает никаких сигналов на выход во время пауз в исполнении, когда и возбуждаться нечему. А если гейт открылся, то он пропускает весь сигнал и использовать его для подавления возбуждения бессмысленно.

---

* На самом деле устройство автоматического подавления обратной связи имеет гораздо более сложную схемотехнику. - *Примеч. ред.*

13

"Живой" звук в прикладных областях

Введение

Звук окружает нас со всех сторон, и высокие требования к его качеству не являются привилегией только музыкантов. В этой главе мы коснемся аудиопроблем в таких областях, как театральный звук, озвучивание конференций и выставок.

Звукоусиливающие системы используются практически повсеместно - в конференц-холлах, ресторанах, складских помещениях, на железнодорожных вокзалах, в музеях, выставочных залах, на презентациях, стадионах, аэровокзалах... Этот список можно продолжать бесконечно долго.

В подавляющем большинстве случаев аудиосистемы необходимы для усиления звука с целью донести его до большого числа слушателей, а не с целью поразить кого-нибудь сногсшибательной громкостью.

Исключение, может быть, составляют системы звукоусиления, использующиеся на железнодорожных вокзалах (депо), где необходимо привлекать внимание людей, находящихся в непосредственной близости от источников шума повышенной громкости (машин и механизмов).

Очень часто источником звука является не микрофон, а электронные устройства, например магнитофоны, лазерные проигрыватели (CD), компьютерные звуковые карты, CD-ROM и даже такие чисто музыкальные инструменты, как сэмплеры. Все это означает, что вероятность возникновения возбуждения (камень преткновения любой музыкальной системы усиления "живого" звука) здесь практически равна нулю. Комичность ситуации заключается в том, что для большинства прикладных систем нет никакой необходимости в высоких уровнях громкости.

Конструктивные особенности аудиосистем напрямую зависят от области применения и от решаемых задач и могут использовать многочисленные источники звука для питания множества маломощных динамиков, расположенных специальным образом и охватывающих ограниченные области. Некоторые из подобных систем могут быть выполнены в мобильном варианте и иметь радиосистему для управления из центральной студии. В таких случаях не обойтись без систем дистанционного (или местного) управления уровнем сигнала, а поскольку для распределенных систем характерно применение кабелей большой длины, то, возможно, придется прибегнуть к услугам систем 100-вольтных линий или локальных усилителей со сбалансированными линиями.

В подобных инсталляциях следует уделять особое внимание вопросам устранения интерференции, поскольку в них используется множество осветительных, компьютерных и электромеханических систем, каждая из ко-

торых тянет за собой шлейф проблем. Аудиосистема может даже интегрироваться с ними, а это требует применения изолирующих и согласующих устройств (например, распределительных коробок для преобразования уровней сигналов). Работа с таким большим количеством источников напряжения и кабелями огромной протяженности гарантирует возникновение проблем, связанных с "земляными" петлями. Вы должны быть уверены в корректной работе трехфазных источников питания и при подозрительном их поведении обращаться за помощью к квалифицированным электрикам. Если нет возможности установить четкий диагноз неправильного поведения системы питания или нет электрика, то рекомендуется воспользоваться развязывающим трансформатором.

В таких инсталляциях трудно обойтись и без стабилизаторов, поскольку призрачные надежды на стабильные источники напряжения довольно быстро рассеиваются.

В этой книге мы уже приводили общие рекомендации по использованию всего этого оборудования, конкретные же особенности инсталляции зависят от озвучиваемого помещения, так что остается только надеяться, что присущее вам интуитивное чувство звука выведет вас на верный путь. Вероятно, вы сочтете удобным применение радиопереговорных устройств для того, чтобы лично убедиться в надежной работе удаленных частей системы звукоусиления, не полагаясь на случай.

Системы озвучивания конференций

Ниже мы в общих чертах коснемся вопроса систем озвучивания небольших помещений для деловых конференций, которые, впрочем, без особых усилий модифицируются в мультимедийные системы озвучивания публичных презентаций.

Примечание

При озвучивании сложных с точки зрения посторонних шумов помещений с успехом применяются остронаправленные микрофоны-пушки. Однако, для обеспечения необходимой области приема может потребоваться большое количество подобных микрофонов. Кроме того, могут понадобиться дополнительные микрофоны для оппонентов и организации обратной связи.

Микрофоны

Для подобных целей рекомендуется применять не бросающиеся в глаза микрофоны, поэтому следует отказаться от моделей, которые необходимо держать в руке или закреплять на стойке. Этим критериям вполне удовлетворяют петличные микрофоны, обеспечивающие стабильный прием даже при перемещении оратора. Их можно легко закрепить на верхней одежде (например, на лацкане пиджака). Для большей свободы оратора на помощь приходят радиосистемы, но это достаточно дорогое удовольствие, а обмен микрофонами в процессе презентации не всегда возможен.

Большой популярностью для подобного рода применений пользуются PZM-микрофоны, которые можно установить на верхнюю поверхность трибуны или стола. Они обладают широкой зоной охвата и с успехом используются для озвучивания нескольких собеседников. Микрофоны этого типа имеют диаграмму направленности в виде полусферы, поэтому, возможно, потребуется применение экранов для снижения посторонних шумов.

Динамики

При озвучивании деловых конференций необходимо скорее не концентрированное усиление звука, а равномерное заполнение им всего помещения. Для этой цели идеально подходят небольшие маломощные динамики, монтируемые в соответствии с правилом "3 : 1" (расстояние между динамиками и слушателем должно быть втрое меньше расстояния между самими динамиками). Непосредственная близость системы к участникам конференции является положительным моментом для подобных применений. Может возникнуть необходимость и в обратной телефонной связи (для удовлетворения потребностям многоязычных систем).

Усилители

Для озвучивания деловых переговоров необходимо предельно осторожно подходить к нашей рекомендации по количеству мощности, приходящейся на каждого участника конференции (1 W) - цифру, возможно, придется сократить в два раза. В зависимости от размеров помещения следует применять либо уже проинсталлированную систему, либо систему 100-вольтных линий.

Монтируемый на поверхности микрофон очень удобен для проведения небольших конференций.

Мультимедиа

Мультимедиа - красивое название, объединяющее в одной системе звук, графику и компьютерную обработку. Мультимедийные системы широко внедряются во всевозможные отрасли, среди них:

- Индустрия развлечений - игровые системы, объемное и интерактивное телевидение.
- Пункты продажи и предоставления различного рода услуг (например, киоски и системы заказа такси).
- Информация и реклама - информационные табло на стенах домов, карты, музейные каталоги.
- Текущие каталоги - автомобильные серии, базы данных современной моды, системы моделирования одежды и причесок, позволяющие виртуально примерить то или иное новшество.
- Виртуальная реальность и моделирование - системы, позволяющие проводить различного рода эксперименты над виртуальным миром, прогнозировать маркетинг и так далее, (хотя в подобных областях звук не играет особой роли - он присутствует в виде фонового заполнения).
- Системы презентаций, подобные тем, которые используются на железнодорожных вокзалах и в мультимедийном интерактивном обучении.

Вы можете значительно улучшить качество звука компьютерной системы, если вместо встроенных или выносных компьютерных аудиосистем будете использовать обычные колонки, скоммутированные с соответствующим усилителем.

Большинство поставляемых вместе с компьютером аудиосистем относятся к низшему классу и предназначены скорее для индивидуального, нежели для группового применения. При этом многие звуковые карты имеют линейные выходы или по крайней мере перемычку, позволяющую снизить усиление (и шум) встроенного усилителя. В некоторых современных звуковых картах предусмотрен даже цифровой выход, который можно направить на высококачественный ЦАП (цифроаналоговый преобразователь) или использовать в качестве источника сигнала цифровой аудиосистемы.

Экранированные колонки

В компьютерных системах следует учитывать еще один фактор, а именно восприимчивость монитора к магниту динамика - под его воздействием картинка может расстроиться. Этот магнит может оказать разрушающее воздействие и на носители информации (гибкие и жесткие диски), если будет расположен в непосредственной близости от них. Такую возможность необходимо учитывать при размещении колонок. Некоторые производители выпускают колонки версии AV (аудио-видео). Это название они получили по области их применения (совместное использование с видео-

оборудованием, предъявляющим к колонкам аналогичные компьютерным требования). Колонки этого типа имеют магнитоэкранированные корпуса и стоят ненамного дороже обычных.

Безопасность

В любых процессах, в которые вовлечены люди (особенно обычная, неквалифицированная публика), необходимо соблюдать общепринятые меры безопасности.

Все оборудование и кабели необходимо защитить соответствующим образом - вы не вправе подвергать опасности жизнь и здоровье людей. Нельзя надеяться на то, что люди увидят кабель, преодолеют или обойдут то или иное препятствие. Оборудование должно находиться вне пределов досягаемости и быть соответствующим образом обозначено. Если предполагается, что публика расположится в непосредственной близости от оборудования, следует предпринять экстренные меры предосторожности по более тщательному его ограждению. Это избавит вас от пытливых и пронырливых типов, вечно пытающихся что-либо потрогать, и убережет от банального воровства.

14

Системы звукоусиления в действии

Введение

Одна из самых серьезных проблем, с которыми сложнее всего бороться в условиях "живого" исполнения само помещение. В этой главе мы кратко остановимся на некоторых физических проблемах, обусловленных акустическими особенностями залов.

Планирование

Поскольку вы не можете предвидеть все проблемы, с которыми придется столкнуться в том или ином помещении до тех пор, пока не увидите его воочию, ваш главный козырь - планирование и стабильно работающая система. В противном случае вы будете неприятно удивлены тем, как можно в спешке столько забыть и перепутать.

