

Лекция 7. УСТРОЙСТВА СПЕЦЭФФЕКТОВ

7.1 УСТРОЙСТВА ЗВУКОВЫХ ЭФФЕКТОВ (УЗЭ)

УЗЭ широко применяются в процессе первичной обработки ЗС при записи и передаче вокальных и инструментальных произведений, а также при звучании электромузыкальных инструментов.

Большинство УЗЭ, как и ревербераторы, основаны на смешивании прямого (незадержанного) сигнала с одним или несколькими его задержанными повторениями, но времена задержек изменяются здесь с различной скоростью и по различным законам.

Некоторые способы образования большинства простейших ЗЭ иллюстрируются схемой рисунок 7.1.

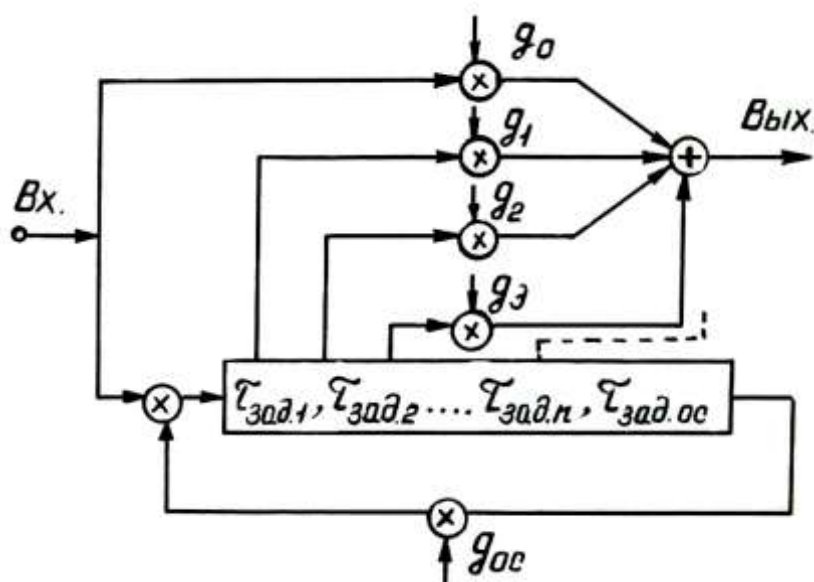


Рисунок 7.1 – Структурная схема образования спецэффектов

В простейшем случае, при коэффициентах $g_0=g_1=g_2=0$, $g_3=1$ и $g_{ос}=0$ получаем задержку ЗС с регулируемым $\tau_{зад.3}$.

Эффект «эхо» – имитация отражения от одной или нескольких поверхностей, расположенных на большом расстоянии. При отражении от одной поверхности: $g_0=g_1=g_{ос}=0$, $g_3=1$; g_3 – регулируемое. Величина $\tau_{зад.3}$ должна быть не менее 50 мс, поскольку при меньшем значении два сигнала

не различаются на слух. При подаче задержанного сигнала в цепь обратной связи устройства получают «многократное эхо», при $g_{OC} < 1$ – затухающее, при $g_{OC} > 1$ – нарастающее (звучание, не встречающееся в природе), $\tau_{зад.OC}$ – определяет период повторения.

«Подчеркивание» сигнала – создается эффект увеличения громкости звучания без повышения выходной мощности. Достигается это добавлением к прямому ЗС сигналу сигнала с фиксированным $\tau_{зад}$, значение которого зависит от характера сигнала (например, 20 мс – для бас-гитары; 25-45 мс – для вокалиста; 100 мс – для хора и т.д.). При дальнейшем увеличении $\tau_{зад.3}$ появляется эффект дублирования.

«Вибрато» – эффект типа гавайской гитары. Может быть получен периодическим изменением $\tau_{зад.2}$ по синусоидальному или «треугольному» закону с частотой единицы и доли Герц.

«Дуэт» – один голос звучит, как два. Достигается суммированием прямого и задержанного сигналов. Величина задержки относительно медленно меняется по случайному закону в пределах 2...25 мс.

«Хор» – один голос, один инструмент звучит, как хор или оркестр однородных инструментов. Образуется аналогично эффекту «дуэта», но к прямому сигналу добавляется несколько задержанных сигналов, времена задержек изменяются независимо друг от друга.

Эффекты **«фейзинг»** и **«фленжинг»** создают схожие специфические звучания типа «плавания» и «качания звука», как бы возникающего вокруг слушателя.

Эффекты основаны на подавлении отдельных участков спектра ЗС, т.е. на создании неравномерной АЧХ с перемежающимися «впадинами» (нулевыми 'тетками) и «горбами».

Вокалстрессор. Буквальный перевод – подчеркиватель, выделятель пения. Обоснованием к применению вокалстрессора служат следующие обстоятельства.

В спектре голосов певцов есть две частотные области с повышенным уровнем (певческие форманты).

