

Лекция 2. УСТРОЙСТВА ФОРМИРОВАНИЯ И ОБРАБОТКИ ЗВУКОВЫХ СИГНАЛОВ

1. АУДИОСИГНАЛЫ, ИХ ПАРАМЕТРЫ И ХАРАКТЕРИСТИКИ

Качество звучания аудиоаппаратуры и программ звукового вещания оценивают по слуховому восприятию. Поэтому технические требования, предъявляемые к аппаратуре и каналу, определяют путем исследования закономерностей, связывающих субъективное ощущение звука с объективными, физическими характеристиками звука.

Высота тона. Ощущение высоты тона связано с частотой звуковых колебаний. Постепенное увеличение частоты в области слышимых звуков от 20 до 20000 Гц вызывает изменение высоты тона от самого низкого (басового) до наиболее высокого.

Изменение высоты тона на октаву соответствует изменению частоты вдвое.

Слышимые звуки занимают диапазон приблизительно в 10 октав.

В музыке используют сигналы, начиная с полутона. Полутон равен 1/12 октавы и соответствует изменению частоты в 1,054 раза (на 5,4%).

Громкость звука. Ощущение громкости звука связано с амплитудой звукового колебания. Кроме амплитуды, громкость зависит от:

- частоты колебания;
- длительности воздействия звука;
- чувствительности слуха к восприятию звуков разных частот.

Чувствительность слуха максимальна в области частот от 500 до 5000 Гц.

При длительном воздействии тона громкость несколько уменьшается.

В соответствии с психофизиологическим законом Вебера-Фехнера громкость находится не в прямой, а примерно в логарифмической зависимости от амплитуды сигнала. Это обусловило введение логарифмических шкал.

Понятие электрического уровня (в децибелах) вводят соотношением:

$$N = 10 \lg \frac{P_2}{P_1},$$

где P_1 и P_2 – сравниваемые значения электрической мощности.

Это выражение можно заменить как

$$N = 20 \lg \frac{U_2}{U_1}.$$

Если P_1 и P_2 , U_1 и U_2 – произвольные величины, то уровни называют относительными электрическими.

Если нуль шкалы электрических уровней соответствует мощности $P_0 = 1$ мВт, то определенные таким образом уровни называют абсолютными электрическими. Приняв сопротивление нагрузки равным 600 Ом, получим

значение напряжения, соответствующее нулю шкалы абсолютных электрических уровней, $U_0 = \sqrt{10^{-3} \cdot 600} = 0,755 \text{ В}$.

Абсолютный электрический уровень в децибелах

$$N_a = 10 \lg \frac{P}{P_0} = 20 \lg \frac{U}{U_0}.$$

Величины мощности бывают больше и меньше P_0 . Поэтому абсолютные электрические уровни бывают положительными и отрицательными.

Динамический диапазон аудиосигнала. Для определения понятия динамического диапазона необходимо ввести понятие квазимаксимального и квазиминимального напряжений. *Квазимаксимальным* ($U_{\text{кв.макс}}$) будем называть такое значение, вероятность превышения которого достаточно мала $0,01 \dots 0,02$ ($P(U > U_{\text{кв.макс}}) \leq 0,01 \div 0,02$), а *квазиминимальным* ($U_{\text{кв.мин}}$) – такое, вероятность превышения которого, наоборот, достаточно велика $0,98 \dots 0,99$ ($P(U > U_{\text{кв.мин}}) \geq 0,98 \div 0,99$).

Тогда динамический диапазон электрического аудиосигнала

$$D_c = 20 \lg \frac{U_{\text{кв.макс}}}{U_{\text{кв.мин}}} = 20 \lg \frac{U_{\text{кв.макс}}}{U_0} - 20 \lg \frac{U_{\text{кв.мин}}}{U_0},$$

где $U_0 = 0,775 \text{ В}$ (напряжение на $R = 600 \text{ Ом}$, на котором выделена мощность 1 мВт).

Динамический диапазон различных видов аудиосигналов составляет от 25 дБ для речи диктора, до 118 дБ – для рок-музыки.

Пик-фактор. Разность между квазимаксимальным ($N_{\text{кв.макс}}$) и усредненным ($N_{\text{ср}}$) за длительный промежуток уровнями называют пик-фактором:

$$P = N_{\text{кв.макс}} - N_{\text{ср}}$$

Пик-фактор показывает, насколько ниже средний уровень по сравнению с его квазимаксимальным значением. Для музыкальных сигналов он может достигать 20 дБ и более, а для речевого сигнала в среднем составляет 12 дБ .

Кроме динамического диапазона сигнала необходимо знать динамический диапазон канала передачи или тракта аппаратуры D_k :

$$D_k = 20 \lg \frac{U_{\text{ном}}}{U_{\text{ш}}} - (\Delta N_1 + \Delta N_2).$$

D_k зависит от уровня шумов ($U_{\text{ш}}$) в тракте и от номинального напряжения ($U_{\text{ном}}$).

ΔN_1 – уровень перекрытия помех и шумов, дБ (обычно около 20 дБ).

ΔN_2 – допуск на перегрузку ($3 \dots 6 \text{ дБ}$).

Для неискаженной звукопередачи необходимо, чтобы $D_k > D_c$.

В противном случае приходится сжимать D_c (обработка сигнала).

Аудиосигнал, соответствующий речи или музыке, и передаваемый по цепям звукозаписывающей и звуковоспроизводящей аппаратуры, а также

по цепям систем звукового и телевизионного вещания, представляет собой электрический сигнал, изменяющийся случайным образом. Т.е. это случайный процесс, электрические величины которого непрерывно изменяются во времени.

Если принять, что распределение уровней электрического аудиосигнала во времени подчиняется закону Гаусса, то отношение средней мощности (P_{cp}) сигнала к квазimaxимальной ($P_{кв.макс}$) можно найти из выражения:

$$\frac{P_{cp}}{P_{кв.макс}} = \exp \left[-0,115 D_c \left(1 - \frac{0,115 D_c}{2 Z_{макс}^2} \right) \right] \cdot \left[\Phi \left(Z_{макс} - \frac{0,115 D_c}{Z_{макс}} \right) - \Phi \left(Z_{мин} - \frac{0,115 D_c}{Z_{мин}} \right) \right]$$

где $Z_{макс} = (N_{кв.макс} / \sigma) = 2,05$; (для вероятности 0,02);

$Z_{мин} = (N_{кв.мин} / \sigma) = -2,05$; (для вероятности 0,98);

σ – среднеквадратическое отклонение;

$\Phi(x)$ – значение интеграла вероятностей.

Из выражения следует, что отношение $P_{cp} / P_{кв.макс}$ зависит только от значения D_c и от заданных вероятностей превышения квазimaxимального ($N_{кв.макс}$) и квазiminимального ($N_{кв.мин}$) уровней, определяющих нормированные отклонения $Z_{макс}$ и $Z_{мин}$.