Настоятельно рекомендуется заблаговременно провести осмотр места выступления, прежде чем приступить к планированию и проработке отдельных деталей. Для того, чтобы концерт прошел гладко, постарайтесь получить максимум возможной информации о количестве исполнителей и инструментов, особенностях усиления, основе композиции (обычно - бас, барабаны, гармонические подклады), расположении сцены и исполнителей, требованиях к мониторной системе, размерах и расположении сцены и аудитории, необходимости специальных источников для записи или фонового звука, расположении источников питания и другого вспомогательного оборудования.

Этой информации достаточно для выбора типов микрофонов и их установки, определения схемы прокладки кабелей, определения необходимого количества колонок и усилителей, дополнительного и резервного оборудования. Предварительное планирование способствует уменьшению количества возможных конфликтных ситуаций и более гладкому проведению концерта.

Наряду с предварительным осмотром места предстоящего выступления необходимо сделать следующее:

- Продумать использование разрывов.
- Проверить работу аппаратуры и резервного обеспечения.
- Составить план действий и строго его придерживаться (удивительно, сколько важных моментов можно упустить в предконцертной лихорадке).

Примечание

Идеальное место расположения главной консоли – в центре зала, где вы слышите тот звук, что и большая часть аудитории.

Установка

Итак, вы прибыли в зал для организации представления. Вам необходимо сделать следующее:

1. Установить и подсоединить аппаратуру

Усилители и дополнительное оборудование должны находиться рядом с микшерным пультом, чтобы вы могли без помех управлять ими. В процессе выступления может потребоваться перекоммутация вышедшего из строя оборудования, и вряд ли вам, да и всем присутствующим понравится, если для этого придется прокладывать себе путь через зрительный зал или толкаться среди музыкантов.

В условиях хронической нехватки времени на инсталляцию концертной аппаратуры очень важно иметь возможность идентифицировать микрофоны со своего рабочего места. Исполнители в это время, как правило, мечутся по сцене, не обращая на вас ни малейшего внимания. Использование разноцветных ветрозащит, кабелей и ленты поможет решить эту задачу.

Необходимо также попытаться сгруппировать кабели, мультикор и каналы микшера по типу инструментов и их расположению на сцене. Хотя бы приблизительное соответствие источников звука на сцене управляющим ими каналам пульта значительно облегчает проведение концерта. Аналогично каналы должны быть сгруппированы по типу инструментов. Например, микрофоны подзвучки барабанов должны управляться с соседних линеек пульта.

2. Протестировать аппаратуру и запустить хорошо известную вам запись

Это поможет разогреть усилители, чтобы не обрушивать на них полную мощность в холодном состоянии. Одновременно, пока оставшаяся часть аппаратуры еще не установлена, вы получите первое впечатление о том, как звучит зал и насколько хорошо колонки охватывают все необходимое пространство.

3. Отрегулировать аппаратуру, следуя логическому порядку

Проведите эквализацию основных выходов.

Регулировку аппаратуры следует начинать с отстройки эквализации основных выходов. Этот процесс может включать в себя несколько этапов. Предварительную настройку эквалайзера можно провести по хорошо известной вам записи. Затем следует приступить к поиску и подавлению резонансных частот возбуждения системы (методика была подробно рассмотрена в предыдущих главах). Не давите резонансную частоту слишком сильно - это может негативно отразиться на качестве звука (обычно степень подавления не должна превышать 6 dB).

Отрегулируйте предварительное усиление и выставите приблизительные уровни.

Вы можете устанавливать предварительное усиление, пользуясь порталами или с помощью хорошо известного голосового тестирования. Необходимо быстро определить наиболее подходящий баланс между чувствительностью отдельных инструментов.

Установите уровни вокальных микрофонов.

Вероятнее всего, вокал будет самой громкой партией и с вокальными микрофонами возникнет больше всего проблем в смысле возможности возбуждения, поэтому следует начинать установку уровней именно с них.

Прослушивание

Прослушайте каждый инструмент в отдельности, а затем все вместе. Установите требуемый баланс между ними и необходимый для зала общий уровень. Возможно, придется перенастроить графический эквалайзер и осуществить поканальную эквализацию. Это поможет достичь известного компромисса между звуком, который хотелось бы иметь, и устранением возможности самовозбуждения системы. Вы добьетесь лучшего результата, если в процессе эквализации будете прибирать частоты, а не постоянно их "задирать".

Примечание

Установите необходимые уровни инструментов. Проинсталлируйте сценические мониторы и проведите их эквализацию с целью предотвращения возбуждения.

Регулировка усилителей

Установите уровни усиления, продиктованные конкретной обстановкой. Не забывайте, что раз уж вы установили мониторы и микрофоны, то перемещать их уже нельзя. Планирование и репетиции играют первостепенную роль в успехе или провале представления, где вы работаете с "живым" звуком и повторных прогонов не предвидится.

Работа на сборных концертах

При работе с несколькими коллективами не лишне иметь под рукой сценарий различных установок, поскольку недостаточно времени на то, что бы понять, какие коррективы необходимо внести в систему для той или иной группы. Даже при работе с одним коллективом может потребоваться изменение первоначальной регулировки для определенной песни (например, специальная установка эквалайзера или уровней).

Аварийные ситуации

Если во время концерта возникла непредвиденная ситуация, вы по достоинству оцените кнопку Solo и индикаторы, позволяющие локализовать неисправность и не травмировать аудиторию непотребными звуками. Локализовать неисправность можно также на слух с помощью герметически закрытых наушников.

Избежать подобных проблем поможет изучение уровней возникновения возбуждения во время репетиций. Если подобная ситуация уже происходила во время предконцертных прогонов, нельзя сидеть сложа руки, пассивно наблюдая за ходом событий. В вашей власти предпринять активные действия, например снизить уровень громкости определенных инструментов или переустановить эквалайзер, повышая тональную эффективность сигнала.

По мере заполнения зала порог самовозбуждения несколько поднимается, поскольку аудитория способствует увеличению звукопоглощающей способности помещения и снижению уровня отраженного сигнала, который играет свою черную роль в провокации возбуждения.

Показательные примеры

Классический концерт

В классической музыке большое значение придается объемности звука, поэтому методика использования близкорасположенных микрофонов не годится. Для снятия звука используется множество микрофонов, расположенных в окружающем пространстве. Применение той или иной методики размещения микрофонов зависит от музыкального произведения,

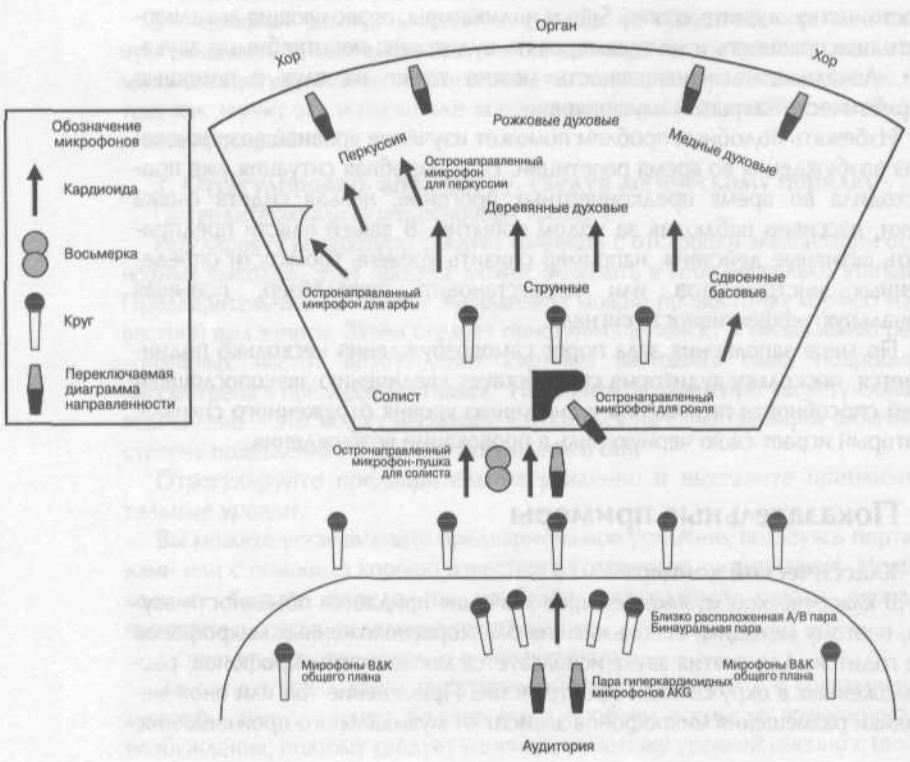
его инструментовки, числа солистов и других факторов. В рассматриваемом примере микрофоны используются для озвучивания телевизионной трансляции.

Описываемая методика связана с использованием множества микрофонов, расположенных в окружающем пространстве. Для того, чтобы втиснуть акустическое событие такого грандиозного масштаба в рамки небольшого стереополя, требуется высокая степень стереоразрешения, основой чего является тщательная расстановка микрофонов и точная регулировка баланса между ними. Место расположения исполнителей при необходимости может меняться за счет изменения расположения тех или иных микрофонов. Определенные коррективы можно вносить во время репетиций оркестра, однако в это время исполнители приспосабливаются к акустике помещения, поэтому звук может быть далек от концертного. Имея ограниченный запас времени, приходится полагаться на свой опыт, знание творчества того или иного композитора или использовать в качестве источника информации партитуру музыкального произведения.

Количество людей, находящихся в зале, ощутимо влияет на реверберационные свойства помещения, а следовательно, и на звук, что определяет необходимость внесения корректив в баланс микрофонов, находящихся на различном расстоянии от исполнителей. Точную подстройку системы необходимо провести в течение первых секунд исполнения быстро и незаметно для аудитории. Обычно быстрая корректировка параметров системы менее заметна, чем растянутая во времени.

