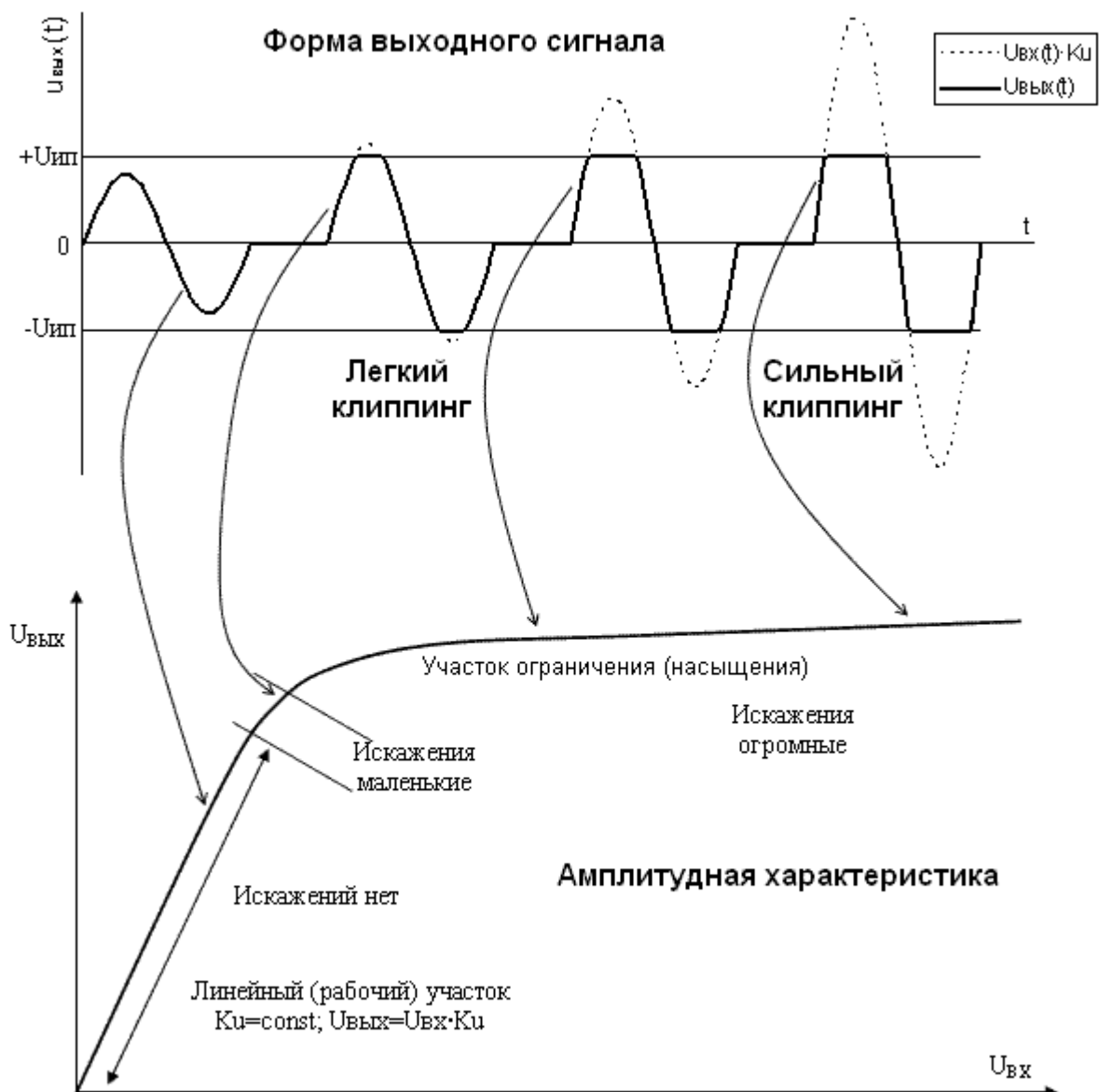


Ограничение сигнала усилителем – можно ли работать в клиппинге?

