



## ***НАСТРОЙКА РЕГУЛЯТОРОВ УРОВНЯ ГРОМКОСТИ АУДИОСИСТЕМЫ***

- Децибел: рабочая лошадка аудиотехники
- Динамический диапазон: какой считать достаточным?
- Максимизация перегрузочной способности
- Настройка регуляторов усиления микшерного пульта
- Регуляторы уровня внешних устройств
- Регуляторы чувствительности усилителя мощности
- Выходные аттенюаторы активного кроссовера



## ВАЖНОСТЬ настройки уровней

Корректная настройка уровней является одной из наиболее важных составляющих при разработке отлично звучащей звуковой системы. И наоборот, неправильно настроенные уровни – основная причина получения плохо звучащих систем. Стоимость системы по сравнению с правильной настройкой вторична. Самые дорогие, но плохо настроенные системы, никогда не будут звучать так же хорошо, как дешевые, но правильно настроенные. Настройка всех разнообразных регуляторов уровня несложна; тем не менее, это одна из наиболее запутанных тем.

Суть настройки регуляторов уровня заключается в простом понимании того, что Вы пытаетесь сделать. Несколько минут, потраченных на изучение этой концепции, позволят Вам интуитивно выполнять большинство настроек.

Для корректной настройки регуляторов уровня любой системы существует много различных методов. Далее мы рассмотрим только один из них, т.е. покажем *принципы*, на основе которых он построен. Когда Вы изучите фундаментальные принципы, то будете знать - что делать при столкновении с различными конфигурациями систем.

## ДЕЦИБЕЛЫ, ДИНАМИЧЕСКИЙ ДИАПАЗОН И МАКСИМИЗАЦИЯ ПЕРЕГРУЗОЧНОЙ СПОСОБНОСТИ

Аудиоречь полна специальной терминологии, но нет ни одного более распространенного термина, чем слово *децибел*. Тех, кто незнаком или забыл определение децибела и производных от него терминов, просим сначала просмотреть последнюю страницу с определениями. При изучении настройки регуляторов усиления или регуляторов уровня также необходимо понимание

значения терминов *динамический диапазон* и *перегрузочная способность*.

*Динамический диапазон* - это отношение наиболее громкого (неискаженного) сигнала к наиболее тихому (но различимому) в единичном устройстве или интегрированной системе, выраженное в децибелах (дБ). Для устройств обработки сигналов максимальный выходной сигнал изначально ограничен величиной питающего напряжения, т.е. его размах не может быть больше питающего напряжения. В то же время минимальный выходной сигнал зависит от минимального уровня шума устройства, т.е. он не может быть ниже уровня шума. В профессиональном аналоговом устройстве обработки сигналов максимальный уровень сигнала на выходе составляет +24 dBu, минимальный уровень шума может достигать -94 dBu. Это дает максимальный *динамический диапазон* устройства 120 дБ - довольно впечатляющая цифра, прекрасно сопоставляющаяся с 120 дБ динамическим диапазоном нормального человеческого слуха (от едва слышимого до болезненно громкого).

Под максимальным уровнем громкости звуковых систем понимается максимально достижимая громкость до возникновения акустической *обратной связи* или слышимых искажений. Минимальный же уровень громкости ограничен общим фоновым шумом, включая шум вентиляции, кондиционирования и шум зала со зрителями. Стандартный минимальный уровень шумов находится в пределах 35-45 дБ SPL (что расшифровывается как sound pressure level или уровень звукового давления), а стандартный максимальный уровень звука - в пределах 100-105 дБ SPL (более громкое звучание раздражает слух и вызывает жалобы зрителей). В результате получаем стандартный полезный *динамический диапазон системы* в пределах всего 55-75 дБ - сильно отличающийся от динамического диапазона аппара-



туры.