Очень разумный подход как с точки зрения возможности выбора, так и с точки зрения повышения надежности - использование нескольких ми-

Классическая концертная аудиосистема



крофонных инсталляций, обеспечивающих требуемое звучание. Также очень важно отвлекаться на некоторое время от процесса управления балансом, для того чтобы получить свежее впечатление о звуке и о нюансах, которые вы, может быть, не заметили или к которым "прислушались" во время репетиций.

Применение компьютеров

В сложных перкуссионных партиях для каждого из исполнителей используются различные ритмические рисунки. В целях обеспечения стройной ритмической основы необходимо синхронизировать партии между собой. Для этого можно использовать компьютер, позволяющий воспроизводить метрономные треки различного темпа, обеспечивая тем самым дирижирование перкуссионными исполнителями через ушные мониторы. На программирование сложных перкуссионных партий иногда уходит до двух недель, так что вы можете себе представить сложность ручного дирижирования ими.

Во время исполнения может возникнуть ряд проблем. Например, выясняется, что на одном из стереомикрофонов уровень упал на 8 dB. Причиной этого может быть плохой контакт кабеля большой протяженности, так что неплохо на этот случай иметь резервную пару микрофонов. Или один из перкуссионистов выбивается из ритма, поскольку у него не работает метрономный трек (музыкант мог попросту забыть подключить ушные мониторы к линии). Или остронаправленный радиомикрофон, хорошо работающий на репетиции, во время концерта вдруг начинает собирать много интерференционных помех, так что приходится выставлять его уровень ниже требуемого. Но ничего не поделаешь - это "живой" звук.

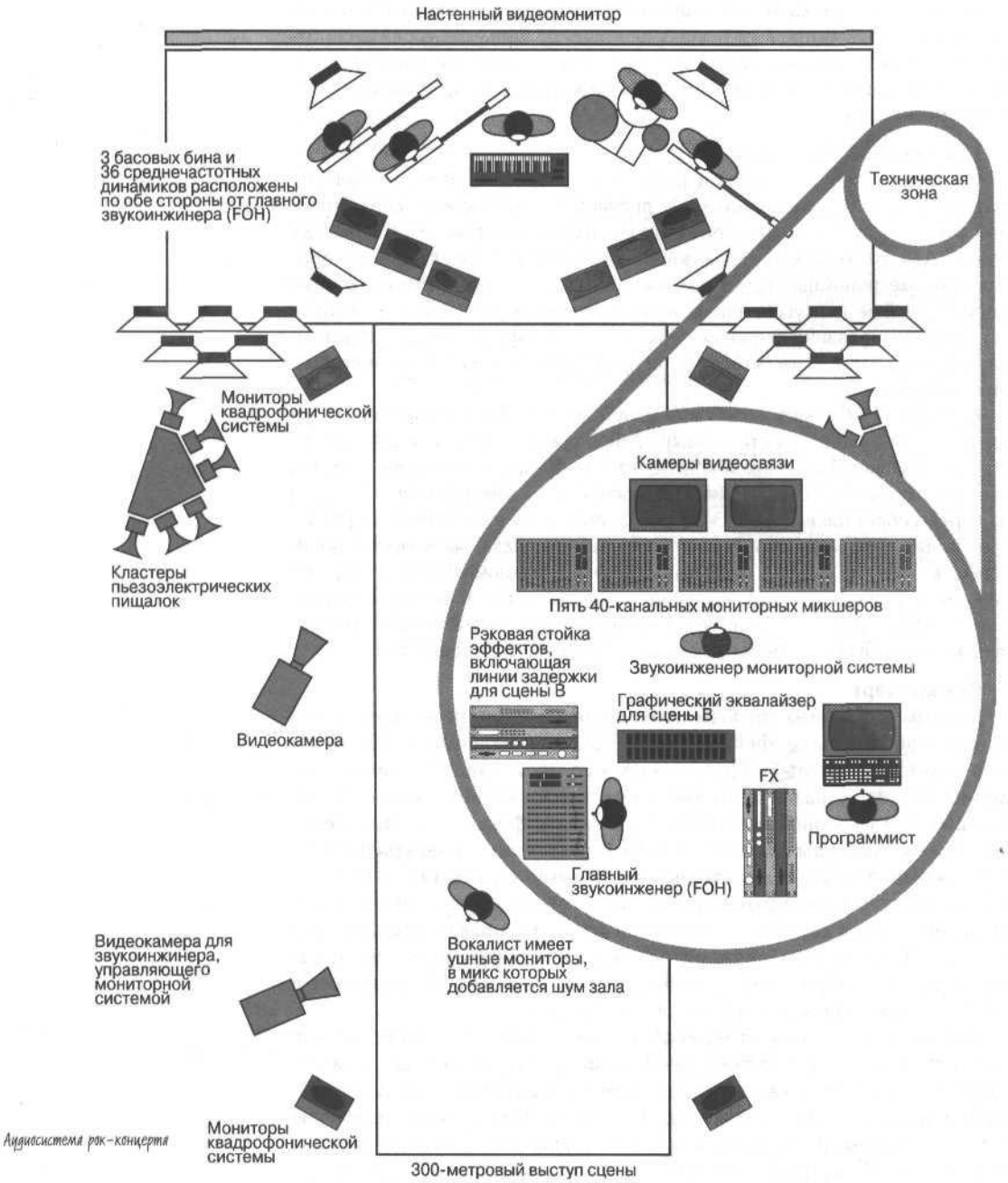
Рок-концерт

Многим известным группам приходилось выступать на прекрасной концертной площадке Sheffield Arena. Зал, рассчитанный на 12-тысячную аудиторию имеет Т-образную сцену со множеством настенных видеомониторов и различного рода подставок. Использование линий задержки для колонок позволяют удерживать фокус в центре сцены. Портальные массивы включают в себя 72 динамика и поддерживаются 6 басовыми бинами и двумя шестиполосными кластерами. Шестиполосные кластеры, расположенные по обе стороны сцены, ориентированы на ее центр и вниз на аудиторию и состоят из пьезоэлектрических пищалок. Возможность управлять направленностью кластера (вследствие очень узкой дисперсии) позволяет контролировать выпадения в областях, находящихся ниже основных порталов.

Основная консоль имеет 40 каналов (каждый из которых оборудован своим компрессором и гейтом), шесть дополнительных шин, шесть моногрупп, восемь оборудованных трехполосными параметрическими эквалайзерами дополнительных стереовозвратов. Консоль имеет VCA управление - любой фейдер может быть включен в супергруппу (фейдеры каналов, включенных в супергруппу, управляются от одного фейдера, но не смешиваются на отдельной шине).

Одна из основных проблем - необходимость добиться на "живом" концерте студийного звука группы. Для этого даже используются дополнительные микрофоны, позволяющие имитировать различные спецэффекты.

Для предотвращения возбуждения на малой сцене В (центр Т-образной сцены) применяется отдельный графический эквалайзер, тем не менее шум аудитории во многом определяет возможность возникновения обратной связи.



Аудиосистема рок-концерта

Было необходимо обеспечить квадрафонический мониторный микс, включающий панорамирование в центр Т-образной сцены. Этот процесс управляется с помощью джойстика, позволяющего без особого труда смещать полный микс каждого музыканта в соответствии с его перемещениями по сцене.

В дополнение к традиционным клиновидным мониторам и прострелам используются системы ушного мониторинга. Ушные системы обеспечивают высококачественный мониторинг, не требуя при этом использования сигналов высокого уровня, как это имеет место в традиционных системах. В микс ушных мониторов для поддержки драйва исполнителя добавляется шум аудитории. Мониторный микс формируется пятью консолями, имеющими около 200 каналов. Для обеспечения связи между техническим персоналом и музыкантами используются системы аудио- и видеосвязи.

Система имеет дополнительные рэковые стойки MIDI-приборов, расположенных в технической зоне. Они включают в себя пять управляющих клавиатур и рэки модулей, за работой которых следят отдельные программисты. Вмонтированный в рэк компьютер действует как "живой" дирижер, обеспечивая выбор синтезаторных звуков и визуальный контроль за сценарием концерта. Для управления метрономным треком барабанщика используются шейкерные сэмплы. Компьютер используется также для синхронизации видеоэффектов.

Необходимо особо отметить, что используемая система бесперебойного питания UPS обеспечивает работу в автономном режиме в течение 40 минут, что значительно повышает стабильность функционирования компьютерного оборудования.

Информация

Можно одновременно управлять работой около 36 телефонов и микшеров, расположенных как над, так и под сценой и укомплектованных рэковой стойкой программируемых эквалайзеров. Работу группы обеспечивают около сорока человек технического персонала.