Высокая форманта обуславливает способность голоса переноситься вдаль, перекрывать звучание оркестра. Это объясняется тем, что частота этой форманты приходится на область наибольшей чувствительности слуха человека.

Этим свойством обладают не только певческие голоса, но и музыкальные инструменты, даже не создающие большой акустической мощности (скрипки Амати, Гварнери, Страдивари).

Вокалстрессор служит для изменения характера, обогащения звучания певческих голосов, выделения их на фоне звучаний музыкальных инструментов. Это фактически голосовой «протез».

Вокалстрессор – это сочетание комбинированного АРУ и эквалайзера.

Эквалайзер – многополосный регулятор АЧХ (27-30 частотных полос и пределы регулятора $K = \pm 20$ дБ) позволяет наиболее точно имитировать певческие форманты. На нем легко реализуются фильтры присутствия (презенс-фильтры). Фильтр присутствия поднимает АЧХ в сравнительно узкой полосе частот. Высоту подъема АЧХ регулируют, а частоты обычно выбирают 0,7; 1,4; 2,1; 2,8; 4 Гц.

Итак, вокалстрессор содержит:

- расширитель – при малых входных уровнях – функции шумоподавления;
- сжиматель – на средних уровнях;
- ограничитель – при $U_{вх} > U_{вх.ном}$;
- эквалайзер – для подбора формы АЧХ.

Вокалстрессор F-769X-R (фирмы Аудио-Дизайн, Великобритания) имеет гибкую структуру, т.е. возможность соединять его основные звенья, сжиматель и эквалайзер, в различных сочетаниях.

Выбор структуры зависит от вида звучания и вкусов звукорежиссера.

Параметры сжимателя и расширителя можно изменять в широких пределах. Для расширителя – два режима регулирования времени срабатывания:

- ручной;
- автоматический – t_{cp} устанавливается цифровым процессором, реагирующим на динамику изменения входного сигнала.

Таблица 1 – Динамические параметры вокалстрессора

Звено	t_{cp} , мс	t_b , мс
Расширитель	25-400 (руч.) 100-1000 (авт.)	0,1; 3; 40
Сжиматель	0,3; 1,5; 25	15÷1500
Ограничитель	0,2	15

Коэффициент расширения $D_{расш}$ – от 1:1,2 до 1:10

Коэффициент сжатия $D_{сжимателя}$ – от 1:1 до 20:1.

$K_T < 0,5$ % каждого из регуляторов.

Генератор ВИБРАТО.

Вибрато – это плавные, ритмичные пульсации голоса. Это результат периодического изменения интенсивности, частоты и спектра звука.

Для слуха наиболее приятны пульсации с частотой 5-7 Гц. Пульсации делают голос живым, одухотворенным.

Хорошее вибрато придает звуку певческого голоса большую уверенность и определенность.

К вибрато прибегают и инструменталисты (скрипачи, виолончелисты, трубачи). Для уменьшения недостатков певческого или инструментального звучания пользуются особыми электронными устройствами – **генераторами вибрато.**

Генератор вибрато – это мультивибратор или его цифровой аналог, колебания которого накладываются на исходный сигнал, как бы модулируют его по частоте (реже по амплитуде или по фазе).

Этим создается окраска звучания, свойственная естественному вибрато.

Частотный диапазон вибрато устанавливается в пределах от 4 до 7 Гц (чаще всего используют 6 Гц).

Кроме изменения частоты предусматривается изменение интенсивности колебаний вплоть до полного исключения эффекта.

Обязательно требование симметрии девиации. Асимметрия девиации вызывает ощущение изменения средней высоты тона.

Желательно, чтобы при увеличении уровня сигнала (при увеличении громкости) величина девиации плавно возросла.

Эксайтер. Это устройство преобразования спектра или синтезатор спектра.

Оно построено на основе цифрового процессора. Процессор на основе анализа низкочастотных составляющих спектра воссоздает их ВЧ гармоники.

Тем самым спектр сигнала обогащается новыми составляющими и расширяется в сторону более высоких частот.

Область применения эксайтера – реставрация старых фонограмм. С помощью эксайтера исходный спектр расширяют примерно вдвое.

Пример эксайтера – AURAL-M-S фирмы «Афекс» (США).

Старые фонограммы сильно зашумлены (высок уровень помех).

Сигнал с монофонической фонограммы воспроизводится стереофоническим звукозаписывающим устройством. Обе стороны канавки грампластинки модулированы сигналом одинаково, следовательно, коррелированы.

Механические неоднородности сторон канавки, обуславливающие шум, различны, не коррелированы.

Анализирующее устройство выделяет коррелированные напряжения и подавляет некоррелированные. Это приводит к улучшению отношения сигнал/помеха.

Устройства изменения высоты тона. Необходимость такого устройства вызвана технологией записи эстрадных исполнителей.

Сначала готовят фонограмму оркестрового сопровождения, а затем пишут голос солиста (это исключает повторную запись оркестра при ошибках солиста).