Обратите внимание на то, что Вы не можете оказать какое-либо существенное влияние на границы динамического диапазона системы, т.к. нижняя граница зависит от внешних шумов, а верхняя - от комфортного уровня для зрителей. Как уже говорилось, полезный динамический диапазон находится в пределах 65 дБ. Все, что находится за пределами этого диапазона, не вредит, но и не несет никакой пользы.

*Перегрузочная способность* – это соотношение самого сильного (но неискаженного) уровня сигнала, способного пройти через устройство или систему, к среднему уровню сигнала. Например, если средний уровень сигнала равен +4 dBu, а максимально возможный +26 dBu, то перегрузочная способность будет равняться 22 дБ.

Т.к. Вы не можете оказать никакого влияния на динамический диапазон системы, Ваша задача значительно упрощается. Единственно о чем Вам придется побеспокоиться - о максимизации перегрузочной способности. Какое же значение будет достаточным?

Исследование всех аудио сигналов показало, что музыкальные сигналы наиболее динамичны при *пик-факторе* равном 4-10.

*Пик-фактор* - это термин, определяющий отношение максимального значения амплитуды к rms (среднеквадратическому) значению формы волны. Например, у синусоидальной волны пик-фактор равен 1,4 (или 3 дБ), т.е. максимальное значение амплитуды в 1,414 раз больше среднеквадратического значения.

Пик-фактор музыкального сигнала 4-10 в пересчете даст 12-20 дБ. Это означает, что пиковое значение музыкального сигнала на 12-20 дБ выше среднего значения. Именно поэтому так важна перегрузочная способность. *Чтобы избежать перегрузки Вы должны иметь 12-20 дБ пере-*

*грузочной способности в каждом устройстве.*

## **ПРЕДВАРИТЕЛЬНАЯ УСТАНОВКА ВСЕХ РЕГУЛЯТОРОВ УРОВНЯ ГРОМКОСТИ В СИСТЕМЕ**

По окончании коммутации всего оборудования проверьте работу системы, подав на нее аудиосигнал. Это необходимо сделать в первую очередь, а уже затем выполнять какую-либо настройку регуляторов усиления или уровня громкости. Цель - убедиться в том, что все соединения выполнены правильно, нет поврежденных кабелей и нету фона или гула, вызванного некорректным заземлением при коммутации.

Убедившись в том, что система работает тихо и корректно, можно приступать к регулировке.

Установите в минимальное положение все регуляторы уровня усилителей мощности или выключите их. Это позволит выставить максимальный уровень сигнала системы не пугая себя и окружающих.

Установите все регуляторы усиления и уровня в положение ОТКЛ или МИНИМУМ.

Отключите все динамические контроллеры (компрессоры, лимитеры, гейты и енхансеры) путем установки регуляторов RATIO в положение 1:1 и/или регуляторов Threshold вверх для компрессоров и лимитеров, и вниз - для гейтов и экспандеров.

До окончательной настройки усиления пользоваться эквалайзерами не рекомендуется.

## **НАСТРОЙКА ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ МИКРОФОННЫХ ПРЕДУСИЛИТЕЛЕЙ**

Подробное рассмотрение вопросов использования микшерного пульта не входит в рамки



данной статьи, но о нескольких наблюдениях уместно упомянуть. Напомним построение *тракта сигнала простого микшера*. В большинстве случаев каждый входной канал включает в себя микрофонный предусилитель, какой-то эквалайзер, переключатели выбора маршрута и регуляторы уровня, а так же общий канальный регулятор уровня. Затем все эти входные каналы смешиваются между собой для формирования различных выходных сигналов, у каждого из которых есть свой собственный регулятор уровня или регулятор громкости. Чтобы правильно настроить схему усиления микшера, Вам необходимо добиться общего максимального отношения сигнал/шум. Вследствие физических причин, лежащих в основе аналоговой электроники, каждый каскад при прохождении по нему сигнала добавляет шум. Следовательно, работа каждого каскада *ухудшает* общее отношение сигнал/шум. Важно вот что: величина шума, вносимого каждым каскадом, не зависит от уровня проходящего через него сигнала. Поэтому, чем выше уровень сигнала на входе, тем лучше соотношение сигнал/шум на выходе.