Ограничение сигнала усилителем (клиппинг) – это такая ситуация, когда от усилителя пытаются получить напряжение на нагрузке больше, чем тот может обеспечить.

В нормальном рабочем диапазоне входных напряжений, зависимость выходного напряжения от входного практически линейная (на самом деле не совсем, и эта небольшая нелинейность порождает искажения, которые призван оценить коэффициент гармоник K_g , или THD по-иностранному, и это отклонение от прямой составляет 0,001...0,1%), и форма выходного сигнала совпадает с формой входного – усилитель сигнал просто усиливает не искажая, то есть работает правильно.

Если же входное напряжение все повышать и повышать, то выходное напряжение уже не будет по форме повторять входное: оно дойдет до какого-то предела, определяемого источником питания и схемотехникой усилителя, а потом перестанет изменяться. Форма сигнала при этом начинает отличаться от исходной, причем тем сильнее, чем сильнее клиппинг. В спектре сигнала появляется много таких составляющих, которых там сроду не было, причем спектр этих помех меняется динамически вместе с сигналом. Звук кардинально ухудшается. Нелинейность амплитудной характеристики при этом колоссальная и искажений соответственно намного больше.



В верхней части рисунка: пунктиром - то, что мы пытаемся получить, сплошной линией - то, что реально получаем.

Кроме того, в спектре сигнала появляется много высокочастотных составляющих, которые могут перегрузить ВЧ динамик колонки (ВЧ динамики на самом деле рассчитаны на гораздо меньшую мощность, нежели на них написано, см. например, [«Программа для расчета соотношения мощностей динамиков»](#)) и даже сжечь его!

Клиппинг (по-нашему он называется ограничением сигнала) - очень вредная для аналоговых усилителей вещь. В этой ситуации элементы усилителя не работают нормально. Их режимы могут быть неправильными (иногда транзистор просто неуправляем, и какое на нем будет напряжение/ток предсказать вообще невозможно). Обратная связь при этом тоже не работает, поэтому она не в состоянии скомпенсировать это безобразия.

Почему же бытует мнение (поддерживаемое аудиожурналами), что клиппинг – это совсем не страшно, даже совсем и не плохо, и в нем очень даже можно работать, особенно ламповой технике? Тут нужно окунуться в историю.

Лет 30-40 назад, когда почти вся техника была ламповой, выходная мощность аппаратуры была на уровне 0,5-1,5 Вт. 5 Вт – это было очень громко, а 20 Вт – уже для дискотеки.

Потом появились транзисторы, для которых не то, что 20, а 50-100 Вт не мощность, также как и широкий (20-20000) диапазон частот. Внимание конструкторов переключилось на динамики. Были созданы динамики с гораздо более гладкой АЧХ, большей линейностью, более широким частотным диапазоном. Но за все нужно платить – за лучшее качество расплатились КПД, который стал меньше в 10-20 раз. Сегодняшние динамики при подводимой громкости 10-20 Вт звучат также громко, как и старые при 1 ватте. Но большАя мощность не проблема, не так ли?

А потом появились аудиофилы с их однотактными в классе А ламповыми усилителями. И опять в обиход вошли маленькие мощности: Hi - End усилитель фирмы XXX имеет выходную мощность 4,5 Вт при цене 50 000\$; а фирмы ZZZ имеет 9 Вт при цене 120 000\$. Если к такому усилку подключить современные колонки, нужно будет хорошо прислушиваться, чтобы что-то услышать. А старых динамиков нет и выпускать их никто не собирается. Как быть?

Причем это еще не все. Ведь у музыки пик-фактор равен числу «пи» (до недавнего времени считалось, что «пи»/2, и даже советские стандарты на это ориентировались). Поэтому, чтобы пики сигнала оставались в линейной области амплитудной характеристики, общий уровень напряжения приходится уменьшать в 3 раза, а значит выходную мощность почти в 10 раз! Что там осталось от громкости? 0,45...0,9 Вт? Круто!