Но часто ко времени записи солиста его звуковой диапазон несколько меняется и аккомпанемент необходимо транспортировать в иную тональность.

Чтобы не повторять запись оркестра, электрический сигнал оркестровой фонограммы преобразуют аппаратурными средствами.

Почему нельзя транспортировать спектр сигнала методом гетеродинирования, смещая частоту f_1 исходного сигнала в ту или иную сторону с помощью вспомогательной частоты f_2

$$f_3 = f_1 \pm f_2$$

Применение этого метода нарушает исходный гармонический строй.

ПРИМЕР. Пусть исходный сигнал содержит частоты f и $2f$ (активное соотношение). При смещении на Δf получаются частоты $f + \Delta f = f_1$ и $2f + \Delta f = f_2$, т.е. октавный интервал будет нарушен ($f_2 \neq 2f_1$). То же случится со всеми другими музыкальными интервалами.

Для устранения этого недостатка необходимо, чтобы смещение каждой частоты Δf_i было пропорционально этой частоте f_i . Выполнить это условие простыми аппаратурными средствами невозможно.

Транспортирование звучания в иную тональность можно осуществить, изменив скорость движения фонограммы до значения V_2 по сравнению с исходной скоростью записи V_1 .

Если V увеличить, то спектр сместится в область более высоких частот, если уменьшить – в область более низких частот. Соответственно изменится высота тона.

Такая возможность имеется в современных монтажных магнитофонах. Достигается это питанием ведущего двигателя магнитофона от генератора с управляемой частотой. Однако при этом изменится длительность звучания:

при изменении высоты звука на полтона – на 6%

на тон – на 12%

на два тона – на 26%

Возможности такого способа хотя и ограничены, но пределы такого транспонирования звука практически вполне достаточны.

*Для изменения тональности без изменения длительности звучания используют магнитофон с вращающимся блоком головок или **цифровое устройство – гармонайзер.***

Идея действия магнитофона с вращающимся блоком головок (рисунок 7.2):

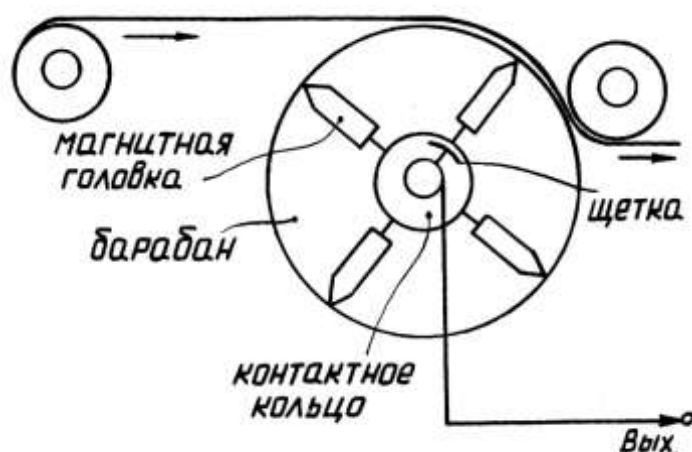


Рисунок 7.2 – Блок записи магнитофона

Чтобы понять принцип действия устройства, представим, что на ленте записаны импульсы, следующие с какой-то частотой.

Если барабан неподвижен, то одна из головок будет считывать импульсы с той частотой, с какой они были записаны.

Пусть барабан вращается по часовой стрелке, то головка как бы «догоняет» импульсы, записанные на фонограмме, и за прежний промежуток времени головки считают меньшее количество импульсов, т.е. их частота уменьшится.

Если барабан с головками вращается против часовой стрелки (против направления движения фонограммы), то за тот же промежуток времени будет

считано больше импульсов, чем при неподвижном барабане, т.е. частота следования воспроизводимых импульсов увеличится по сравнению с исходной.

Изменения частоты при постоянной скорости вращения барабана будут пропорциональны частоте записанных сигналов, и нарушения гармонического строя не произойдет.

Описанный эффект получают сегодня с помощью цифровых устройств.

Сигнал превращают в цифровую форму и записывают в ячейки памяти.

При считывании выборок некоторые записанные значения повторяются, либо, наоборот, пропускаются. Результатом является повышение или понижение высоты тона воспроизводимых сигналов. Это и другие преобразования производятся **гармонайзером**.

Гармонайзер – это многофункциональное программируемое цифровое устройство.

Пример – Ультрагармонайзер Н-3000 фирмы «Эвентайд» (США) выполняет:

- смещение спектра;
- имитирует процесс реверберации;
- осуществляет задержку сигнала;
- другие спецэффекты (иллюзия звучания ударных инструментов в различных ритмах) и т.д.

Упрощенная структурная схема ультрагармонайзера показана на рисунке 7.3.



Рисунок 7.3 – Гармонайзер

Управляют гармонайзером с помощью клавишной тастатуры.

Помимо «жестких», готовых программ, можно ввести иные, свободные программы преобразований.