Таблица используемых звуковых источников

Вокал	Радиосистема Samson / Shure Beta 58
Бочка	Beyer M88
Томы	Sennheiser MD421
Общего плана	B & K 4011
Малый барабан (верхний микрофон)	Beyer M88 и Shure SM57
Малый барабан (нижний микрофон)	Shure SM56
Супермалый (piccolo) барабан	B & K 4007 (с круговой диаграммой направленности)
Гитара	Shure SM57
Микрофоны аудитории	Sennheiser MD421
Клавиши и бас	Распределительные коробки

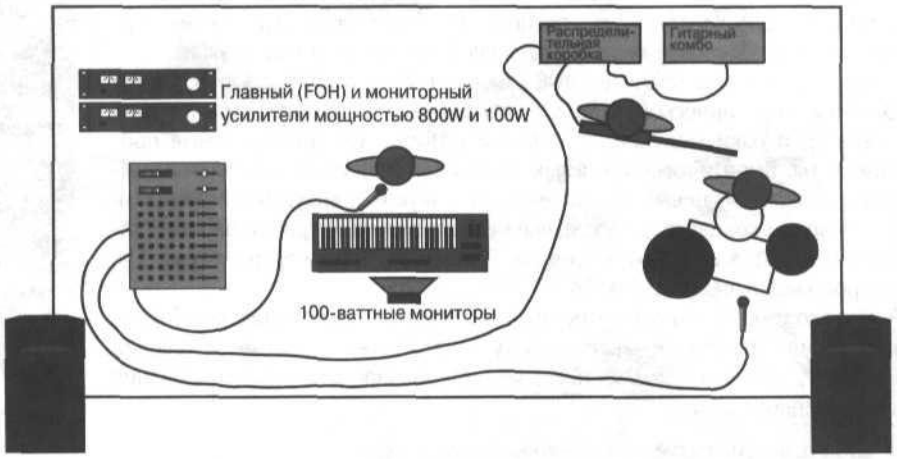
Рестораны

Небольшие составы, например, трио (пиано, бас, барабаны) выступают в небольших помещениях типа ресторанов, имеющих обычно форму буквы L. Основная проблема - маленькая сцена, поэтому клавишник и барабанщик располагаются очень близко друг к другу. Следовательно, певец должен кричать в микрофон, чтобы слышать самого себя. Это проблема решается за счет местной мониторной системы для клавишника.

Основная система звукоусиления работает через порталы, расположенные по краям сцены, поскольку аудитория, нуждающаяся в музыке, располагается именно в этой области. Остальная часть зала, включая бар на другой стороне L-образного помещения, озвучивается с помощью низкоуровневых систем звукоусиления постоянной инсталляции. Эти системы используются обычно для воспроизведения магнитофонной записи, когда нет "живых" исполнителей, и состоят из множества небольших 4-дюймовых динамиков, монтируемых на потолке на расстоянии трех метров друг от друга.

Для озвучивания аудитории численностью до 300 человек можно использовать 15-дюймовые динамики с рупорами, управляемые от усилителя мощностью 800 W. Для мониторинга используется усилитель мощностью 100 W, нагруженный колонками с 12-дюймовыми динамиками и твиттером.

Аудиосистема для озвучивания помещений ресторанного типа



Театральные постановки

Музыкальная постановочная система West End объединила 30 актеров, 50 детей, струнный квартет и группу с барабанами, перкуссией, французским рожком, гобоем, саксофоном, флейтой, двумя гитарами, электрическим басом и тремя синтезаторными станциями. Все это интегрировалось в квадрафоническую систему объемного (surround) звука.

Вокал озвучивался двумя кабельными микрофонами, все остальные потребности перекрывались за счет 24 радио- и нескольких узконаправленных микрофонов, включая три микрофона, подвешенных над оркестровой ямой. Из-за ограничений на число каналов радиомикрофоны использовались несколькими исполнителями поочередно. Серьезной проблемой была влага, попадающая на радиомикрофоны изо рта актеров, поэтому некоторые из них были заменены менее чувствительными к этому воздействию. Также в некоторых местах приходилось использовать микрофоны с боль-

шой ветрозащитой, что сильно влияло на звук и требовало глубокой эквализации. Радиоприемники располагались у сцены, а управление состоянием и звуком радиомикрофонов (RF, AF и другая модуляция) осуществлялось с помощью компьютера.

Система звукоусиления управляла сдвоенными стэками, расположенными в арке авансцены (одна пара с каждой стороны для партера, другая - для балконов). Низ системы поддерживался с помощью басовых бинов. Второй стэк состоял из 15-дюймовых динамиков и двух басовых бинов под сценой в линии с первой. Для озвучивания амфитеатра применялись распределенные системы, состоящие из двух узкодисперсионных пищалок, четырех динамиков, а также динамика и басового бина, направленных в центр партера. Микс музыкального сопровождения и вокала распределялся между этими системами, перекрывая все пространство театра и позволяя управлять звуком в соответствии с образами и сценическими решениями. Мониторный микс актеров обеспечивался за счет шести клиновидных мониторов.

В довершение ко всему использовалась отдельная система, состоящая из шестидесяти восьми 4-дюймовых динамиков (расположенных поперек посадочных мест) и поддерживаемая по углам басовыми бинами для непрерывного плавного движения звука по кругу. В целях согласования динамиков применялось шесть линий задержки. Все это поддерживалось цифровой мультитрековой системой с записанным квадрафоническим сопровождением.

В распоряжении главного звукоинженера (FOH) имелось два микшера, обеспечивающих в сумме 72 канала. Также применялось несколько MIDI-управляемых микшеров, в основном для вызова 30 сцен изменений установок микрофонов, а также для управления программами эффектов и конфигурациями задержки. Все это управлялось от компьютерного секвенсера. На дисплей для визуального мониторинга выводился текстовый сценарий, записанный как часть секвенции.

В системе применялись динамические эквалайзеры с пороговым включением. Они смягчали звук при работе на повышенных уровнях и способствовали предотвращению возбуждения (за счет подавления низких частот до того момента, как они загудят), так как исполнители могли оказаться поблизости от басовых бинов.

Серия акустических систем TRAP фирмы Renkus-Heinz сконструированна по технологии TRAP (True Array Prinsiple). Виртуальный центр кабинета вынесен за его пределы, в результате громкоговорители имеют более ровную диаграмму направленности. Если колонки TRAP объединены в кластер, то не будет интерференции и вы получаете ровную звуковую волну во всем диапазоне частот. Акустические системы TRAP предназначены для инсталляций в концертных и театральных залах.

15

Безопасность

Введение

В любых ситуациях, предполагающих присутствие публики, необходимо уделять особое внимание безопасности. Мы обсудим вопросы электрической и механической техники безопасности, а также меры предосторожности, позволяющие избежать поражения слуха сигналами большой мощности. Безопасность в такой области, как "живой" звук, имеет важное значение. Настоятельно рекомендуется ответственное страхование публики, которое имеет свои законы, а равно и финансовый подтекст. Нет оправдания небрежности или игнорированию общепринятых мер безопасности.

Оборудование и кабели

Основные проблемы при инсталляции аппаратуры и прокладке кабелей возникают в местах, где оборудование может обрушиться на человека, а также где он может споткнуться о него или столкнуться с ним. Все кабели необходимо защитить и обозначить их присутствие. Недопустимо прокладывать кабели на высоте тела или над головой, если они не отгорожены стеной или специальными барьерами.

Оборудование должно быть надежно закреплено так, чтобы у него не было ни малейшего шанса свалиться кому-нибудь на ногу. Все подвесные конструкции должны монтироваться специально обученными подрядчиками, имеющими право на этот вид деятельности. Помните, что вы некомпетентны в этой области, а потому не следует лезть не в свои дела.

Электрика

Возможность поражения электрическим током очень высока, особенно при коммутации чужого оборудования. Мы упоминали об опасности соединения с аппаратурой, питающейся от разных фаз трехфазных источников (поверьте на слово - проверять не стоит). Существует также опасность при коммутации между микрофонами (которые могут быть заземлены) и оборудованием музыкантов (гитары, синтезаторы и усилители).

К любым сообщениям об ударе током необходимо относиться со всей степенью серьезности, а не списывать на счет статического электричества или нейлоновых носков. Следует внимательно исследовать возможную причину, используя пробник или, что предпочтительнее, тестер (напря-

Примечание

Наиболее опасен удар током, когда он проходит через обе руки. В этом случае он попадает прямо в сердце человека.

жение следует измерять по отношению к основной "земле"). Помните, что напряжение даже в несколько вольт может быть смертельно опасным. Тестирование потенциально опасного оборудования лучше проводить в обуви с резиновой подошвой и действовать только одной рукой.

Снизить риск поражения электрическим током можно за счет применения развязывающих трансформаторов. В некоторых компаниях, например в BBC, администрация требует от пользователей подключать питание только через эти устройства. Очевидно, что надежное заземление всей аппаратуры также увеличивает безопасность работы.

Поражение слуха

Еще одна опасность, которой подвергается аудитория на концерте, связана с потенциальной возможностью поражения слуха сигналом большой мощности. Некоторые организации настаивают на инсталляции и использовании в залах автоматических ограничителей мощности звукового сигнала. Бывает, что устанавливается достаточно низкий порог, но в среднем он составляет около 96 dB (такой порог считается безопасным для 8-часового воздействия на человека). Не следует пытаться обойти эти ограничители, используя для питания розетки других помещений.

Игнорируя эти правила, вы берете на себя всю полноту ответственности за возможные последствия. Ежедневно заслушиваются судебные разбирательства по обвинению работников, не обеспечивших соответствующую защиту от подобной опасности. Невозможно ничего сделать, чтобы прекратить эту деятельность против концертных залов и обслуживающего их персонала (то есть вас). Как легко инициировать подобные иски вопрос спорный, но в любом случае должно превалировать чувство здравого смысла. Хотя, конечно, не следует усердствовать и ориентироваться на любителя выпить лишнего, который неудержим в своем желании поспать, преклонив свою натруженную голову к басовому бину.

Аварийное оповещение

Специальное внимание следует уделять исследованию проблемы обеспечения пожарной тревоги и сигналов аварийного оповещения. Необходимо знать, какие возможности есть у вас или аудиосистема для того, чтобы такие сигналы были услышаны. Это может стать особой проблемой, если вы подключаетесь к системам жизнеобеспечения здания - еще один вопрос, требующий детального изучения или совета специалиста.