При таких ценах и таких мощностях проблема привлечения клиентов стоИт очень остро. Мощность увеличивать трудно технически, а применить другую схемотехнику нельзя – уже везде рекламой раструбили, что однотактник в классе А – это рулез, а все остальное – полный отстой. Отсюда и цены такие ломят. И тут кому-то пришла в голову светлая мысль: если увеличить громкость в 1,4 раза, то выходная мощность увеличится вдвое. Правда при этом кратковременные пики сигнала попадут в область насыщения, и их форма уже будет искажена.

А вот это оказалось и не так страшно – излом амплитудной характеристики ламповика гораздо более пологий, чем транзистора (особенно, если ламповик или совсем без общей ООС, либо с очень слабой). И эти искажения не порождают такой жуткий спектр гармоник и комбинационных частот, как у транзисторников. На самом деле, это уже халтура – искажения, хоть и сравнительно небольшие, уже появляются, напрочь убивая тем самым все преимущества сверхлинейного лампового усиления. Но фокус в том, что услышать это могут немногие люди. А подобные усилители покупают люди не столько с соответствующим слухом, сколько с соответствующим кошельком.

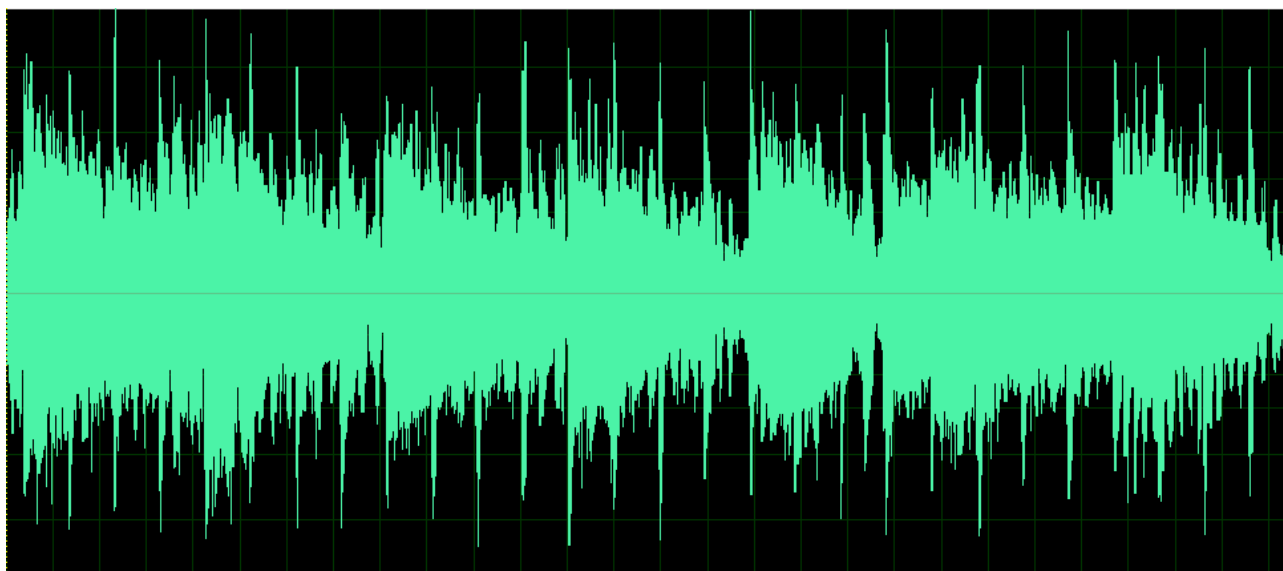
Поэтому идея оказалась очень кстати, только нужно было как-то ее легализовать. Ну и пошла гулять по «аудиомурзилкам» деза о том, что клиппинг – это и не страшно вовсе. Когда к этому привыкли, пошли дальше – убедили население, что в клиппинге вообще можно работать. Общественное мнение сформировали, и после этого «подняли» уровень воспроизведения ламповиков до максимума. То, что в таком режиме он играет хуже, чем хороший транзисторный усилитель – про это все молчат (кто знает), а сравнить – ну кто же будет сравнивать суперэлитный ламповик с каким-то «каменным дерьмом»!