Параметры преобразований изменяют дискретно или плавно. Набранные значения вводятся в программную память и индуцируются на табло.

Используя гармонайзер, можно получить своеобразный эффект – «расщепление» голоса. Смещенный по высоте, например, на терцию (на два тона) голос соединяют с несмещенным голосом и создают иллюзию исполнения произведения двумя солистами, дуэтом.

С помощью гармонайзера имитируют ряд других эффектов:

- высотное вибрато (своеобразную амплитудную модуляцию интенсивности звука);
- тремоло (быструю смену звучания двух соседних по высоте тонов);
- арпеджио («разорванные аккорды» подобные аккордам арфы);
- одиночное и многократное эхо.

Устройства изменения длительности звучания. Иногда возникает необходимость изменить длительность звучания. Это нужно для того, чтобы избежать излишних пауз между передачами или (что чаще) вместить передачу в промежуток времени, задуманной сеткой вещания.

Если требуемые изменения невелики (6-12%), их можно получить изменением скорости движения фонограммы в магнитофоне. Изменение высоты звука при этом не замечаются слушателями.

Большие возможности изменения длительности звучания дают цифровые методы.

Фирмы-изготовители этих устройств скрывают примененные технические решения. В Германии такие устройства называют «растягиватель времени» – Zeitdehner.

Идею растяжения или сжатия звучания во времени излагают так:

на основе анализа записанных в цифровую память сигналов определяют частоты колебаний и добавляют или, наоборот, удаляют некоторое количество периодов колебаний.

В лучших образцах таких устройств длительность звучания изменяется от половины до удвоенного значения первоначальной длительности.

Компрессор. Любой компрессор, как, впрочем, и любое устройство динамической обработки вообще, содержит основной канал и канал управления (рисунок 7.4).

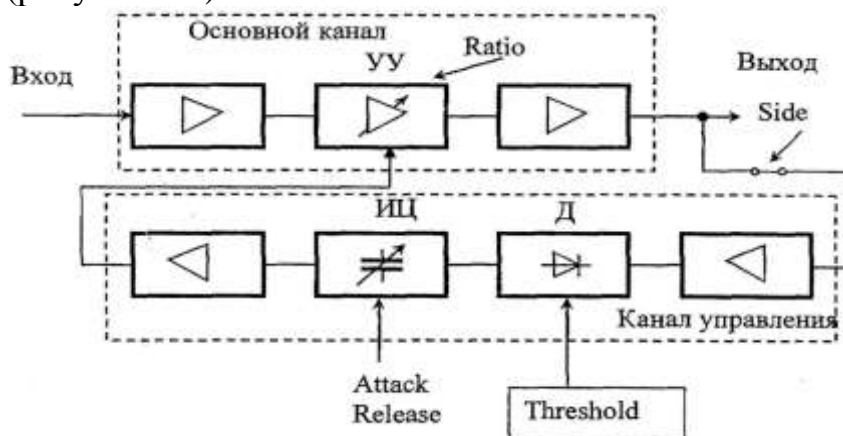


Рисунок 7.4 - Функциональная схема компрессора

В состав основного тракта входят обычно необходимые усилители и элемент, изменяющий коэффициент усиления звукового сигнала - управляемый усилитель УУ. Основными элементами канала управления являются детектор Д и инерционная цепь ИЦ. На рисунке 7.4 показано, в каких каскадах осуществляется изменение характеристик компрессора.

Общеизвестно свойство компрессии, особенно быстрой (при малых временах срабатывания и восстановления), как бы "съедать" высокие частоты в обрабатываемом сигнале. Для устранения этого явления в некоторых компрессорах применяются различного рода специальные устройства, позволяющие в ряде случаев нейтрализовать этот нежелательный эффект. Обычно в таких устройствах сигнал разделяется на две полосы, и, в то время как основной сигнал компрессируется, его высокочастотная составляющая передается на выход либо неизменной, либо наоборот, усиленной, пропорционально ослаблению уровня основного сигнала. В выходном усилителе обе эти составляющие суммируются, и эффект "съедания высоких частот" таким образом существенно ослабляется.

В общем случае действие компрессора приводит к:

- повышению средней мощности сигнала;
- повышению громкости звучания обрабатываемого сигнала;
- сжатию динамического диапазона сигнала.

Экспандер. Экспандер - это "компрессор наоборот" (от английского "to expand" - расширять, растягивать). У него коэффициент передачи пропорционален уровню входного сигнала.

Существуют две основные разновидности экспандера - "экспандер вверх" (upward expander) и "экспандер вниз" (downward expander).

Отличаются они по характеру реагирования на входной сигнал. "Экспандер вверх" обрабатывает сигналы, лежащие только выше порога его срабатывания, делая громкие еще более громкими. Тихие же сигналы, ниже порога срабатывания, он не трогает.