Безопасность технического персонала

Справляясь с различными ситуациями средствами дипломатии, оказания помощи, уклонения и самозащиты, вы одновременно должны заботиться о своем техническом персонале и о самом себе. Поднятие тяжестей - одна из основных проблем, поскольку вы рискуете при этом повредить позвоночник. Не стоит опускать колонки и рэковые стойки усилителей себе на ногу или совать руки в дверной проем. Все прекрасно об этом знают, тем не менее подобные инциденты происходят постоянно.

При погрузке и разгрузке аппаратуры желательно надевать кожаные перчатки. Не пытайтесь поднять то, что вам явно не по силам, - перед вами не стоит задача побить свой личный рекорд. Если вы перетаскиваете что-либо вверх по лестнице (колонки, рэковые стойки), то наверху должен быть один человек, а внизу - двое. Не забывайте прятать руки и пальцы под переносимый предмет, когда проходите через дверной проем - груз следует браться снизу, а не с боков. Не стоит поднимать руками груз над другим оборудованием. Легче поддерживать переносимый груз, когда он находится в вертикальном положении.

Большинство людей знает, как надо поднимать тяжести, но не все пользуются этими занятиями на практике. Спина должна быть прямой, а колени - согнутыми. Это увеличивает вашу подъемную силу и снижает возможность получения травмы позвоночника. Еще одна маленькая хитрость - правильное использование инерции и дыхания. В любом случае вы не сможете заставить груз подняться с помощью заклинаний!

Отношение

Уверенное профессиональное отношение, показывающее, кто руководит процессом, и чего, собственно, требуется достигнуть, поможет избежать многих проблем. Не позволяйте отвлекать себя вопросами, не относящимися к делу, до тех пор, пока не проинсталлировали аппаратуру и не провели контрольного тестирования. Аудитория не приемлет никаких оправданий задержки концерта. Помните, что контрольное тестирование должно проводиться строго под вашим руководством, это не время для репетиций или джем-сейшенов, это ваш единственный шанс отстроить звук перед "живым" выступлением.

Примечание

Настоятельно рекомендуется маркировать переносимое оборудование в соответствии с тем, как оно должно размещаться на сцене. Это позволит вашим помощникам устанавливать его сразу на место и избавит вас от необходимости перетаскивать его лично. Это также облегчит задачу по его погрузке в трейлер и исключит возможность перепутать ваше оборудование с оборудованием музыкантов.

16

Физика звука

Введение

В этой главе мы рассмотрим некоторые аспекты звука с точки зрения его физики в надежде, что это поможет практическому осознанию происходящих процессов.

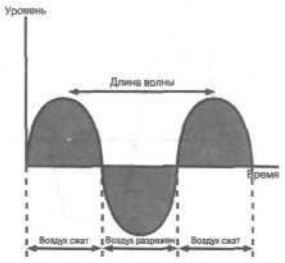
В большинстве случаев звук можно рассматривать как колебания воздуха в рамках различаемого ухом частотного диапазона (20 Hz-20 kHz). Источник звука вызывает воздушные колебания, которые в свою очередь воздействуют на барабанную перепонку уха. Звук может распространяться не только в воздухе, но и в других средах, например воде или твердом материале.

Ухо ребенка различает звук в пределах частотного диапазона от 20 Hz до 20 kHz. Аббревиатура единицы измерения частоты сигнала Hz является сокращением для Hertz (Герц) - имени ученого, который определил ее, как количество колебаний в одну секунду. Аббревиатура kHz (килогерц) означает тысячу герц (k = kilo = 1000).

С возрастом верхняя граница воспринимаемого диапазона понижается и к 30 годам в среднем находится на уровне 15 kHz. Имеют ли значения частоты, лежащие выше обозначенной границы, для людей этого возраста - вопрос спорный, однако большинство тестов показывает, что их отсутствие влияет на восприятие звука.

Иногда при описании звука используют аналогию с морскими волнами, имеющими гребни и впадины и передвигающимися в определенном направлении. В этом случае динамики можно сравнить с камнями, падающими в воду, вокруг которых волны распространяются во всех направлениях и их высота убывает по мере удаления от места падения. На самом деле источник звука действует наподобие поршня, сжимающего и разряжающего давление воздуха. В любом случае необходимо принимать во внимание тот факт, что сам воздух не перемещается, а только передает энергию соседним областям пространства.

Возьмем синусоидальный тон. Синусоида отражает изменение уровня или звукового давления во времени, как это показано на рисунке. Начальная точка соответствует нейтральному положению покоя. Затем воздух сжимается, снова проходит через нейтральную точку, а потом разряжается (передвигается в обратном направлении) до тех пор, пока снова не вернется к нейтральной нулевой точке. Этот отрезок времени называется периодом. Синусоида имеет простую симметричную форму, однако музыка является результатом наложения множества подобных кривых с различными частотами и уровнями, что придает музыкальному сигналу сложную неповторяющуюся форму.



Типичная звуковая волна отражает наше понятие о звуке. Форма волны показывает гармоническое содержание сигнала, количество колебаний в секунду определяет его частоту.

Количество колебаний в секунду определяется в герцах - человек воспринимает это как высоту или частоту тона. Чем больше колебаний в секунду, тем выше частота и выше звук, который мы слышим.

Расстояние между началом и концом колебания, измеренное в пространстве, называется длиной волны. Она связана со скоростью звука и его частотой формулой:

C = W x F, где: C - скорость звука (341 m/s при 15,5° C),
W - длина волны (в метрах), F - частота в герцах.

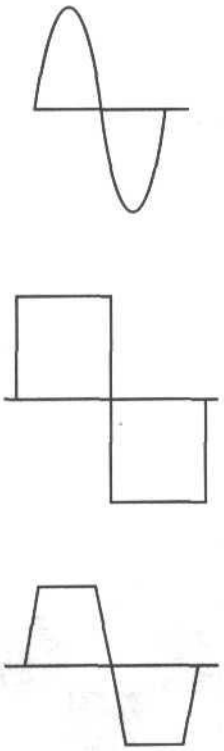
Используя эту формулу, получаем:

W = C / F и F = C / W .

Для понимания природы звука необходимо ясно представлять взаимосвязь элементов этой формулы: с увеличением частоты длина волны уменьшается и наоборот - с уменьшением частоты длина волны увеличивается. Если снова обратиться к синусоидальному представлению волны, то мы увидим, что это действительно так. Ниже приведена таблица соответствия длины волны и ее частоты.

Таблица соотношений длины волны и частоты звука (скорость звука равна 330 m/s)

Нота	Частота, Hz	Длина волны, cm
A1	55	600
A2	110	300
A3	220	150
A4	440	75
A5	880	37,5
A6	1760	18,75
A7	3520	9,375
A8	7040	4,688
A9	14080	2,344



Начиная сверху:
Синусоидальная волна
Квадратная волна
Обрезанная (искаженная) синусоидальная волна похожа на квадратную и может вывести динамики из строя.

В воспроизведении и управлении низкочастотным сигналом длина волны играет особенно важную роль. Для эффективного воспроизведения динамиком басового сигнала диаметр диффузора должен быть равен приблизительно четверти длины волны. Аналогично акустические особенности зала в области воспроизведения сигнала низкой частоты зависят от объема, в котором распространяется звук - по мере удаления от источника звука составляющая баса увеличивается по сравнению с сигналами, чьи частоты лежат в верхних диапазонах.

То, что мы обычно называем уровнем (громкостью) звука, на самом деле является восприятием давления среды, в котором звук распространяется. Уровень звукового давления (SPL) измеряется в децибелах (dB). Как уже упоминалось ранее, dB - это отношение. Для измерения SPL в этом отношении использовалась единица давления Pa (Паскаль). Аналогично звуковое давление можно выразить и через отношение напряжений.

SPL - квадратный корень интенсивности. Интенсивность, в свою очередь - мера акустической мощности, аналогичная электрической мощности, измеряемой в ваттах (W). Она определяется по отношению к

интенсивности, соответствующей самой малой громкости звука, различаемого человеческим слухом (порог слышимости - 10^{-12} W на частоте 1 kHz). Интенсивность звука довольно редко используется для измерения его акустических характеристик.

Таблица звуковых давлений

dB	Отношение
0	1
2	1,259
3	1,413
6	1,995
10	3,162
14	5,01
20	10,00
40	100
60	1000
80	10000
100	100000
120	1000000

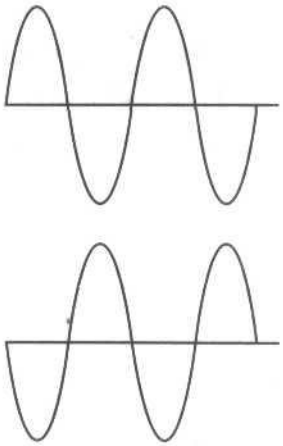
Децибелы (dB)

Мы уже рассматривали концепцию dB, тем не менее напомним некоторые основные моменты:

- Диапазон громкости звука, различаемого ухом, огромен. Отношение уровня наиболее тихого, но еще различаемого ухом звука, к уровню наиболее громкого, но еще не приводящего к потере слуха, равно приблизительно один к миллиону.
- Уровень громкости, выше которого звук может привести к повреждению слухового аппарата, находится в районе 120 dB.
- Ухо улавливает различие в 1 dB (хотя на практике эта величина обычно увеличивается до 3 dB). 10 dB эквивалентно ощущению троекратного увеличения громкости звука.