Зато громкость сразу получилась намного выше, и теперь, обрабатывая клиента купить усилитель вдвое дороже его «Мерседеса», можно не бояться упрека в том, что он тихо играет. А что касается качества... А качество – его и по ценнику хорошо видно, а те, кто сомневается – жлобы из глубокой провинции, ничего в аудиофильстве не понимающие!

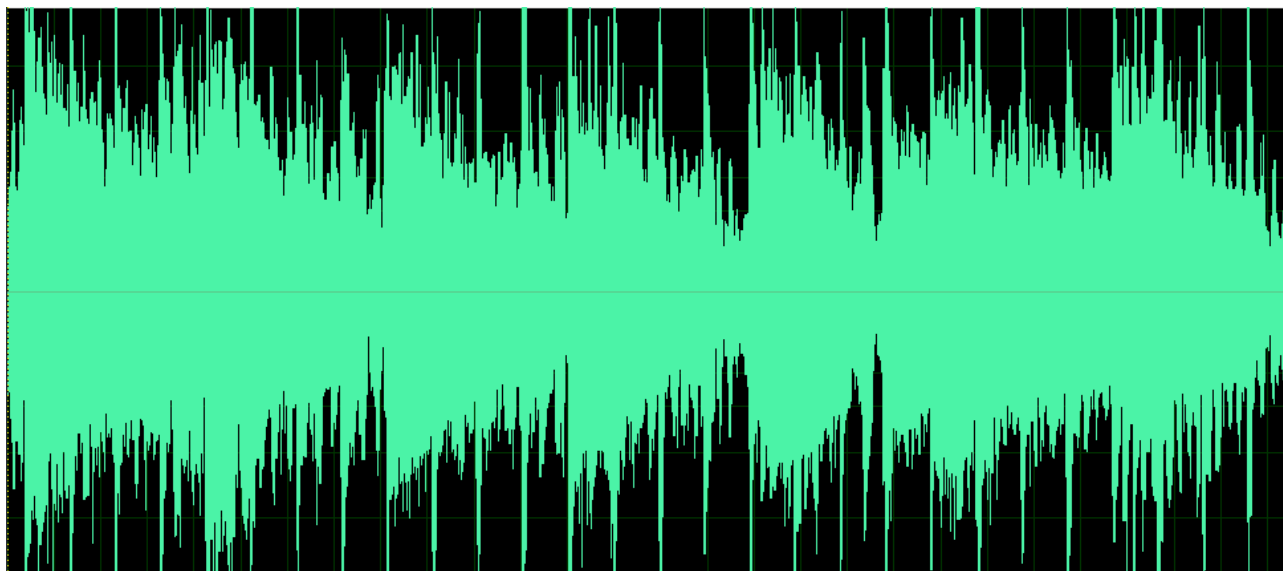
Вот наглядная демонстрация такого подхода. Сразу оговорюсь - это цифровые сигналы. В них происходит самый страшный на свете клиппинг. Потому что в них действует только математика - четкое сравнение амплитуд: если больше нормы, то сигнал режется. В транзисторных усилителях ограничение несколько более мягкое, а в ламповых еще мягче. Но не настолько, чтобы этот пример потерял актуальность, потому что принцип - он есть везде.

Итак, исходный сигнал. Амплитуда максимальна. Хорошо видны всплески амплитуды. Масштаб по оси времени: 1 деление = 1 секунда, поэтому видно, что всплески редкие.

Кстати, психоакустика учит нас, что если эти редкие всплески обрезать, то сознание этого не заметит, то есть мы не будем слышать явных искажений. Но с субъективной стороны при прослушивании мы будем ощущать, что "что-то не то" - отсутствует легкость, воздушность, естественность и прочие "эзотерические" явления. Именно для того, чтобы показать способность усилителя воспроизвести эти редкие короткие всплески, придумали мощность РМРО - кратковременную мгновенную, которая должна быть раз в 10 больше номинальной. И именно ее взяли за основу "китайской" мощности - уж очень цифры внушительные получаются!