Поэтому при настройке уровней следует руководствоваться следующим принципом: *как можно быстрее* усилить сигнал настолько, насколько это необходимо для достижения желаемого среднего уровня, скажем в + 4 dBu. Если Вы хотите, чтобы усиление со входа микрофона равнялось 60 дБ, то будет неправильным установить в одном месте усиление 20 дБ, в следующем месте 20 дБ, и 20 дБ где-то еще. Вы должны сделать это сразу же в микрофонном предусилителе. Чаще всего соотношение сигнал/шум всей системы фиксируется на микрофонном входе. Поэтому, установите максимально возможную степень усиления без излишней перегрузки. Обратите внимание на выражение *излишняя пере-*

грузка. Незначительная перегрузка в большинстве случаев не слышна. Проверьте предполагаемый *максимальный входной уровень* источника. Это означает, что певцы и музыканты должны одновременно петь и играть с такой же громкостью, с какой они предполагают петь/играть во время выступления. Если источником сигнала служит запись - воспроизведите ее с максимальной предполагаемой громкостью. Выставьте регулятор усиления (gain) микрофонного предусилителя таким образом, чтобы индикатор перегрузки изредка промигивал. *Это максимально возможное усиление в данном каскаде*. Чуть больше - будет постоянная перегрузка, чуть меньше - ухудшится наилучшее соотношение сигнал/шум.

## РЕГУЛЯТОРЫ УРОВНЯ ВНЕШНИХ УСТРОЙСТВ

Регуляторы уровня всех внешних устройств (за исключением активных кроссоверов) необходимы по двум основным причинам:

- Они обеспечивают гибкость в работе с сигналами разной величины. Если входной сигнал очень мал, регулятор усиления увеличивает его до необходимого среднего уровня, а если сигнал излишне велик, то аттенюатор ослабляет его до необходимого среднего уровня.
- Регуляторы уровня в эквалайзере: бывает необходимо усилить сигнал с сильно вырезанными частотными полосами или наоборот, ослабить сигнал, усиленный на некоторых частотах.

Многие внешние устройства не имеют *вообще* регуляторов уровня и работают по принципу “что пришло, то и ушло”.



У высококлассной системы все внешние устройства должны работать с одинаковым уровнем. Задача основного пульта - увеличить уровень всех входных сигналов там, где это необходимо. После этого все внешние компрессоры, лимитеры, эквалайзеры и прочие внешние компоненты системы не должны изменять уровень возвращаемого сигнала.

Учитывая вышесказанное, Вы должны правильно настроить все имеющиеся в системе регуляторы уровня.

Независимо от того, сколько в системе внешних устройств - настройка усиления выполняется аналогично. Напомним еще раз, что основная цель - максимально увеличить соотношение сигнал/шум каждого устройства в отдельности с целью максимального увеличения соотношения сигнал/шум всей системы. Это означает, что через каждое устройство без перегрузки должен пройти максимально усиленный сигнал.

## НАСТРОЙКА РЕГУЛЯТОРОВ УРОВНЯ УСТРОЙСТВ ОБРАБОТКИ СИГНАЛА

Для начала микшерный пульт настраивается с целью обеспечения на выходе *максимального сигнала системы*, затем этот сигнал используется для настройки внешних устройств.

Наиболее удобный источник звука - встроенный в микшер. При наличии встроенного генератора воспользуйтесь им; если его нет, возьмите внешний генератор. Подключите генератор к неиспользуемому каналу микшерного пульта. Тщательно установите уровень громкости генератора и входную чувствительность канала так, чтобы микрофонный предусилитель не перегружался. Затем установите общий выходной фейдер в положение, соответствующее наиболее высокому неискаженному уровню сигнала в вы-

ходном каскаде. Определите значение этого максимального уровня с помощью любого из трех предложенных приборов: индикаторов перегрузки, осциллографа или вольтметра переменного тока (АС).