Фаза

Еще одной важной характеристикой звука является фаза. Волна проходит цикл в 360°, прежде чем достигнет своей начальной точки. Фаза - это положение цикла одной волны по отношению к другой. Если два источника звука (то есть диафрагмы двух динамиков) перемещаются синхронно, то говорят, что они работают в фазе. Если же диафрагма одного динамика перемещается вперед, в то время как диафрагма второго уходит назад (то есть один находится в положительной части цикла, а другой - в отрицательной), то говорят, что динамики работают в противофазе (фазовый сдвиг между динамиками - 180°). Два противофазных сигнала гасят друг друга. В реальной жизни звук редко имеет форму идеального синуса (за исключением тестовых тонов), поэтому на одних частотах возникает фазовое подавление сигналов, на других - нет. Например, низкочастотный сигнал более чувствителен к этому эффекту, что приводит к ощутимой потере низкочастотной составляющей расфазированного моносигнала.



Сдвиг по фазе между двумя источниками волны синусоидальной формы составляет 180°.

Учет фазовых сдвигов при расчете параметров звука сильно усложняет картину, поскольку этот фактор имеет различные значения для разных частотных составляющих сигнала.

Интерференция

Интерференция возникает при наложении сигналов различных источников звука. Источником интерференции может быть как отраженный сигнал, так и сигналы систем, использующих множество динамиков. Сложность заключается в том, что уровень и характер интерференции зависит от частоты и фаз участвующих в этом процессе звуковых волн.

Расстояние между источниками в 17 cm приводит к подавлению сигнала на частоте 1 kHz. Для 3 kHz это расстояние уменьшается в полтора раза, для 5 kHz - в два с половиной, и так далее. Однако, на 2 kHz, 4 kHz, 8 kHz и так далее сигнал усиливается. Эта последовательность областей подавления и усиления на графике напоминает зубцы расчески, ухудшает четкость звука и является причиной флэнжерных и фазовых эффектов.

Степень влияния интерференции зависит от количества источников звука и расстояния между ними - использование систем с несколькими динамиками может привести к такого рода "прерывистой" интерференции. Именно поэтому необходимо уделять особое внимание размещению динамиков, монтируемых на потолке.

В случае с микрофонами интерференция возникает благодаря сигналу, отраженному от лекторской трибуны или стола независимо от расположения динамиков.

Распространение звука

Распространение звука - очень важный аспект звукоусиливающей системы, который рассматривает вопросы понижения уровня громкости звука по мере удаления от его источника. Точечный источник (иногда его называют - монополь) излучает звук из одной точки, который затем распространяется в пространстве концентрическими сферами. По мере удаления его энергия рассеивается по все большему пространству, что приводит к понижению уровня громкости. Энергия звука убывает обратно пропорционально квадрату расстояния от источника. Это значит, что если провести измерения мощности в одной точке, а затем в другой, находящейся на вдвое большем расстоянии от источника сигнала, то мощность сигнала во второй точке будет в четыре раза меньше, чем в первой. Если провести аналогичные измерения в точке, находящейся на втрое большей дистанции от источника, мощность упадет в девять раз. И так далее.

Однако для нас представляет больший интерес не мощность, а звуковое давление. Поскольку звуковое давление равно квадратному корню мощности, то, значит, оно прямо пропорционально расстоянию от источника. Таким образом, увеличение вдвое расстояния до источника приводит к падению уровня громкости на 6 dB.

Поглощение звука при передаче по воздуху (без учета дисперсии) составляет лишь 5 dB при частоте 2 kHz на расстоянии 150 m и 10 dB при частоте 10 kHz на 30 m. Таким образом, поглощение звука воздухом особой роли не играет. Из приведенных выше рассуждений вытекает, что потеря энергии происходит в основном за счет увеличения объема, в котором распространяется звук, а не просто с увеличением расстояния до источника. Таким образом, для увеличения громкости необходимо уменьшить дисперсию, а, следовательно, и объем, в котором звук распространяется.

В случае диполя (динамик с открытой задней стенкой) звуковое давление формируется сигналом, приходящим из передней и задней части конструкции. Звуковое давление вычисляется по формуле:

SPL = (SPL на оси) x (cos A), где A - угол прослушивания.

Таким образом, если мы отклоняемся от центральной оси диполя на 25°, то теряем 10% SPL (и 50% при отклонении на 60°). Теоретически, если угол отклонения составляет 90°, звуковое давление в этой точке будет равно нулю.

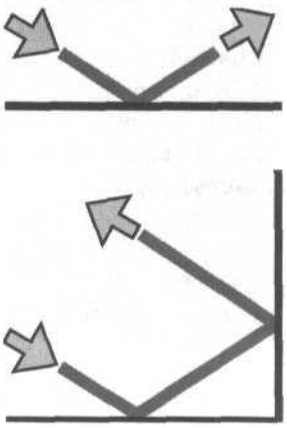
Для источников линейного типа (таких, как традиционные колонки) область излучения динамиков ограничена полусферой. Это в два раза снижает объем, в котором распространяется звук. То есть, увеличение расстояния до источника в два раза приводит к падению уровня громкости только на 3 dB (а не на 6 dB, как в случае точечного источника звука).

Препятствия на пути звука

И наконец мы рассмотрим процессы, которые происходят, когда на пути распространения звука возникают те или иные препятствия. То, каким образом звуковая волна будет взаимодействовать с помехой, зависит от частоты звука, размера и коэффициента поглощения препятствия. Звук может отразиться, обогнуть препятствие, преломиться либо поглотиться.

Отражение звука

Поведение звука при возникновении на пути его распространения твердой ровной поверхности подобно поведению света. Когда он встречается с ровной поверхностью, он отражается от нее под углом падения (в прямоугольных углах зала звук отражается дважды и меняет направление своего распространения на противоположное, что может привести к интерференции). При падении на выпуклую поверхность звук отражается по всем направлениям, а при падении на вогнутую - фокусируется в некоторой точке (по этому принципу работают параболические микрофоны и спутниковые тарелки).



Сверху: Звук отражается от твердой поверхности.
Внизу: При отражении от угла звук меняет направление на противоположное.

Дифракция звука

Дифракция - это процесс огибания звуком препятствия. Звук не отражается от поверхности, а огибает ее, если размеры поверхности много меньше длины волны. Если же длина волны много меньше размеров препятствия, то звук отражается от него (препятствие создает так называемую акустическую тень).

Преломление

Преломление возникает, если звук распространяется в среде, имеющей различную плотность. Звук преломляется в сторону более твердой среды. В зале более теплый воздух (поскольку его плотность меньше) поднимается вверх, заставляя звук преломляться в сторону аудитории.

Поглощение

При попадании звука на определенные материалы (мягкая отделка помещения, ковры, занавески и т.п.) происходит его поглощение (энергия звука преобразуется в тепловую). Поглощению больше подвержен сигнал высокочастотного диапазона. Повышение температуры поглощающих поверхностей незначительно, так что нет никакой опасности воспламенения даже при работе на самых высоких уровнях громкости.

Передача звука через иные среды

Передача звука через другие объекты происходит в случае их непосредственного контакта друг с другом. С точки зрения звукоусиливающих систем, это нежелательное явление. Изолирование динамиков и микрофонов от пола позволяет увеличить отдачу низких частот и снизить возможность возбуждения системы.

Практически все процессы, связанные со звуком, оказывают на систему воздействие, степень которого зависит от частоты сигнала. В этом смысле не являются исключением и материалы, используемые для отделки залов с целью изменения его акустических свойств.

В приведенной ниже таблице указаны поглощающие свойства материалов на различных аудиочастотах. Число 1 соответствует абсолютному

поглощению, 0 - 100-процентной отражающей поверхности. Можно заметить, что характеристика способности поглощения зависит от частоты звука (обычно степень поглощения увеличивается с ростом частоты)*.

Таблица коэффициентов поглощения различных материалов

	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 kHz	2 kHz	4 kHz
Бетон	0,010	0,010	0,020	0,020	0,020	0,030
Кирпич	0,024	0,025	0,030	0,040	0,050	0,070
Оштукатуренный кирпич	0,024	0,027	0,030	0,037	0,039	0,034
Оштукатуренная доска	0,300	0,300	0,100	0,100	0,400	0,400
Стекло	0,030	0,030	0,030	0,030	0,020	0,020
Фанера (9 mm)	0,110	0,110	0,120	0,120	0,100	0,100
Фанера на половой доске толщиной 50 mm	0,350	0,250	0,200	0,150	0,050	0,050
Акустические панели	0,150	0,300	0,750	0,850	0,750	0,400
Толстый ковер	0,150	0,150	0,350	0,350	0,500	0,500
Занавески из плотного материала	0,200	0,200	0,500	0,500	0,800	0,800
Стекловолокно (50 mm)	0,190	0,510	0,790	0,920	0,820	0,780
Сидящий человек	0,180	0,400	0,460	0,460	0,500	0,460

Реверберация

Одним из факторов, делающих звук "живым", является акустика окружающего пространства (зала). Для классической музыки реверберация является неотъемлемой частью, и ее отсутствие может привести к неестественному звучанию. Однако слишком большая реверберация лишает звук четкости и зачастую приводит к самовозбуждению системы звукоусиления.

Время реверберации определяется как время, за которое после отключения источника сигнала звук в зале, затухая, ослабнет в тысячу раз (на 60 dB). Оптимальное время реверберации для музыкального материала лежит в пределах 1,5-2,8 секунды (0,5-1 секунды для вокала).

Граничные значения звукового давления (SPL)

120 dB	болевой порог
70 dB	средний уровень разговорной речи на расстоянии 1 метра
0 dB	порог слышимости

* В акустике поглощение звука материалом принято измерять "единицей открытого окна" - то есть полное 100-процентное поглощение 1 m^2 обеспечивает условное открытое окно размером 1 m x 1 m, за которым нет отражающих поверхностей. - *Примеч.* ред.