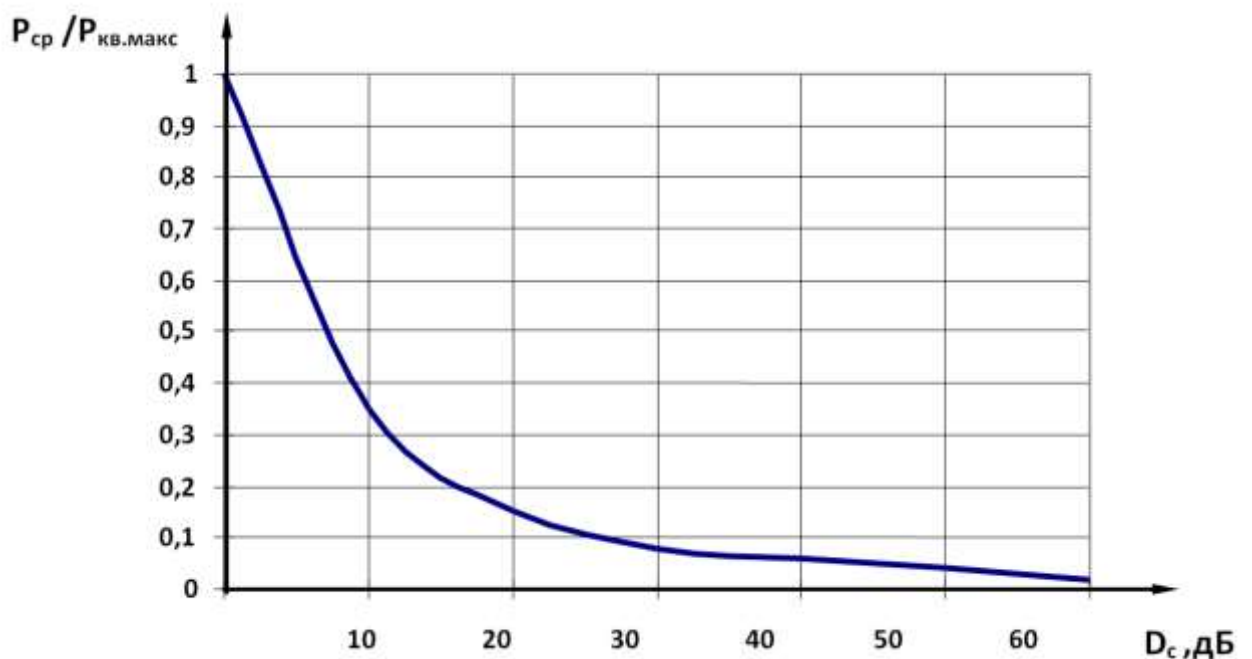


Рисунок 1.1 – Отношение $P_{cp} / P_{кв.макс}$

Зависимость изменения уровней мощности аудиосигналов от динамического диапазона $P_{\text{ср}}/P_{\text{кв.макс}} = f(D_c)$, полученная с помощью выше приведенного выражения, изображена на рисунке 1.1.

Для $D_c = 20 \dots 40$ дБ, $P_{\text{ср}}/P_{\text{кв.макс}}$ изменяется в пределах $0,053 \dots 0,155$, т.е. существенно меньше 1. При увеличении D_c это отношение еще меньше.

Столь малое отношение средней мощности к максимальной свидетельствует о том, что режим номинальной мощности достигается лишь в течение незначительной части общего времени передачи. Это следует учитывать при разработке аппаратуры.

1.1 Аудиосигнал как случайный процесс

Аудиосигналом называется колебание, соответствующее речи, музыке или другим звучаниям в диапазоне звуковых (слышимых) частот.

Звуковое колебание, передаваемое по различным цепям (звукозаписи, звуковоспроизведения, обработки сигнала, трактам ЗВ и ТВ вещания) представляет собой электрический сигнал.

Электрический аудиосигнал является случайным процессом. Графически он может быть изображен совокупностью реализаций (отрезков) случайных функций. Если каждая из них есть изменяющееся во времени t напряжение U за определенный интервал наблюдения $T_{\text{ин}}$, то зависимость $U(t)$ принято называть кривой изменения мгновенных значений аудиосигнала во времени (рисунок 1.2, а).

Уровень аудиосигнала характеризует сигнал в определенный текущий момент времени и представляет собой выраженное в децибелах выпрямленное и усредненное за некоторый предшествующий промежуток времени напряжение сигнала $\overline{U(t_1)}$ (черта сверху означает операцию усреднения во времени, t_1 – момент времени), отнесенное к некоторой условной величине U_0 , т.е. $N_{\text{э}}(t_1) = 20 \lg \left[\frac{\overline{U(t_1)}}{U_0} \right]$.

Здесь $N_{\text{э}}(t_1)$ – уровень электрического звукового сигнала в момент времени t_1 .

Аналогично можно определить уровень $N_{\text{э}}(t_2)$ в момент времени t_2 и т.д.

Теоретически наиболее просто усреднять мгновенное значение выпрямленного напряжения с постоянным весовым коэффициентом. Математически эту операцию можно записать (для момента t_1):

$$\overline{U(t_1)} = \frac{1}{T} \int_{t_1-T}^{t_1} |U(t)| dt.$$

Это выражение даст среднее за время T значение модуля функции $U(t)$, причем всем выпрямленным значениям $U(t)$ приписывается один и тот же относительный вес, равный dt/T в интервале $t_1 - T \dots t_1$ (T – интервал усреднения) и нулю вне этого интервала (штрих линия на рисунке 1.2, б).

Точно также можно найти $\overline{U(t_2)}$ и т.д.

Т.к. аудиосигнал является нестационарным случайным процессом, то полученные значения $\overline{U(t_1)}, \overline{U(t_2)}, \dots, \overline{U(t_n)}$ окажутся разными, и мы получим зависимость изменения во времени среднего значения выпрямленного напряжения (рисунок 1.2, в). Форма этой зависимости определяется особенностями самого сигнала и внутренним интервалом усреднения. При $T \rightarrow 0$ зависимость $\overline{U(t)}$ и $|U|$ совпадают. $\overline{U(t)}$ тем меньше меняется во времени, чем больше T .