- **Индикаторы перегрузки.** Увеличивайте уровень сигнала до тех пор, пока не засветится индикатор перегрузки (или пока выходной индикатор не укажет на состояние перегрузки). Данный уровень соответствует максимальному уровню сигнала системы на выходе, хотя это не совсем точно, потому что большинство индикаторов перегрузки срабатывает на несколько дБ ранее реальной перегрузки.

- **Осциллограф.** Использование индикатора перегрузки быстро и удобно для настройки уровней. Однако лучше всего воспользоваться осциллографом и реально *измерить* значение на выходе, что позволит установить, когда именно начинается реальная перегрузка.

- **АС вольтметр.** Если у Вас нет осциллографа, Вы можете воспользоваться вольтметром переменного тока (лучше всего со шкалой в дБ). Здесь, в отличие от первого варианта, выберите очень большой уровень выхода, скажем + 20 dBu (7.75 Vrms) и *примите его за Ваш максимальный уровень*. Теперь настраивайте все устройства таким образом, чтобы они не перегружались на этом уровне. Это достоверный и точный способ выполнения настроек, но является ли в действительности выбранный уровень максимальным? Вы уже знаете (исходя из вышеизложенного), что Вам нужна 12-20 дБ перегрузочная способность сверх уровня среднего сигнала. В профессиональной аудио среде практикуется установление среднего уровня в пределах +4



dBu). А так как вся высококачественная профессиональная аудио аппаратура может работать с +20dBu входным и выходным сигналами - данное значение является безопасным максимальным уровнем для настройки усиления, обеспечивая перегрузочную способность 16 дБ, что вполне достаточно для большинства систем.

Внешние устройства по наличию регуляторов усиления/уровня можно разделить на три категории :

- нет регуляторов
- один регулятор, регулировка на входе или выходе
- два регулятора, регулировка как на входе, так и на выходе.

Совершенно очевидно, что с первой категорией нет никаких проблем!

При наличии только одного регулятора уровня, независимо от его местоположения, пользуясь одной из вышеперечисленных методик (с помощью индикатора перегрузки, осциллографа или установки +20 dBu вольтметром переменного тока) установите его в положение, обеспечивающее максимальный уровень сигнала на выходе.

При наличии двух регуляторов очень важно выставить первым входной *регулятор*. При этом поверните ручку выходного регулятора ровно настолько, чтобы можно было наблюдать сигнал. Установите входной регулятор в положение, при котором только начинает загораться индикатор перегрузки, затем поверните его чуть-чуть назад, или с помощью осциллографа найдите положение до начала перегрузки. Затем аналогичным образом выставьте выходной регулятор.

Примечание: нет ни одного более или менее приемлемого способа с помощью вольтметра переменного тока оптимально выставить вход-

ной регулятор в устройствах с двумя регуляторами.

## НАСТРОЙКА УСИЛИТЕЛЕЙ МОЩНОСТИ

Если в Вашей системе используются активные кроссоверы – для начала установите регуляторы уровня выхода кроссоверов в максимальное положение.

Существует много разночтений относительно регуляторов усилителя мощности.

Во-первых, давайте договоримся, что регуляторы усилителя мощности являются *регуляторами чувствительности* (не имеет никакого значения *как* они калиброваны). Они не являются регуляторами *мощности*. Они *не имеют ничего общего с выходной мощностью*. Это регуляторы чувствительности, т.е. эти регуляторы точно определяют, при каком уровне сигнала на входе усилитель сможет развить максимальную мощность. Или, если Вам так больше нравится, они определяют только *чувствительность* усилителя. Например, они могут быть установлены таким образом, что усилитель развивает максимальную мощность при уровне входного сигнала +4 dBu, или +20 dBu или при любом ином необходимом значении.