17

Коммутационные разъемы

Введение

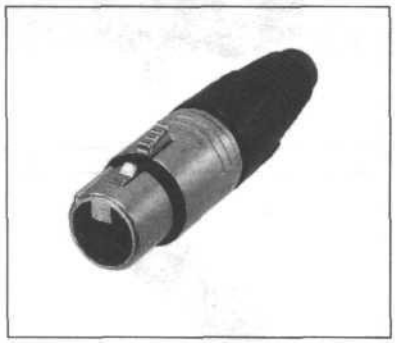
В этой главе мы опишем разъемы, наиболее часто использующиеся при коммутации приборов звукоусиливающих систем.

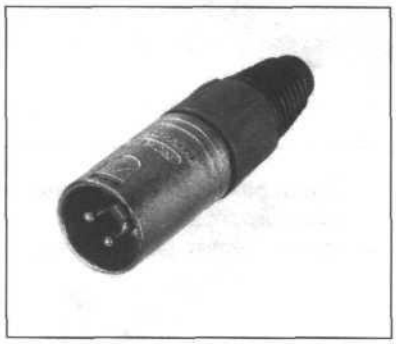
3-контактный разъем типа XLR

контакт 1 - "земля"

контакт 2 - горячий (фаза+) (по стандарту IEC в микрофонах фирмы Shure контакт 3 - фаза+)

контакт 3 - холодный (фаза-)

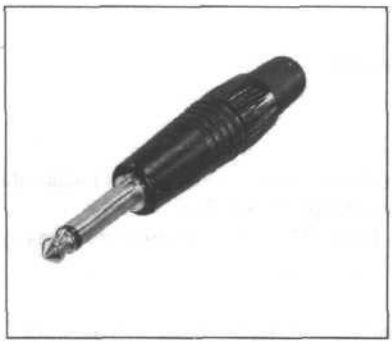




Моноджек TS 1/4" (6.35 mm)

общий (корпус) – "земля"

конец – сигнал



Некоторые из обозначений, использованных в книге.

Слева: Разъемы "мама" и "папа" типа XLR, джековые разъем и гнездо.

Стереоджек TRS 1/4" (6.35 mm)

В качестве стереоразъема

общий (корпус) - "земля"
кольцо - правый канал
конец - левый канал

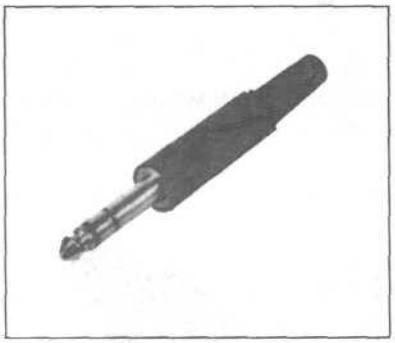
В качестве разъема разрыва

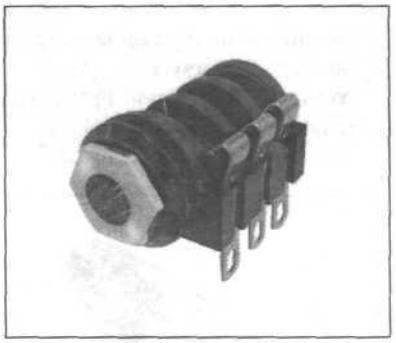
общий (корпус) - "земля"
кольцо - посыл на прибор (может меняться в зависимости от производителя)
конец - возврат (может меняться в зависимости от производителя)

В качестве сбалансированного входа/выхода

общий (корпус) - "земля"
кольцо - холодный (фаза-)
конец - горячий (фаза +)

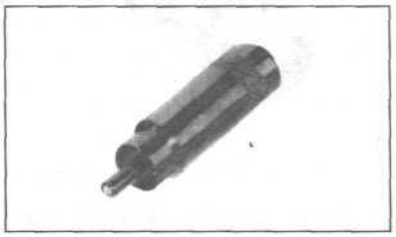
Стереоджековый разъем и гнездо

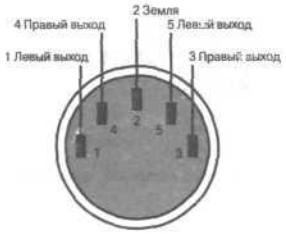




Phono разъем

Phono разъемы (тюльпаны)
общий (корпус) – "земля"
центральный контакт – сигнал





Вид на разъем типа DIN-"папа" со стороны пайки (аналогичен фронтальному виду гнезда "мама")

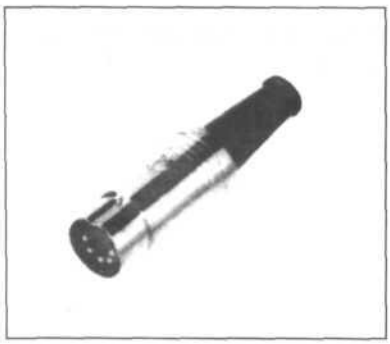
5-контактный разъем типа DIN

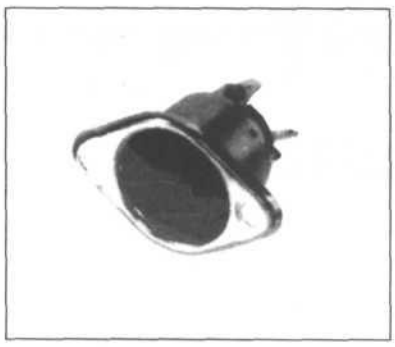
контакт 1 - левый вход
контакт 2 - земля (центральный контакт)
контакт 3 - левый выход
контакт 4 - правый вход
контакт 5 - правый выход

(Если смотреть со стороны пайки разъема "папа", то контакты располагаются по часовой стрелке в следующем порядке: 1-4-2-5-3).

Распайка 5-контактных разъемов типа DIN существенно меняется от прибора к прибору*.

* Приведенная здесь распайка - отнюдь не самая распространенная. - Примеч. ред.



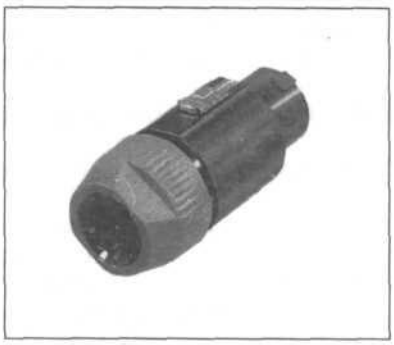


Разъем типа DIM и гнездо.

Разъемы Neutrik Speakon

Возможны 4 и 8-контактные конфигурации									
	Тип	1-	1+	2-	2+	3-	3+	4-	4+
Широкополосные	n? 4	ret	sig						
2-полосные	n? 4	lf ret	lf sig	hf ret	hf sig				
	n? 8	lf ret	lf sig	hf ret	hf sig				
3-полосные	n? 8	lf ret	lf sig			mid ret	mid sig	hf ret	hf sig
4-полосные	n? 8	lf ret	lf sig	lm ret	lm sig	hm ret	hm sig	hf ret	hf sig

(Обозначения sig – сигнал, ret – возврат, f – частота, l – низкие, m – средние, h – высокие.)



Разъемы Neutrik Speakon.

18

Глоссарий

В любой области науки и техники есть специфические термины. Ниже будут приведены и расшифрованы термины, использующиеся в системах звукоусиления.

Auxiliary send (aux). Дополнительная шина микшера, (см. Префейдерный сигнал, Постфейдерный сигнал и Мониторный микс).

Auxiliary return (aux). Дополнительный канал микшера, как правило существенно ограниченный в плане управления сигналом по сравнению с основными каналами.

Cans (банки). Жаргонное название телефонов (наушников).

Solo. Возможность прослушивания отдельных каналов микшера без влияния на главные выходы консоли.

Solo in place. Особый режим работы некоторых микшеров, при котором сигнал находящегося в этом режиме канала принудительно передается на главные выходы системы с одновременным мьютом остальных каналов. Может использоваться в качестве функции, обратной мьюту. Режим потенциально опасен для звукоусиливающих систем и используется в основном в студиях.

Sub grouping (подгруппирование). Процесс управления группой, направленной на основную стереошину.

Автономная аренда (dry hire). Аренда оборудования без поддержки техническим персоналом.

Активное оборудование. Приборы, требующие электропитания.

Белый шум. Сигнал, в котором энергия равномерно распределена по всем частотам во всех октавах. Используется в качестве тестового и настроечного. Применяется в синтезаторах для создания эффектов шума ветра и дыхания.

бремя ***задержки.*** Для синхронизации работы динамиков, находящихся на различных расстояниях друг от друга, используются соответствующее время задержек сигнала. Величина времени задержки составляет 1 ms на каждые 30 cm пути сигнала.

Буфер, Субвуфер. Динамик, специально разработанный для воспроизведения сигнала низкочастотного диапазона.

Графический эквалайзер. Устройство управления частотным балансом сигнала. Уровень подавления/усиления по каждой полосе устанавливается фейдерами, представляющими визуальную картину обработки исходного сигнала. Применяется для выправления частотного баланса отдельных сигналов или на выходе звукоусиливающей системы для коррекции акустических свойств зала либо самой системы, а также для подавления резонансных частот самовозбуждения.

Группа. Совокупность каналов, выведенных на единые органы управления пульта.

Датчик (преобразователь). Любое оборудование, осуществляющее преобразование энергии из одного вида в другой (например, микрофоны, динамики).

Система двухполосного усиления. Система, в которой сигнал микшера разбивается электронным кроссовером на два частотных диапазона, каждый из которых усиливается соответствующим усилителем и воспроизводится своими динамиками. Способствует повышению качества звука, снижает вероятность перегрузки динамиков.

Дисперсия. Диапазон или область, на которую распространяется действие прибора (для динамиков часто используется термин "направленность").

Алина волны. Расстояние между двумя идентичными точками волны (например, между двумя пиками).