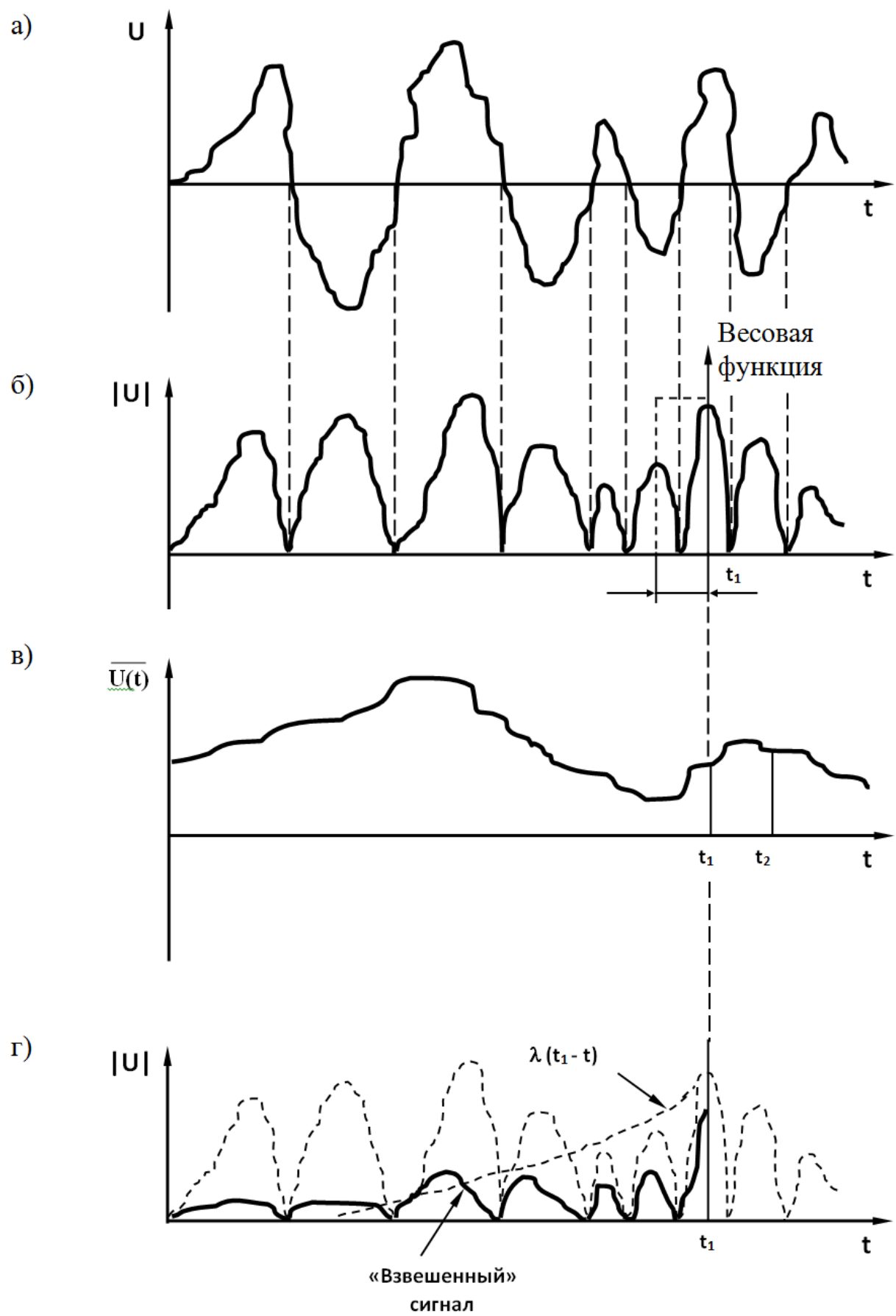


Рисунок 1.2 – К понятию электрический аудиосигнал

Если существует минимальный интервал усреднения $T = T_0$, при достижении которого среднее значение выпрямленного сигнала не зависит от времени, т.е. если при $T \geq T_0$ выполняется

$$\overline{U(t_1)} = \overline{U(t_2)} = \dots = \overline{U(t_n)}$$

то такой сигнал называется стационарным, а значение T_0 – его интервалом стационарности.

По своей структуре аудиосигналы являются нестационарными случайными процессами.

Иногда условие выполняется, но интервал T_0 составляет 2...3 мин., причем значение T_0 для речевых сигналов меньше, чем для музыкальных.

Такие устройства предназначены для приведения технических и творческих параметров звуковых сигналов к некоторой форме, пригодной для решения технических и творческих задач.

Под обработкой звуковых сигналов понимается целенаправленное воздействие на звуковой сигнал, при котором достигается требуемое изменение исходной звуковой информации. При этом изменению подвергаются все характеристики ЗС – спектральные, динамические, временные и структурные.

При обработке ЗС могут решаться как чисто технические, так и художественные задачи.

К *техническим* относятся задачи такого изменения звуковой информации, при котором достигается наилучшее техническое качество звучания программ в процессе записи, воспроизведения и передачи ЗС. Это – коррекция искажений, подавление шумов, согласование динамического диапазона ЗС с диапазоном пропускания звукового канала.

Задачей *художественной* обработки является изменение характера звучания музыки и речи. Сюда относятся изменение спектра и его динамики, подбор оптимального соотношения между ЗС при их суммировании, изменение структуры и временных характеристик сигнала (длительности звучания, тональности), а также синтезирование, формирование и наложение специальных ЗС (реверберационного спектра, музыкальных созвучий, искусственных сигналов шумового и природного характеров), частотная модуляция, модуляция фазы, стереофоническая обработка с изменением ширины и глубины стереопанорамы, направление на кажущийся источник звука.

Для художественных (в т.ч. и музыкальных) сигналов главной задачей обработки является обеспечение общего высокого качества.

Для речевых сигналов – обеспечение разборчивости речи.

2.1 Классификация видов обработки (в зависимости от изменяемого параметра сигнала)

1. Динамическая обработка или по уровню сигнала.
2. Частотная обработка или по спектру сигнала.
3. Временная обработка.
4. Шумоподавление и спецэффекты.

Все виды обработки можно разделить на *линейные* и *нелинейные*.

Нелинейная обработка вносит в спектр сигнала составляющие, которых ранее там не было.

Линейная обработка изменяет только какие-либо параметры входного сигнала, но не вносит новых частотных составляющих.

2.2 Динамическая обработка сигналов

Под динамической обработкой сигналов понимают обработку, связанную с изменением динамического диапазона сигналов.

Динамическая обработка осуществляется ручными и автоматическими регуляторами уровня.

Ручные регуляторы используются для сжатия динамического диапазона сигналов звукорежиссерами.

Однако время реакции звукорежиссера не менее 2 с, что приводит к погрешности в поддержании максимальных уровней музыкальных программ до ± 4 дБ относительно номинального уровня.

Поэтому создано большое число различных устройств автоматической обработки уровней сигналов – авторегуляторов уровня (АРУР).

Автоматические регуляторы уровня. Автоматические регуляторы уровня (АРУР) широко применяются в радиовещании и телевидении для обеспечения высокой стабильности уровней.

Назначение АРУР:

- 1) поддержание нормированного значения квазимаксимальных уровней;
- 2) защита трактов записи и вещания от перегрузки (перемодуляции);
- 3) повышение средней мощности сигналов и разборчивости речевых передач;
- 4) уменьшение шумов и помех;
- 5) согласование динамических диапазонов сигнала и трактов вещания и записи-воспроизведения.