Они действительно не могут повлиять на *изменение* имеющейся выходной мощности. Они только изменяют необходимое значение уровня сигнала на входе, при котором усилитель развивает максимальную выходную мощность.

При четком осознании вышесказанного установка этих регуляторов выполняется элементарно. Для получения максимальной выходной мощности при подаче на вход максимального уровня сигнала необходимо выполнить следующее:

1. Установите все регуляторы чувствительности усилителей в минимальное положение



2. Убедитесь в том, что с источника сигнала на усилитель подается максимальный неискаженный сигнал.

3. Предупредите всех окружающих о том, что сейчас будет **ОЧЕНЬ** громко!

4. Закройте свои уши и включите усилитель.

5. Медленно поворачивайте регулятор до момента наступления первых признаков перегрузки. Стоп! Это и есть максимально возможная выходная мощность при максимальном уровне сигнала системы на входе. В целом, если не будет подан более сильный сигнал на вход, данная настройка гарантирует работу усилителя без перегрузки.

Примечание: если при этой мощности «вылетают» головки АС или появляются какие-либо искажения, значит усилитель и колонки не согласованы между собой.

Повторите все вышеуказанные шаги для каждого усилителя в отдельности.

6. Отключите тестовый сигнал.

## **РЕГУЛЯТОРЫ ВЫХОДНОГО УРОВНЯ АКТИВНОГО КРОССОВЕРА**

Настройка выходных аттенуаторов активных кроссоверов отличается от настройки любого другого внешнего устройства, т.к. их цель совершенно иная. Данные аттенуаторы позволяют установить различные уровни на выходе каждой полосы для корректировки различий в эффективности акустических систем (АС). Это означает, что при одном и том же подаваемом напряжении на АС различных полос получают различные уровни громкости. Эти различия характеризуются *чувствительностью* акустической системы, обычно определяемой как звуковое давление, развиваемое системой на расстоянии 1 м от центра диффузора при подводимой электри-

ческой мощности 1 Вт, выраженное в дБ SPL(уровня звукового давления).

Итак, Вы хотите настроить эти регуляторы таким образом, чтобы добиться одинаковой максимальной громкости в каждой полосе. Попробуйте выполнить следующее:

1. Выключите все выходы кроссовера *кроме самой низкой полосы частот.* ( В стерео системах регулировки выполняются по каждому каналу отдельно).

2. Если есть, то при настройке в качестве источника сигнала используйте «розовый» шум; если нет, то используйте тональный сигнал частоты, соответствующей середине диапазона каждой полосы. Увеличивайте уровень входного сигнала до тех пор, пока не убедитесь в том, что с пульта выдается сигнал максимального уровня (приблизительно в районе точки перегрузки пульта). Используя измеритель уровня звукового давления (SPL-meter) (*отключите в нем все взвешивающие фильтры; измеритель должен работать в режиме измерения плоской амплитудно-частотной характеристики*) уменьшайте выходной уровень кроссовера до тех пор, пока не будет достигнут желаемый максимальный уровень громкости, обычно равный 100-105 дБ SPL. Очень громко, но не опасно.

Отлично. Вы установили, что при данном максимальном сигнале акустика не превысит заданный максимальный уровень громкости (в выбранном для измерения месте). Теперь выполните то же самое для других полос в следующей последовательности:

1. *Приглушите настроенную полосу, но не поворачивайте в сторону минимального положения регулятор уровня - Вы ведь уже выставили его!* Если в кроссовере нет кнопки MUTE, отключите кабель от усилителя мощности.

2. Введите сигнал на выходе следующей полосы до достижения *аналогичного* максималь-



ного уровня громкости. Остановитесь и приглушите этот выход.

3. Повторите эту процедуру до тех пор, пока не будут выставлены все регуляторы уровня выхода.

4. Разблокируйте приглушение всех секций и отключите тестовый источник (сигнала).