Имеется две причины, почему этот тип экспандера мало используется. Во-первых, если степень сжатия слишком велика, то сигнал не восстановить ничем! А во-вторых, как и компрессор, экспандер имеет время срабатывания и время восстановления. Предположим, необходимо обработать суммарную фонограмму с записью самых разных инструментов. Чтобы обработанный "экспандером вверх" сигнал барабана не потерял свою исходную динамику, необходимо установить очень малое время срабатывания. Но при этом - сигналы инструментов с малым временем звуковой атаки (орган, струнные), благодаря действию экспандера, будут нарастать неестественно быстро, иначе говоря, начнут "щелкать" в момент срабатывания экспандера. Эти щелчки крайне неприятны на слух, не маскируются сигналом и практически полностью исключают возможность применения "экспандера вверх" в звукотехнике.

"Экспандер вниз", напротив, не оказывает воздействие на сигналы выше порога срабатывания, а только делает тише сигналы, лежащие ниже этого порога. По характеру своего действия и сигнал это устройство схоже с гейтом, и, как правило применяется для аналогичных целей: для подавления слабых мешающих сигналов. В этом качестве "экспандер вниз" входит составной частью практически во все шумоподавители (денойзеры).

Органы управления у экспандеров аналогичны компрессору. Это - регулятор порога срабатывания и регулятор степени расширения. Последний имеет маркировку, обратную компрессорной, т.е. он показывает, на сколько децибел изменится выходной сигнал при изменении входного сигнала на 1 дБ. Но, если в компрессоре $R=5:1$, это означает, что при изменении уровня входного сигнала на 5 дБ выходной сигнал изменится на 1 дБ, то в экспандере $R=1:5$ показывает, что при изменении входного сигнала на 1 дБ уровень выходного сигнала изменится на 5 дБ.

Следует отметить, что в структурной схеме экспандера управление возможно только по входу (иначе возникает положительная обратная связь).

Гейт (от английского gate - клапан, ворота) - один из самых распространенных приборов динамической обработки. Функция Gate - полная противоположность сжатию и ограничению. Основное, изначальное назначение гейта - отсека сигналов малого уровня, для которых он и является своеобразным клапаном, не пропуская их на выход. Таким образом, гейт - это пороговое устройство, отсекающее слабые клапаны, уровень которых находится ниже некоторого заданного порога.

Многие годы основным назначением гейта являлось устранение шумов в паузах. Однако, в последние годы, многие звукорежиссеры нашли гейту другое применение и стали использовать его для создания различных специальных эффектов. По своей работе гейт, предназначенный для создания спецэффектов, аналогичен формирователю огибающей в синтезаторах звука.

Это такой же многоступенчатый формирователь огибающей в сочетании с управляемым усилителем. Только запускается он не от нажатия клавиши, а при превышении входным сигналом порога срабатывания гейта.

Большинство гейтов имеют относительно несложный трехступенчатый формирователь огибающей, состоящий из трех частей - нарастания (attack), удержания (hold), и плавного затухания (release) (рисунок 7.5).

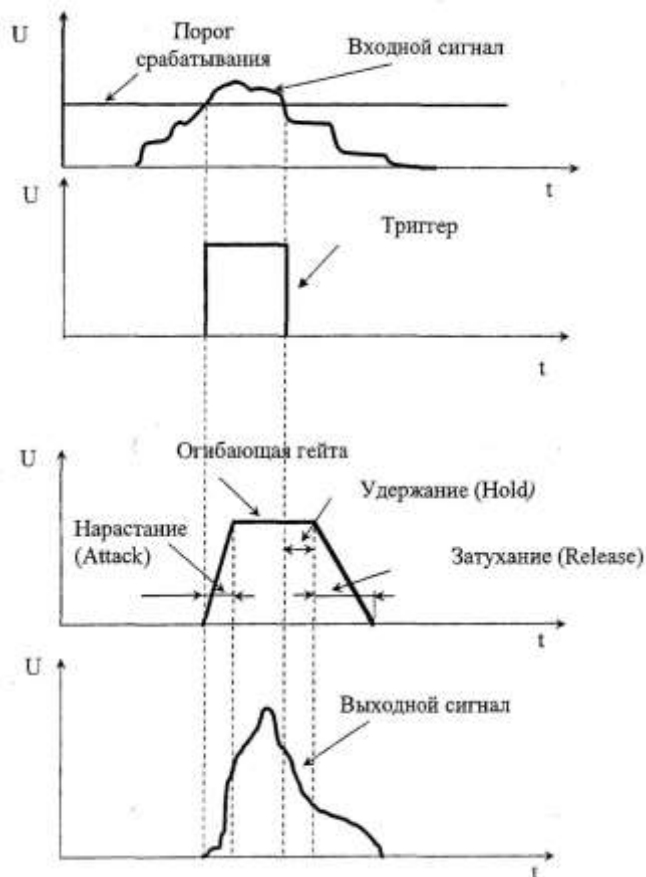


Рисунок 7.5 - Диаграмма работы гейта

На рисунке 7.5 изображены четыре сигнала - входной (верхняя сигналограмма), сигнал триггера (вторая сигналограмма), затем сформированная генератором гейта огибающая, и результирующий выходной сигнал (внизу).