Поэтому очень велико число типов АРУР в зависимости от назначения.

Рассмотрим различные типы АРУР.

Безынерционные ограничители уровня (пикосрезатель). В таких ограничителях уровня ограничению подвергаются мгновенные значения

сигнала, превышающие некоторое заданное пороговое значение. При этом изменяется форма сигнала, и появляются большие нелинейные искажения. Поэтому такие ограничители не используют самостоятельно, а как дополнительные элементы (пикосрезатели), устанавливаемые в АРУР инерционного типа.

Пикосрезатели не позволяют сигналу на выходе АРУР инерционного типа превышать нормированное значение сигнала более, чем на 1,5 дБ. Хотя при этом возникают нелинейные искажения, но они не ощущаются, так как длительность пиков срабатывания не превышает 1 мс. На рисунке 2.1 показан пример схемы такого ограничителя и напряжения на его выходе.

Инерционные авторегуляторы. Это такие устройства, у которых изменение коэффициента передачи происходит не сразу после изменения сигнала на его входе, а с некоторым замедлением во времени.

Общей идеей всех АРУР инерционного типа является управление коэффициентом передачи регулятора реальным сигналом, поступающим на его вход (рисунок 2.2). Поэтому любой АРУР инерционного типа, обобщенная структурная схема которого приведена на рисунке, содержит как минимум два канала – основной и канал управления.

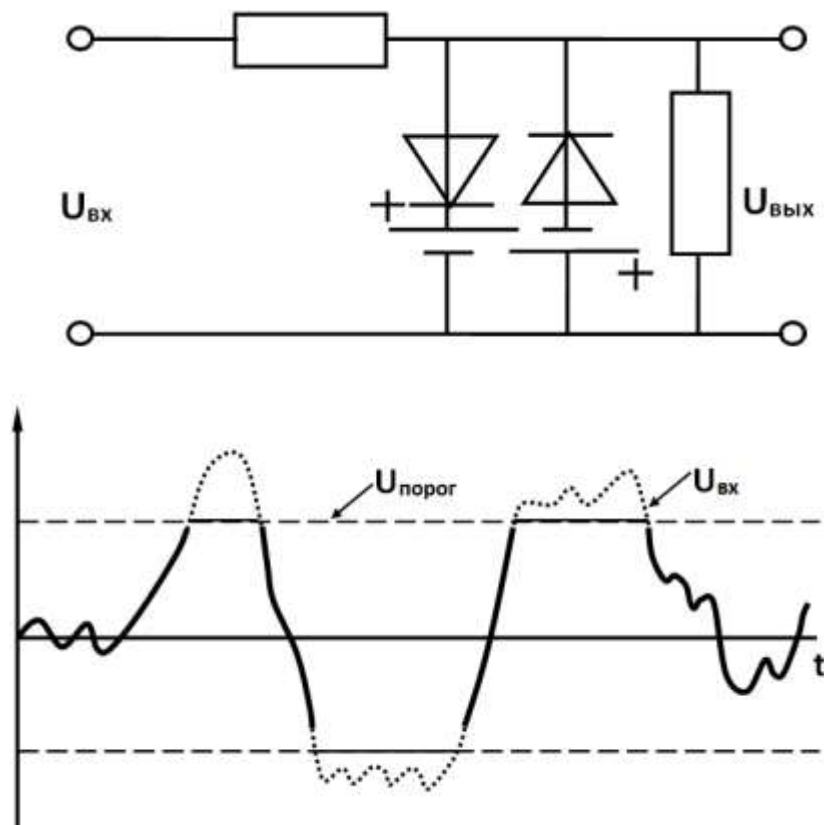


Рисунок 2.1 – Схема ограничителя и напряжение на его выходе



Рисунок 2.2 – АРУР инерционного типа

В свою очередь, сигнал на вход канала управления поступает с входа или выхода устройства. В обоих случаях система регулирования является замкнутой.

Для оценки инерционности АРУР введены две динамические (временные) характеристики:

- срабатывания (установления);
- восстановления.

Срабатыванием принято считать реакцию авторегулятора на увеличение уровня сигнала, а **восстановлением** – на его уменьшение.

Время срабатывания – t_{cp} – это интервал между моментом, когда от источника начинает подаваться сигнал с уровнем на 6 дБ выше номинального значения, и моментом, когда выходной уровень уменьшится с 6 до 2 дБ по отношению к номинальному значению (рисунок 2.3).