*Поздравляем!* Вы закончили корректную настройку усиления Вашей системы. Теперь можно настроить эквалайзер и все динамические контроллеры. Не забывайте о том, что после выполнения тональной коррекции *обязательно необходимо регуляторами уровня эквалайзера установить единичное усиление*. Переключая с помощью кнопок BYPASS откорректированный и не откорректированный звук, выставьте регулятор уровня для получения одинаковой громкости в обоих положениях кнопок.

## РЕЗЮМЕ

Оптимальное звучание требует корректной настройки регуляторов усиления звуковых систем. Именно в этом заключается различие между отлично и посредственно звучащими системами. При правильном порядке настройки начинают с настройки усиления пульта или предварительного усилителя. Все внешние устройства должны работать с единичным усилением и настраиваться таким образом, чтобы проходящий через них сигнал был *максимальным сигналом системы* без перегрузки. Регуляторы чувствительности усилителя мощности выставляются таким образом, чтобы уровень проходящего сигнала системы был *максимальным* без возникновения искажений. И, наконец, регуляторы уровня активного кроссовера выставляются для корректировки различной чувствительности АС.

## ДЕЦИБЕЛЫ

**Децибел.** (Сокр. Db) Равен 1/10 бела. (от имени Александра Грэхема Бела). Наиболее удобное средство и способ выражения *соотношения* аудио сигналов различного уровня. Это математическое выражение, в котором для сокращения количества цифр в числе используются логарифмы. Например, вместо того чтобы сказать, что динамический диапазон находится в пределах 32000 к 1, мы говорим, что он равен 90 дБ. (Результат в децибелах получен по формуле  $20 \log x/y$ , где  $x$  и  $y$  – это различные уровни сигнала).

Являясь отношением, *децибелы* не имеют единиц измерения. Все относительно. Но т.к. это относительная величина, то децибел должен соотноситься с какой-то *исходной* точкой отсчета равной 0 дБ. Для отличия одних исходных точек от других добавляется буквенный суффикс, например:

**0 dBu** Точка отсчета по напряжению равная 0,775 Vrms

**+ 4 dBu** В профессиональной аудио технике - стандартный уровень отсчета напряжения, равный 1,23 Vrms.

**0 dBV** Точка отсчета напряжения равная 1,0 Vrms.

**- 10 dBV** Стандартный уровень отсчета напряжения для бытовой и некоторой профессиональной техники (например - TASCAM) равный 0,316 Vrms. (наличие RCA соединителей явно указывает на то, что устройство работает с уровнями – 10 dBV).

**0 dBm** Точка отсчета *мощности*, равная 1 милливатту. Для преобразования в эквивалентную единицу уровня напряжения, *необходимо указать значение сопротивления*. Например, 0 dBm при 600 Ом равно уровню напряжения в 0,775 В или 0 dBu; хотя 0 dBm при 50 Ом, к примеру, соответствует напряжению в 0,224 В. Т.к. в настоящее время в области аудио техники обычно используются значения уровней напряжения (в отличие от ранее используемых значений уровней мощности), преобразование через опорный уровень в 0 dBm уже не нужно (устарело). Лучше всего пользоваться в качестве единицы измерения отсчетными уровнями в 0 dBu или – 10 dBV.

**0 dBr** Условный отсчетный уровень ( $r = re$ , т.е. относительный) требующий спецификации. Например, шкала графика соотношения сигнал/шум может быть задана в dBr, где значение 0 dBr принимается равным 1,23 Vrms (+ 4 dBu). Обычно это записывается следующим образом « dB re +4», что означает « 0 dBr принимается равным +4 dBu».

**0 dBFS** Цифровой отсчетный уровень аудиосигнала равный значению «полная шкала». Используется при спецификации ЦАП и АЦП. Полный масштаб привязывается к максимально возможному *тиковому* уровню напряжения до наступления цифрового ограничения сигнала или цифровой перегрузки преобразователя данных. Значение «полная шкала» обусловлено внутренней конструкцией преобразователя и у разных моделей различно.