В момент превышения входным сигналом порога срабатывания запускается специальный триггер, который, в свою очередь, запускает формирователь огибающей гейта, и тот начинает последовательно вырабатывать три составных части управляющего напряжения. В первый момент после запуска формируется attack, затем сохраняется достигнутое состояние - до момента, когда входной сигнал станет меньше порога срабатывания. После того, как входной сигнал станет меньше порога срабатывания, триггер изменяет свое состояние, и начинают формироваться следующие две части огибающей. Под действием этого напряжения управляемый усилитель изменяет свой коэффициент усиления и получается результирующий (обработанный гейтом) выходной сигнал.

Естественно, что динамика, обработанного гейтом сигнала будет отличаться от исходной. Сигналы, лежащие ниже порога срабатывания, будут подавлены. Сигналы же выше порога будут зависеть от соотношения их исходной скорости и времени открывания гейта, т.е. результирующая сигналограмма может быть как более резкая, так и более плавная. Аналогично - и с процессом затухания сигнала.

Компандер. Компандирование звуковых сигналов. Система, состоящая из последовательно включенных компрессора и экспандера, называется компандером (рисунок 7.6) и используется для шумоподавления.

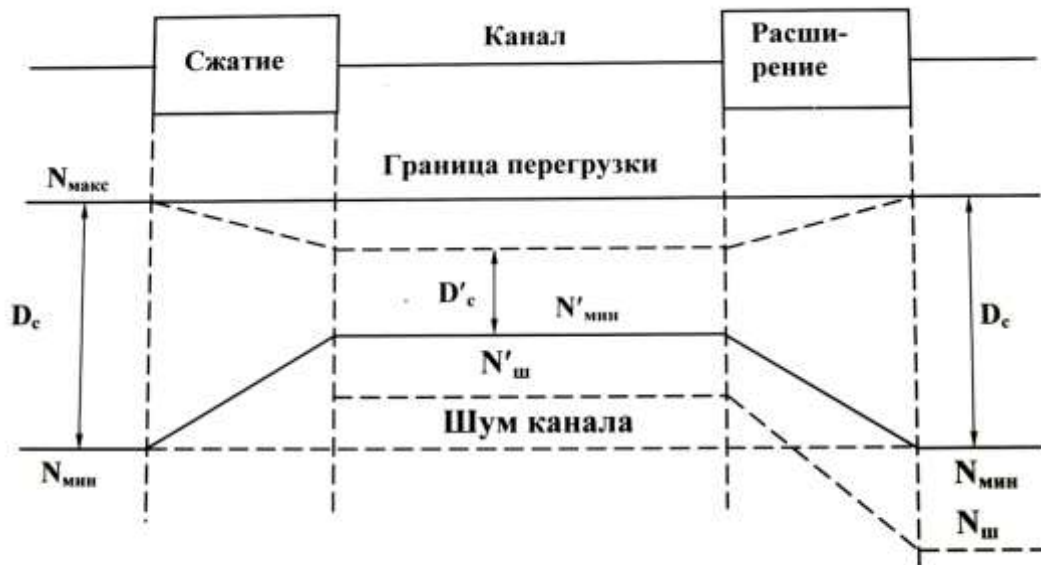


Рисунок 7.6 - Диаграмма работы компандера

Одним из способов, позволяющих наиболее полно использовать емкость C канала связи, является компандирование сигнала.

$$C = \Delta f \cdot \log_2 \left(1 + \frac{P_c}{P_{ш}} \right) [\text{бит/с}],$$

где Δf – передаваемая полоса f ; P_c – средняя мощность сигнала; $P_{ш}$ – средняя мощность шумов.

Смысл его в том, чтобы путем обработки увеличить среднюю мощность передаваемого сигнала.

На входе канала динамический диапазон сигнала сжимается (компрессируется) до нужных пределов, а на выходе канала D_c – расширяется (экспандируется).

Из рисунка видно, что в результате сжатия минимальный уровень сигнала превосходит уровень шумов в канале. За счет этого после расширения отношение сигнал/шум, в том числе и для минимального сигнала, увеличивается.

$$N_{\text{мин}} - N_{\text{ш}} > N'_{\text{мин}} - N'_{\text{ш}}$$

Если поток информации источника сигнала превышает емкость канала, то часть информации теряется, что проявляется в виде искажений. Поэтому обработку сигнала, т.е. кодирование потока информации, следует проводить так, чтобы субъективное восприятие этих искажений было как можно меньше. В этих целях может использоваться фактор избыточности информации, поступающей от источника сигнала (психоакустические слуховые эффекты); тогда эффект компрессирования состоит в том, что более заметные на слух искажения сигнала (шумы, фон) заменяются искажениями, воспринимаемыми на слух гораздо слабее. К последним относятся, например, переходные процессы нарастания и спада уровней сигнала.