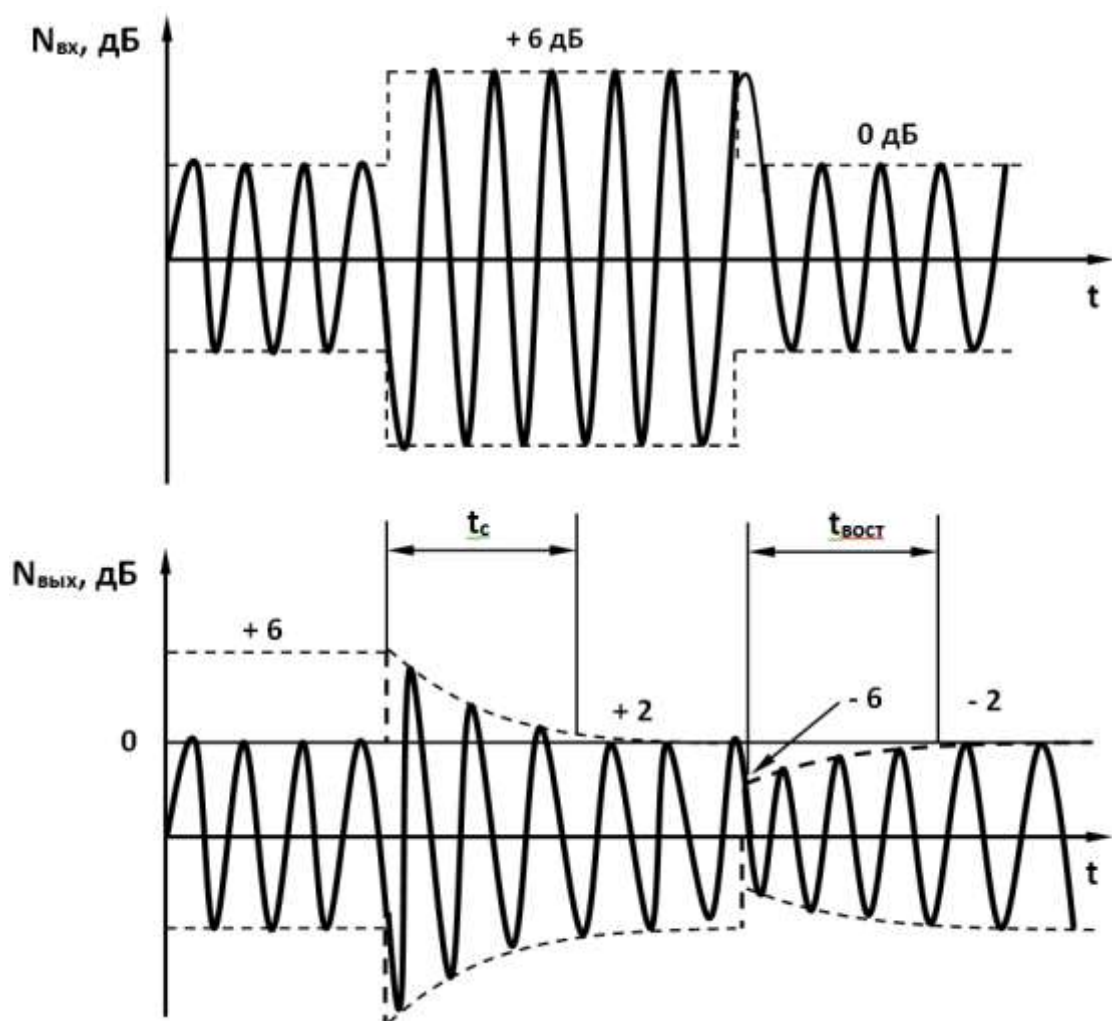


Рисунок 2.3 – Срабатывание и восстановление АРУР

Время восстановления – $t_{\text{вос}}$ – это интервал времени между моментом, когда уровень сигнала от источника снижается с 6 дБ до номинального значения 0 дБ, и моментом, когда выходной уровень увеличивается от -6 до -2 дБ по отношению к номинальному значению.

Выбор динамических параметров авторегуляторов определяется назначением конкретного типа АРУР и практическими соображениями.

Например, для защиты от перегрузок теоретически $t_{\text{ср}}$ должно быть бесконечно малым. Однако практически звуковые сигналы нарастают не мгновенно, а за 6÷120 мс для речи; для скрипки – 80÷120 мс. На слух нелинейные искажения импульсов короче 10 мс не ощущаются (свойство слуха). Поэтому для ограничителей уровня

$$t_{\text{ср}} = 0,5 \dots 1 \text{ мс}$$

Время восстановления ограничителей уровня из практических соображений $t_{\text{вос}} = 1,5 \text{ мс}$

Ограничители уровня. Это такие инерционные АРУР, у которых коэффициент передачи остается постоянным до некоторого порогового значения входного сигнала, а затем начинает уменьшаться пропорционально увеличению уровня входного сигнала (рисунок 2.4).

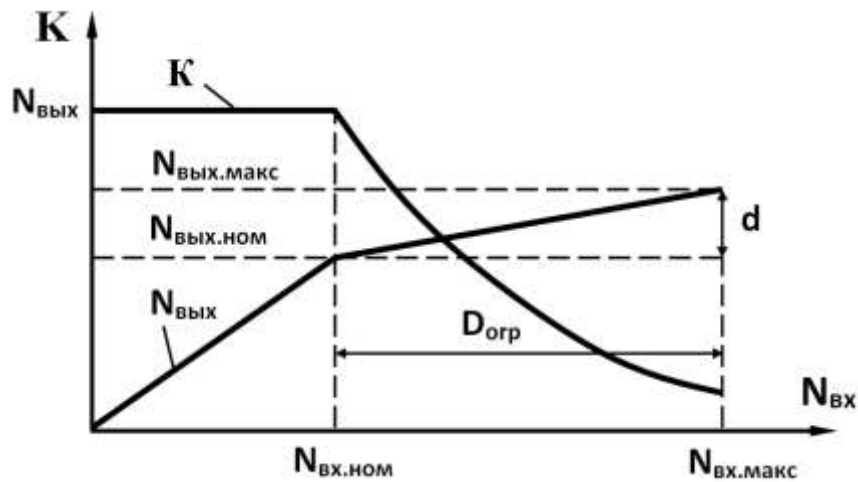


Рисунок 2.4 – Коэффициент передачи и амплитудная характеристика инерционного ограничителя

Для ограничителей уровня нормируются диапазон ограничения $D_{огр}$ и степень превышения d .

$$D_{огр} = N_{вх.макс} - N_{вх.ном} \geq 20 \text{ дБ}$$

$$d = N_{вых.макс} - N_{вых.ном} \leq 1 \text{ дБ}$$

Ограничитель состоит из основного канала и канала управления (рисунок 2.5).

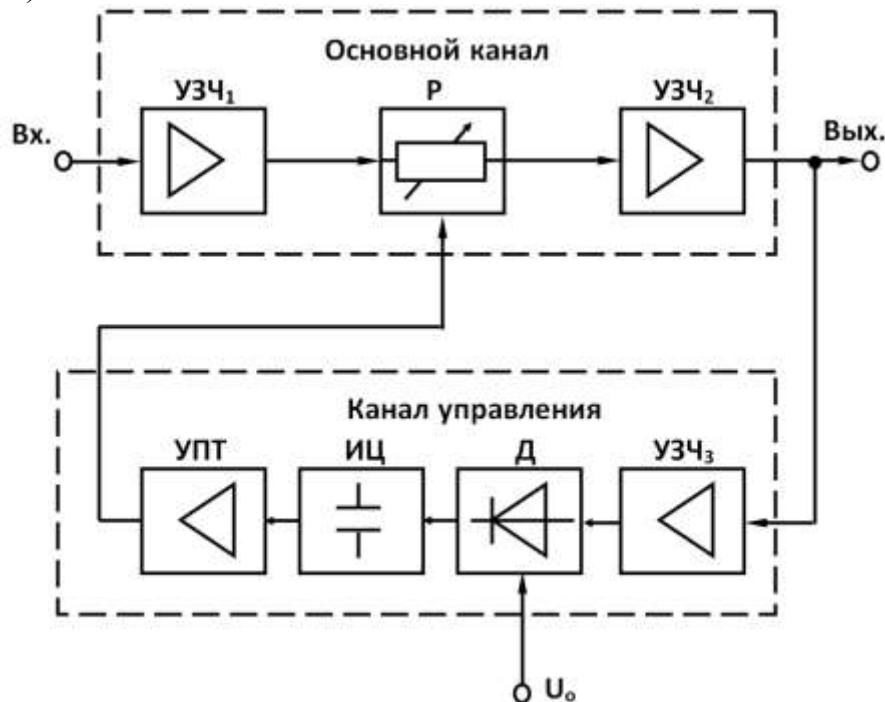


Рисунок 2.5 – Схема инерционного ограничителя

Основной канал включает входной и выходной усилители $УЗЧ_1$ и $УЗЧ_2$, а также регулируемый элемент $РЭ$. В канал управления входят усилитель $УЗЧ_3$, детектор $Д_1$, интегрирующая цепь $ИЦ$ и усилитель постоянного тока $УПТ$.

Пока на входе ограничителя напряжение меньше номинального значения, напряжение на выходе $УЗЧ_3$ меньше запирающего опорного

напряжения $U_{оп}$ и диоды детектора закрыты. Канал управления не работает и ограничитель – в режиме усиления.