Драйвер. Жаргонное название динамика.

Емкостной микрофон. Микрофон, использующий емкость между двумя пластинами (одна из которых постоянно заряжена, а другая является диафрагмой) для генерации тока.

Заглушка. Устройство, поставляемое вместе с программным обеспечением и ограничивающее его несанкционированное применение. Программный продукт не работает без заглушки.

Задержка. Прибор, имитирующий запаздывание сигнала во времени.

Искажение. Изменение формы сигнала*.

Искусственное дублирование треков (ADT - artificial double tracking). Процесс, моделирующий исполнение одного и того же музыкального материала дважды. Вносит едва заметные изменения, позволяющие получать более "толстый" и плотный звук.

Канал. Вертикальная линейка микшера. Входной канал управляет подключенным к нему источником звука, позволяя регулировать предварительное усиление, эквализацию, маршрутизацию (включая направление сигнала на главную шину или подгруппы, эффекты и мониторинг) и управление уровнем. Разобравшись в устройстве одного канала, вы поймете принцип действия остальных.

Компрессионный драйвер. Специальный тип высокочастотного динамика, обеспечивающий передачу звука на большие расстояния за счет его фокусирования.

Кроссовер. Прибор, разбивающий исходный сигнал на несколько частотных диапазонов так, что каждый из них может быть направлен на соответствующее оборудование (то есть высокочастотный сигнал - на 'твиттер, низкочастотный - на басовые динамики). Пассивный кроссовер использует пассивные элементы (катушки индуктивности, емкости) для разделения сигнала на частотные диапазоны. Активный кроссовер подключается между микшером и усилителем.

Микрофон. Датчик, преобразующий энергию звука (колебаний воздуха) в электрический сигнал.

Микшер. Устройство управления сигналами звукоусиливающей системы. Состоит из ряда однотипных вертикальных линеек, называемых каналами, и выходной секции. Обеспечивает согласование уровней, имеет встроенные эквалайзеры, возможность подключения внешних эффектов и средства маршрутизации сигналов, позволяющие направлять звук на мониторные колонки, портальные усилители и тому подобное.

Мониторный микс, подзвучка (foldback). Микс, передающийся на сцену. Обычно подается на сценические мониторы или системы ушного мониторинга.

Обрезной фильтр LPF (low pass filter). Устройство, подавляющее сигнал высокочастотного диапазона и не влияющее на низкочастотный.

---

* Различают линейные - частотные и фазовые, нелинейные - гармонические, интермодуляционные искажения. - *Примеч.* ред.

Обрезной фильтр HPF (high pass filter). Устройство, подавляющее сигнал низкочастотного диапазона и не влияющее на высокочастотный.

Полупараметрический эквалайзер. Тип эквалайзера, позволяющего регулировать частоту эквализации и степень усиления/подавления выбранной полосы.

Параметрический эквалайзер. Тип эквалайзера, имеющего в качестве регулируемых параметров частоту эквализации, добротность (или ширину диапазона эквализации) и, естественно, глубину подавления/усиления.

Парольный диск (key disk). Еще одно средство борьбы с несанкционированной эксплуатацией программного обеспечения (см. Заглушка). Ограничивает круг пользователей программным продуктом владельцами диска. Парольный диск необходимо вставлять каждый раз, когда запускается соответствующее программное обеспечение. Возможны варианты инсталляции непереносимой копии непосредственно на жесткий диск.

Пассивное оборудование. Приборы, не требующие вспомогательного питания. См. Кроссовер.

Перегрев. Перегрев усилителя означает, что он стал слишком горячим и контуры обеспечения безопасной работы усилителя включили систему его охлаждения. Остается надеяться, что это произошло не слишком поздно и усилитель не перешел в сбойный режим работы.

Пик. Максимальное (как правило, короткое) значение сигнала.

Подгруппа. Часть микшера, используемая для управления выходным уровнем группы каналов (выход направлен на основную стереошину).

Постфейдерный сигнал. В микшере - сигнал, отбираемый после фейдера. Уровень сигнала уменьшается или увеличивается в соответствии с его перемещением. Обычно используется для посыла на эффекты, что позволяет поддерживать баланс обработанного и чистого сигналов.

Предохранитель. Устройство, предохраняющее оборудование от токовых пиков. Номиналы заменяемых предохранителей должны совпадать, иначе вы рискуете спалить прибор.

Префейдерный сигнал. В микшере - сигнал, отбираемый до фейдера. Обычно используется для мониторинга.

Распределительная коробка (DI box - direct injection). Устройство, преобразующее линейный уровень сигнала в микрофонный. Позволяет согласовать сопротивление и уровень сигнала, устраняет фантомное питание. Наряду с этим обеспечивает изоляцию, предотвращающую образование "земляных" петель и связанных с этим наводок. Существуют активные и пассивные версии.

Ревербератор. Прибор, позволяющий имитировать акустику и объем помещений.

Режекторный фильтр. Прибор, подавляющий очень узкую полосу частот. Часто используется для предотвращения самовозбуждения системы, а также для точечного подавления определенных частот (например, свист магнитофона или жужжание источников питания).

Розовый шум. Специальный тип сигнала, используемый при тестировании аудиосистемы. Состоит из случайных частот равных энергий в каждой октаве (то есть диапазоны 200-400 Hz и 10000-20000 Hz обладают равной энергетической емкостью).

Самовозбуждение. Циклический процесс. Проявляется в виде ревущих или свистящих звуков. Возникает, когда сигнал динамика попадает на микрофон и повторно усиливается.

Сбалансированная линия. Система связи, использующая витую пару и экран. По проводникам передаются прямой (фаза +) и инвертированный (фаза-) сигналы, что позволяет снизить чувствительность системы к помехам (любой шум синфазно воздействует на оба проводника и подавляется на входе приборов трансформатором или электронными контурами). Требует сбалансирован-

ного соединения на обоих концах (то есть микрофон и сбалансированный микрофонный вход микшера). Обычно обладает низким сопротивлением. Экран обеспечивает общую защиту от радиочастотных помех*.

Скорость нарастания (slew rate). Отражает способность прибора быстро реагировать на изменение входного сигнала. Этот фактор проявляется с большей долей очевидности в высокочастотном диапазоне, измеряется в V/s.

Среднеквадратичное значение (RMS - root mean square). Параметр, отражающий среднее значение сигнала. Более информативен (по сравнению с измерением пиковых сигналов) при оценке мощности усилителей и динамиков.

Твиттер. Динамик, специально разработанный для воспроизведения высокочастотного аудиодиапазона.

Телефоны (наушники). Небольшие динамики, закрепляемые на голове для организации персонального мониторинга.

Трехполосное усиление. Система, в которой сигнал микшера разбивается электронным кроссовером на три частотных диапазона, каждый из которых усиливается соответствующим усилителем и системой динамиков. Способствует повышению качества звука, снижает вероятность перегрузки динамиков.

Фаза. Динамики работают в фазе, если при подаче на них идентичного сигнала их диффузоры перемещаются в одном и том же направлении.

Фантомное питание. Постоянное напряжение, передающееся по микрофонному кабелю без использования дополнительных проводников. Обеспечивает питание для емкостных микрофонов и активных распределительных коробок, а также для некоторых систем связи.

Фейдер. Орган управления уровнем сигнала в каналах микшера. Часто фейдером называют любые регуляторы с продольным перемещением ручки.

Фильтр. Разновидность эквализации, при которой подавляются определенные частоты. (См. также Обрезной фильтр низких/высоких частот и Режекторный фильтр).

Флэнжер. Эффект воспроизведения звука с имитацией "гребенчатой" фильтрации (как будто вы слушаете музыку, находясь на противоположном от источника звука конце длинного тоннеля).

Хорус. Эффект, имитирующий исполнение одного и того же материала несколькими музыкантами. Обеспечивает более "толстый" звук.

Частота. Параметр, определяющий скорость периодических изменений звукового сигнала. Оценивается на слух как высота тона.

Шум. Любой сигнал, наличие которого нежелательно. В системах звукоусиления - свист, жужжание и так далее. В общем, все то, что не имеет отношения к музыке как к таковой. Гудение с частотой, кратной частоте сети электропитания (50/100/200 Hz) обычно называют фоном.

Эквализация (EQ). Процесс изменения частотного баланса сигнала путем подавления или усиления отдельных диапазонов частот. Аналогичен тональному контролю в hifi-системах, но обычно предоставляет больше возможностей для регулировки.

Эхо. Прибор, повторяющий звук несколько раз с постепенным уменьшением уровня сигнала (как эхо в горах).

---

* Строго говоря, данное определение относится к симметричной линии, одним из видов которой является сбалансированная линия. - *Примеч.* ред.

LIVE SOUND

PA for performing musicians

Peter Buick

☆ звуковой тракт ☆
☆ аппаратура звукоусиления ☆
☆ микрофоны ☆
☆ микшерный пульт ☆
☆ эффекты и обработка ☆
☆ усилители и акустические системы ☆
☆ сценический мониторинг ☆
☆ системы звуковоспроизведения ☆
☆ автоматизация и MIDI ☆
☆ "живой" звук в театрах, конференц-залах ☆
☆ акустика помещений ☆
☆ электрическая и механическая безопасность ☆
☆ физика звука ☆
☆ коммутация ☆

Книга предназначена для FOH-звукоинженеров,
специалистов по озвучиванию залов и открытых площадок
звукорежиссеров записи "живых" концертов и массовых мероприятий,
специалистов по расчету акустики помещений,
студентов технических и гуманитарных учебных заведений,
чья будущая специальность связана со звуком и акустикой,
а также для всех тех, кто профессионально интересуется проблемами "живого" звука.

PC Publishing
Шоу-Мастер