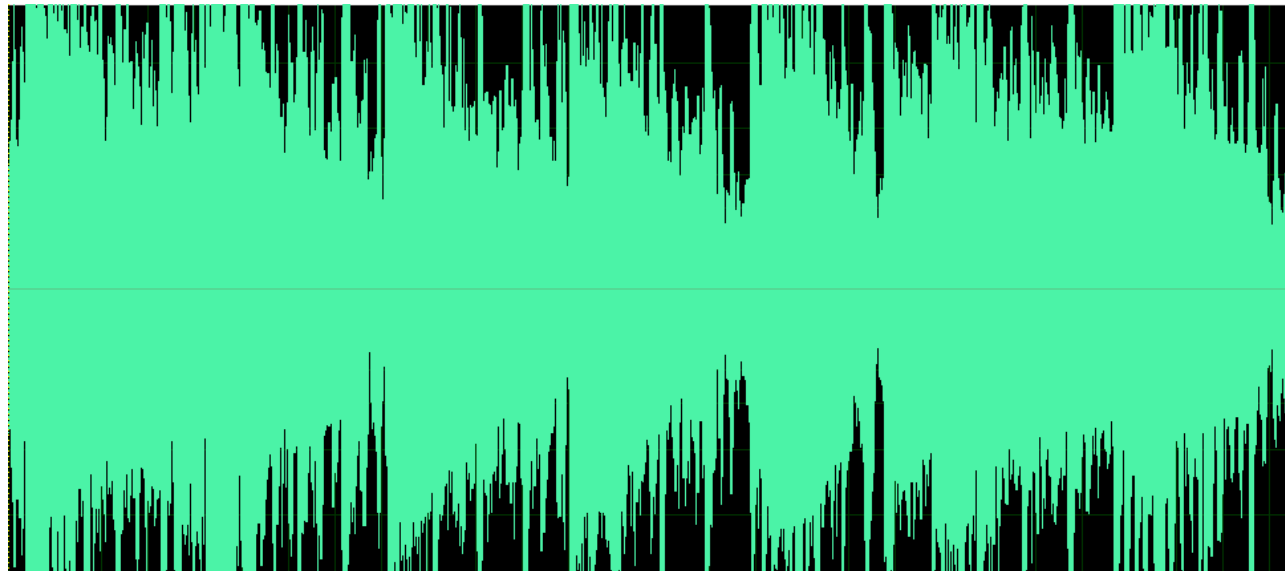


Далее, увеличиваем сигнал на 3 дБ (в 1,4142... раз). Хорошо видно, что весь сигнал стал "громче". Но максимальная амплитуда не изменилась - ведь больше максимума не бывает! Поэтому относительная высота пиков уменьшилась.



А теперь внимание, правильный вопрос! Как можно говорить о нюансах правильности и волшебной чистоты лампового звука при таких огромнейших, заметных даже на глаз искажениях? Вы этим словам верите? Я - нет.

Если исходный сигнал увеличить в 2 раза, то мне не хватает печатных слов, чтобы прокомментировать результат. Поищите-ка здесь знакомые импульсы-пики! И нас пытаются убедить в том, что такое можно слушать?! Можно. Только я лично вместо такого варианта лучше выберу этот противный транзисторный усилитель, только чтобы в нем был сигнал, как на первом рисунке.



PS . На самом деле это довольно сложная проблема – сделать соответствующие подходящие колонки с очень высокой отдачей, чтобы обеспечить громкое звучание без клиппинга усилителя. Но на самом деле, в мире довольно мало людей, которые отличат звучание хорошего лампового усилителя от хорошего транзисторного (я имею в виду, что усилитель считается хорошим не потому, что так написано на его этикетке, или в модном журнале; я имею в виду по-настоящему хороший усилитель, без всяких подтасовок). Причем здесь важен весь комплект аппаратуры, носитель и сама запись, помещение для прослушивания, и даже психологическое состояние слушателя.

Поэтому, если у вас немного не хватает денег на покупку лампового усилка за 50 000\$, то не расстраивайтесь – купите хороший транзисторный и не пожалеете! Только берите его с нормальным запасом по мощности, чтобы никакого клиппинга и близко не было, и да пребудет с вами сила!

Игорь Рогов

21.07.2006

<http://www.electroclub.info/>