Когда входное напряжение превышает номинальное значение, $U_{вх} > U_{вх.ном}$ напряжение на выходе УЗЧ₃ становится больше опорного $U_{оп}$, диоды детектора отпираются и через УПТ управляющее напряжение подается на управляющий вход регулируемого элемента РЭ. И чем больше напряжение на входе ограничителя, тем до большего напряжения заряжается конденсатор интегрирующей цепи и тем меньше становится коэффициент передачи K регулируемого элемента и всего ограничителя в целом (рисунок 2.4).

С ростом входного напряжения за порогом срабатывания коэффициент передачи ограничителя начинает уменьшаться примерно по гиперболическому закону, и за счет этого напряжение на выходе ограничителя остается почти постоянным.



Рисунок 2.6 – Амплитудные характеристики

Автостабилизатор уровня. Предназначен для стабилизации уровней вещательных сигналов, что необходимо для выравнивания громкости звучания отдельных фрагментов. Принцип действия автостабилизатора аналогичен принципу действия ограничителя. Отличие заключается в том, что уровень номинального выходного напряжения автостабилизатора примерно на 5 дБ меньше номинального выходного уровня ($N_{вых.ном} = 0$ дБ) в то время как у ограничителя $N_{вых.ном} = 0$ дБ (рисунки 2.5, 2.6). Другие значения имеют и динамические параметры.

Компрессор (сжиматель). Это устройство, коэффициент передачи которого возрастает по мере уменьшения уровня входного сигнала (рисунок 2.7). Действие компрессора приводит к:

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

Различают речевые и музыкальные компрессоры.

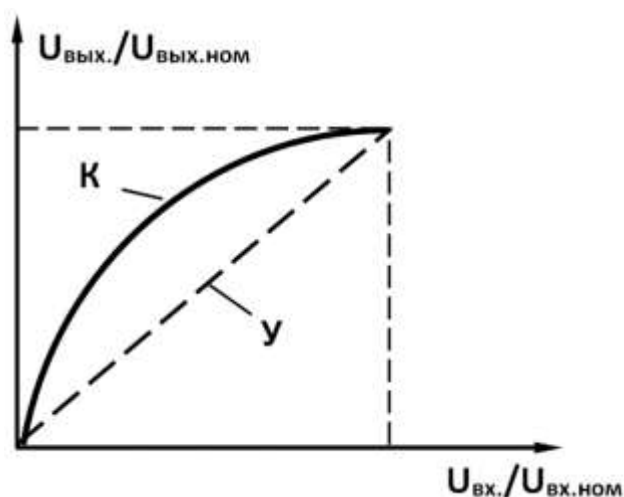


Рисунок 2.7 – Амплитудная характеристика компрессора

В речевые компрессоры встраиваются пороговые шумоподавители для снижения шумов в паузах передачи.

Параметры компрессора.

1. Диапазон сжатия или динамический диапазон по входу

$$D_{\text{сж}} = N_{\text{вх.ном}} - N_{\text{вх.мин}}$$

2. Динамический диапазон по выходу

$$d = N_{\text{вых.ном}} - N_{\text{вых.мин}}$$

3. Степень сжатия компрессора – разность динамических диапазонов по входу и выходу

$$d' = D_{\text{сж}} - d.$$

Структурная схема речевого компрессора с шумоподавителем

Параметры такого компрессора (см. рисунок 2.9):

$$D_{\text{сж}} = N_4 - N_3,$$

$$d = N_4' - N_3',$$

$$d' = D_{\text{сж}} - d$$

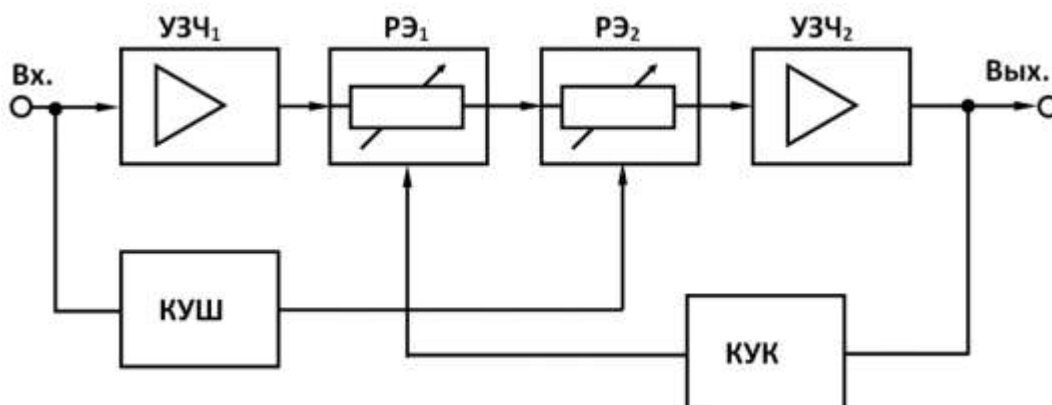


Рисунок 2.8 – Структурная схема речевого компрессора с шумоподавителем

Для речевых компрессоров обычно время срабатывания $t_{\text{ср}} = 1$ мс; время восстановления $t_{\text{вос}} = 300$ мс; степень сжатия $d' = 10$ дБ.

У шумоподавителей степень шумоподавления

$$d_{\text{ш}} = N_2' - N_1' \text{ [дБ]}$$

Пороговые шумоподавители имеют параметры $t_{cp} = 300$ мс; $t_{вос} = 5$ мс; $d_{ш} = 10 \div 20$ дБ.

При отсутствии на входе компрессора полезного сигнала коэффициент передачи регулируемого элемента РЭ₂ минимален, следовательно, коэффициент передачи всего устройства в целом также минимален (рисунок 2.9).