Искажения, свойственные системам компрессирования:

- искажения фронтов нарастания и спада уровней сигнала;
- шумовая модуляция.

Чем меньше емкость канала (пропускная способность) C , тем больше потери информации при передаче и, следовательно, больше искажения сигнала.

На рисунке 7.7 показаны амплитудные характеристики сжимателя и расширителя. В процессе работы сжиматель вносит в сигнал искажения, которые расширитель должен скомпенсировать.

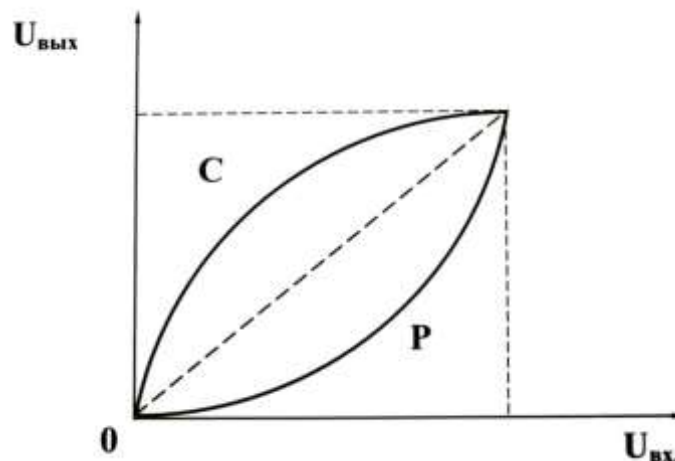


Рисунок 7.7 – Амплитудные характеристики компрессора (C) и экспандера (P)

Условия отсутствия нелинейных искажений в компандерной системе. Поскольку в стационарном режиме при отсутствии искажений

$$U_{вх.с} = U_{вых.р},$$

можно записать

$$\frac{U_{вых.р}}{U_{вх.с}} = 1 = \frac{(U_{вх.р})^{\gamma_p}}{(U_{вых.с})^{\frac{1}{\gamma_c}}}$$

где γ_p и γ_c – коэффициенты расширения и сжатия.

Поскольку при последовательном включении С и Р $U_{\text{вых.с}} = U_{\text{вых.р}}$, то условия отсутствия искажений в компандерной системе

$$\gamma_c \cdot \gamma_p = 1$$

Рассмотрим, как компандирование позволяет улучшить отношение сигнал-шум на выходе канала передачи. Воспользуемся для этого диаграммой уровней (рисунок 7.6).

Пусть, например, динамический диапазон сигнала 60 дБ, а уровень шума $N_{\text{ш}}$ в канале передачи ниже максимально допустимого уровня сигнала (0 дБ) на 40 дБ.

Следовательно, если передавать сигнал по каналу без обработки, то уровень шума в канале на 20 дБ превышает уровень слабых сигналов, и в процессе передачи они будут скрыты в шумах.

Пусть в процессе передачи динамический диапазон сигнала сжимается. При $\gamma_c = 0,5$ $D_{\text{с.вых.сж}} = 30$ дБ и сигнал в канале передаче займет шкалу уровней от 0 до -30 дБ, и минимальный его уровень окажется на 10 дБ выше уровня шума. В пункте приема расширитель восстановит исходный динамический диапазон, а уровень шума на выходе расширителя при прохождении слабых сигналов окажется на 20 дБ ниже уровня этих сигналов.

Таким образом, применение компандера позволяет передать сигнал вещания по каналу, динамический диапазон которого меньше динамического диапазона самого сигнала. При этом выигрыш в отношении сигнал-шум составляет 10 ... 13 дБ.

Недостатком описанного компандера является появление на его выходе эффекта модуляции сигнала шумом. В компандере степень подавления шума определяется уровнем полезного сигнала. Максимальное шумоподавление имеет место в паузе и при слабых сигналах. При максимальных уровнях сигнала отношение сигнал-шум не меняется. Следовательно, уровень шума на выходе изменяется в такт с сигналом.

При совпадении спектров сигнала и шума это обстоятельство не сказывается на восприятии, так как шум маскируется сигналом. Если же спектры не совпадают, то шум не маскируется сигналом и становится, как говорят, программно-модулированным. В частности, при передаче низкочастотных сигналов (бас) ВЧ-шум начинает изменяться по уровню в такт с этим НЧ-сигналом и поэтому оказывается особенно заметным.

Другим недостатком такого компандера является появление нелинейных искажений в переходных режимах (при срабатываниях и восстановлениях), вызванных несовпадением их частотных и фазовых характеристик, а также неоптимальным выбором постоянных времени цепей регулирования.