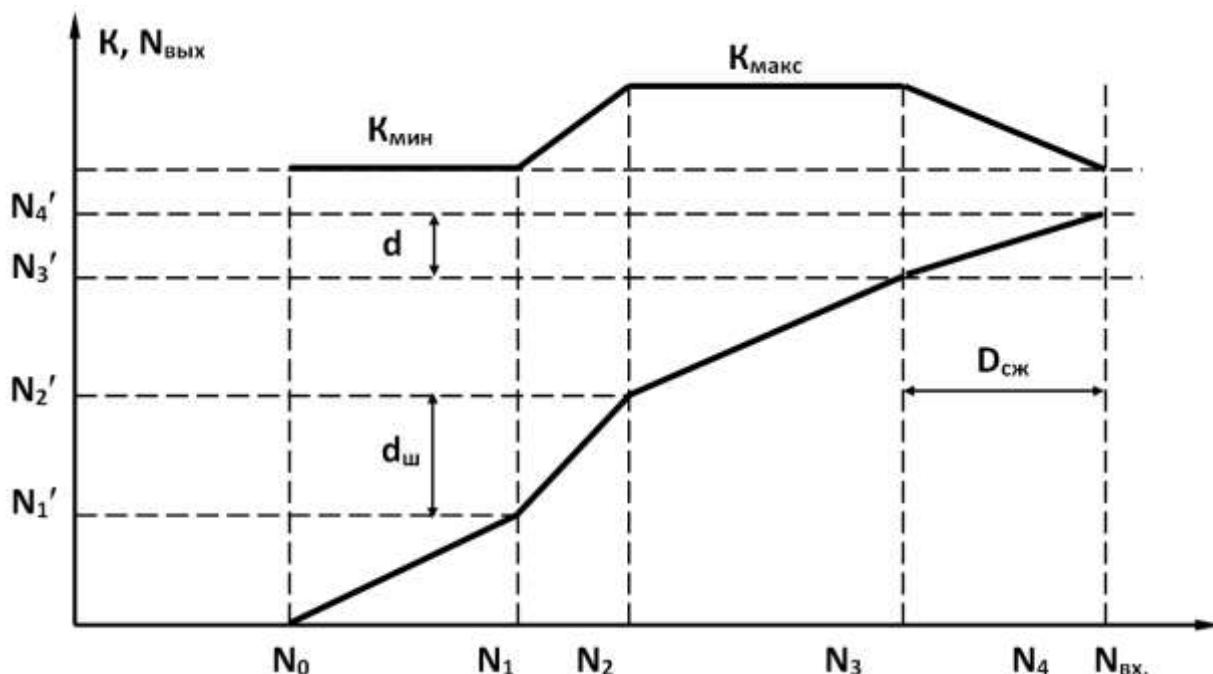


Рисунок 2.9 – Амплитудная характеристика и коэффициент передачи компрессора с шумоподавительем

За счет этого подавляются шумы в паузах передачи.

Как только сигнал на входе превышает уровень N_1 ($N_{вх} > N_1$), срабатывает канал управления шумоподавителя КУШ, шумоподаватель увеличивает K до K_{max} . В результате все полезные сигналы с уровнями от N_2 до N_3 дополнительно усиливается (на 10 дБ). При дальнейшем росте входных сигналов от N_3 до N_4 срабатывает канал управления компрессора КУК, коэффициент передачи устройства начинает уменьшаться так, что при $N_{вх} = N_{вх.ном}$ $N_{вых} = N_{вых.ном}$. При дальнейшем увеличении $N_{вх}$ устройство переходит в режим ограничения.

Музыкальные компрессоры обычно выполняют без пороговых шумоподавителей, но они позволяют оперативно изменять время восстановления (от 100 мс до 2 с) и степень сжатия сигналов (до 20 дБ).

Компрессор с гистерезисным шумоподавлением. При работе речевых компрессоров даже при наличии пороговых шумоподавителей часто становится заметным дыхание дикторов.

Из рисунка 2.10 видно, что если порог шумоподавления $N_{ш} = -40$ дБ, а уровень сигналов дыхания на входе компрессора $N' = -30$ дБ (этот уровень не очень заметен), то на выходе компрессора он будет уже составлять $N'' = -20$ дБ, т.е. усилен на 10 дБ и сильно заметен на слух.

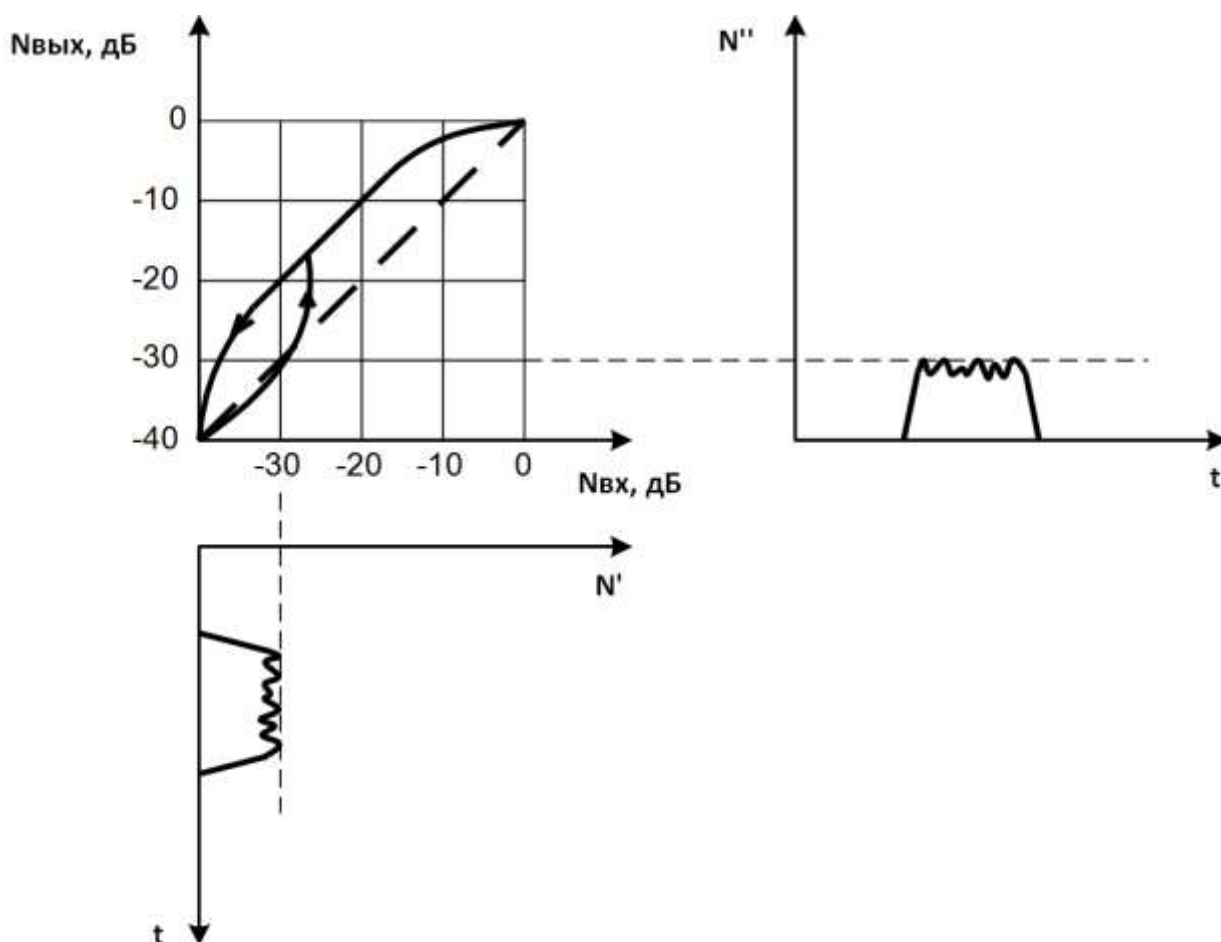


Рисунок 2.10 – Принцип компрессии с гистерезисным шумоподавлением

Для устранения этого недостатка компрессоров необходимо применять гистерезисный шумоподавитель. Принцип иллюстрируется на рисунке 2.10.

Порог срабатывания шумоподавителя $N_{ш} \cong -30$ дБ, а порог восстановления, который в обычном однопороговом шумоподавитель совпадает с порогом срабатывания, в гистерезисном (двухпороговом) шумоподавитель выбирается на 6...8 дБ ниже, т.е. примерно -38 дБ. Так как у большинства дикторов уровень дыхания не превышает -30 дБ, то эти сигналы теперь не подчеркиваются. А так как порог восстановления ниже, на уровне -38 дБ, то заметного на слух резкого ослабления реверберационных звуковых сигналов не происходит.

Структурная схема компрессора с гистерезисным шумоподавитель (рисунок 2.11).

ВУ – входное устройство; Аст – автостабилизатор; Ком – компрессор; РЕ ШП – регулирующий элемент шумоподавитель; ЛУ – линейный усилитель.

Канал управления состоит из К – компаратора; Д – детектора; ИЦ – интегрирующей цепи и двух потенциометров R_1 и R_2 (рисунок 2.11).

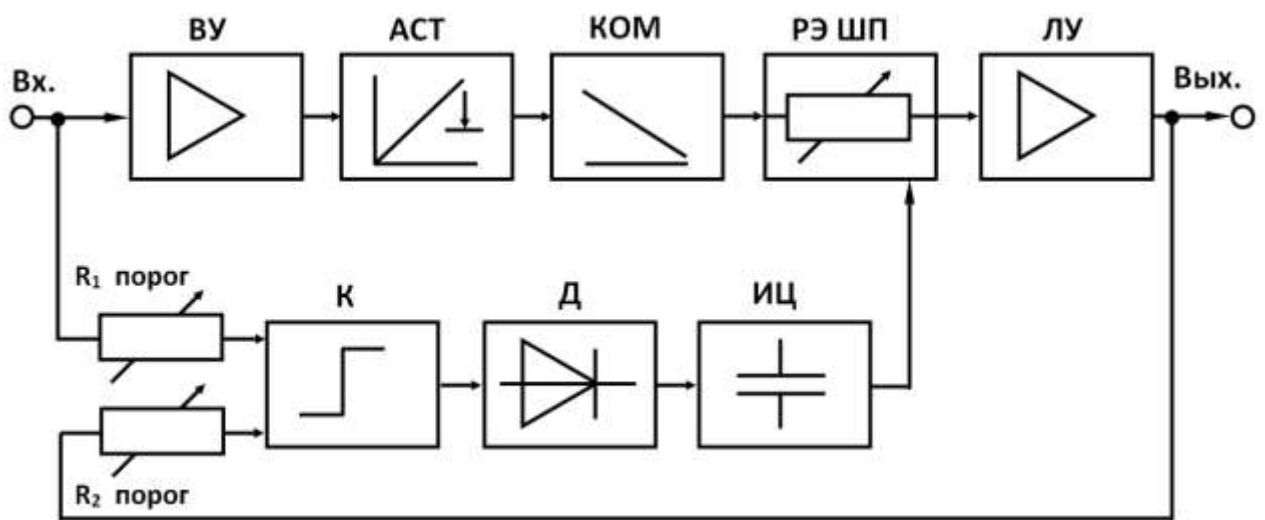


Рисунок 2.11 – Структурная схема компрессора с гистерезисным шумоподавителем

Гистерезисная характеристика получается в результате применения комбинированной регулировки: сигнал для восстановления шумоподавителя снимается с выхода устройства, а для срабатывания – с входа. С помощью резистора R_1 можно выбирать порог срабатывания, R_2 – порог восстановления шумоподавителя.

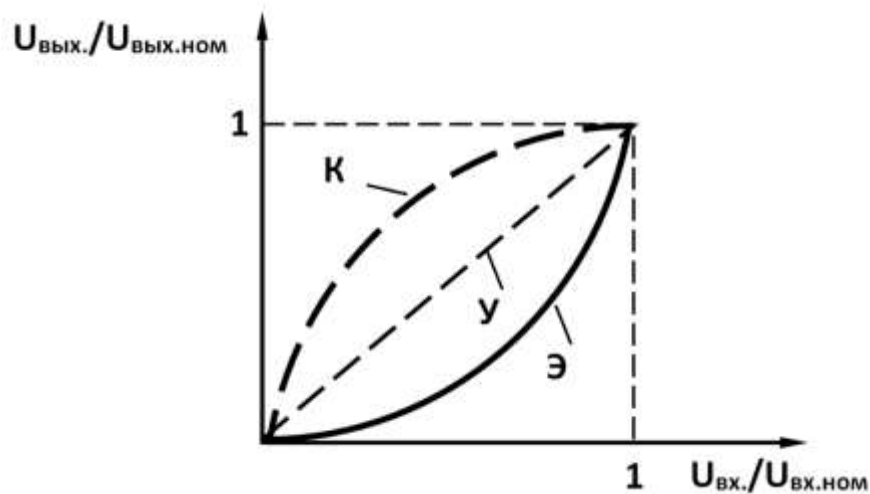


Рисунок 2.12 – Амплитудная характеристика экспандера

Экспандер (расширитель). Это устройство, коэффициент передачи которого уменьшается по мере уменьшения уровня входного сигнала (рисунок 2.12).

Амплитудная характеристика экспандера обратна характеристике компрессора и компенсирует искажения, вносимые в сигнал компрессором.

ВОПРОСЫ К РАЗДЕЛУ 2

1. Каково назначение автоматических регуляторов уровня?
2. Принцип действия безынерционного ограничителя (пикосрезателя). Почему пикосрезатели не используют в звукотехнике в виде самостоятельных устройств?
3. Какие основные узлы входят в состав обобщенной схемы авторегулятора уровня? Основные функции, выполняемые этими узлами.
4. Понятие диапазона ограничения, сжатия, расширения. Каков физический смысл коэффициентов сжатия и расширения?
5. Почему в инерционном ограничителе максимальных уровней удается избежать ощутимых нелинейных искажений?
6. В чем заключается принцип действия ограничителя максимальных уровней?
7. В чем заключается принцип действия сжимателя динамического диапазона? Какой из видов регулировки чаще всего используется в сжимателях?
8. Принцип действия расширителя динамического диапазона. Почему в расширителях применяется только прямая регулировка?
9. Вид амплитудных характеристик сжимателя и расширителя.
10. Какие элементы автоматических регуляторов определяют их временные параметры?
11. Понятия высоты тона и громкости звука.
12. Как нормируются временные параметры авторегуляторов? Определения времени срабатывания $t_{ср}$ и времени восстановления $t_{в}$.
13. Понятие электрического уровня, динамического диапазона, пик фактора.