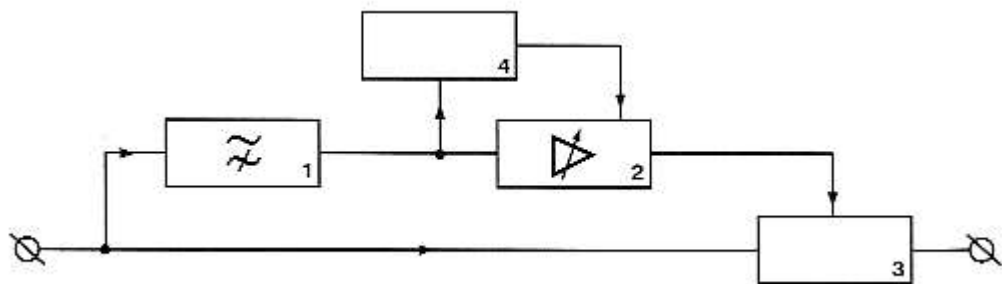
Неоптимальный выбор связан с тем, что: во-первых, переходный процесс должен быть настолько коротким, чтобы при скачкообразном увеличении уровня входного сигнала не возникало выбросов, приводящих к перегрузке системы. Для выполнения этого требования постоянная времени цепи управления не должна превышать $\frac{1}{4}$ периода

максимальной частоты сигнала, что при $f_{\text{макс}} = 20$ кГц составляет 12,5 мкс; во-вторых, во избежание значительных нелинейных искажений НЧ составляющих сигнала скорость изменения коэффициента усиления должна быть достаточно малой и при допустимом коэффициенте нелинейных искажений 0,2% на $f=20$ Гц не должна быть больше 6 дБ/с. При диапазоне регулирования в 30 дБ это означает, что требуемое время восстановления составляет около 5 с. отношение времени восстановления к времени срабатывания 400000:1.

Очевидно, что при таком большом отношении выбор постоянных времени подчиняется компромиссным соображениям отличным от оптимальных.

Энхансер. Энхансер - один из самых первых психоакустических процессоров. Он позволяет в ряде случаев сделать звучание несколько более четким и “конкретным”, звонким. Особенно хорош энхансер для обработки отдельных звуков, преимущественно с резкими атаками (ударные, “железо”, и т.д.).

По сути - это гейт (или экспандер - как вам больше нравится) - но работающий только в высокочастотной области спектра звуковых сигналов. Обобщенная структурная схема большей части энхансеров приведена на рисунке 7.8.



1 - фильтр высоких частот (ФВЧ); 2 - управляющий элемент (УЭ); 3 - сумматор; 4 - блок управления.

Рисунок 7.8 - Функциональная схема энхансера

Входной сигнал энхансера поступает на фильтр (1), выделяющий из всего звукового спектра только его высокочастотные составляющие. Затем этот отфильтрованный сигнал поступает на элемент (2), осуществляющий управление его амплитудой, после чего в сумматоре (3) добавляется (подмешивается) к исходному сигналу. Управляющее напряжение для УЭ вырабатывается блоком управления (4) на основе анализа ВЧ-составляющих входного сигнала.

Различные модели энхансеров отличаются между собой главным образом характеристиками фильтров ФВЧ, и алгоритмом работы и управления. (Следует, однако заметить, что, несмотря на возможные различия, все - без исключения! - энхансеры работают только “в плюс”, т.е. могут только увеличивать долю ВЧ-составляющих в суммарном выходном сигнале.)

Отличия в алгоритмах работы энхансеров разных фирм и моделей заключаются, в основном, в том, как именно блок управления реагирует на входной сигнал. Некоторые модели реагируют просто по принципу “есть ВЧ - нет ВЧ”, т.е. если на входе есть ВЧ-составляющие, то их уровень энхансером дополнительно еще увеличивается, если же их нет - то энхансер не оказывает никакого воздействия на входной сигнал.

В более сложных моделях - блок управления реагирует не на саму величину ВЧ-составляющих входного сигнала, а только на ее увеличение. При этом в момент резкого нарастания ВЧ-составляющих на входе энхансера (и только в этот момент!) - их уровень на выходе на короткое время также увеличивается. Это позволяет сделать работу энхансера менее заметной на слух, и более “живой” - ведь при этом обостряются, становятся более четкими только моменты атаки ударных инструментов, а на общий сигнал его работа практически оказывает очень мало влияния. Благодаря этому лучше прорабатываются мелкие детали звуковой картины, звучание становится более акцентированным, проработанным.

Контрольные вопросы

1. Привести классификацию видов обработки ЗС;
2. Дать понятие динамической обработки ЗС;
3. Дать понятие временной обработки ЗС;
4. Дать понятие частотной обработки ЗС;
5. Классификация автоматических регуляторов уровня (АРУР);
6. Безынерционные АРУР;
7. Инерционные АРУР и их параметры;
8. Понятие о компрессоре и экспандере;
9. Понятие о компандерной системе для ЗС;
10. Типы частотных корректоров и их назначение;
11. Пояснить отличие кроссовера от контроллера;
12. Для чего используется временная обработка ЗС;
13. Понятие искусственной реверберации;
14. Типы устройств искусственной реверберации;
15. Основные устройства звуковых эффектов.