



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ,
ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21), (22) Заявка: 2007114482/09, 17.04.2007

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
17.04.2007

(45) Опубликовано: 27.01.2009 Бюл. № 3

(56) Список документов, цитированных в отчете о
поиске: US 5659582 A, 19.08.1997. RU 98123502
A, 10.10.2000. RU 2001106626 A, 27.05.2003.
US 2002/0164039 A1, 07.11.2002. US 5907622 A,
25.05.1999.

Адрес для переписки:

103735, Москва, ул.Ильинка, 5/2, ООО
"Союзпатент", пат.пов. С.В.Истомину

(72) Автор(ы):

Желобанов Дмитрий Владимирович (RU)

(73) Патентообладатель(и):

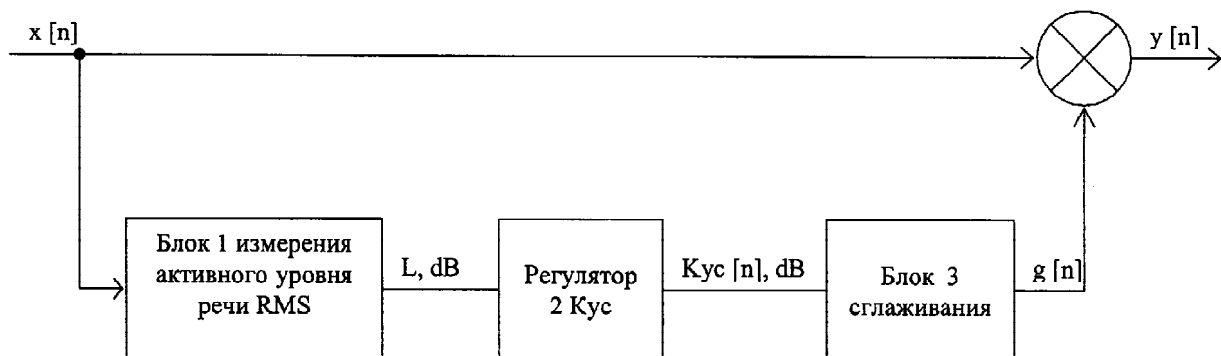
ИНФИНЕТ УАЭРЛЕС ЛИМИТЕД (GB)

(54) СПОСОБ АВТОМАТИЧЕСКОЙ РЕГУЛИРОВКИ УСИЛЕНИЯ СИГНАЛА

(57) Реферат:

Изобретение относится к устройствам регулирования коэффициента усиления сигнала в телекоммуникационном оборудовании и, в частности, к способу регулировки усиления речевых сигналов абонентов VoIP-устройств. Технический результат - повышение скорости реагирования на резко изменяющийся уровень сигнала, снижение уровня фоновых шумов, обеспечение плавности регулирования коэффициента усиления. Способ содержит

следующие этапы: измерения уровня входящего сигнала, одновременное вычисление двух, первого и второго, текущих коэффициентов усиления на основании результата измерения, вычисление итогового коэффициента усиления путем умножения первого и второго текущих коэффициентов усиления и регулирования усиления выходного сигнала на основании полученного итогового значения коэффициента усиления. 11 з.п. ф-лы, 6 ил.



Фиг. 1



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY,
PATENTS AND TRADEMARKS

(51) Int. Cl.

H03G 3/20 (2006.01)**H04B 1/06** (2006.01)(12) **ABSTRACT OF INVENTION**(21), (22) Application: **2007114482/09, 17.04.2007**(24) Effective date for property rights: **17.04.2007**(45) Date of publication: **27.01.2009 Bull. 3**

Mail address:

**103735, Moskva, ul.Ill'inka, 5/2, OOO
"Sojuzpatent", pat.pov. S.V.Istominu**

(72) Inventor(s):

Zhelobanov Dmitrij Vladimirovich (RU)

(73) Proprietor(s):

INFINET UAЕhRLES LIMITED (GB)(54) **AUTOMATIC SIGNAL GAIN CONTROL METHOD**

(57) Abstract:

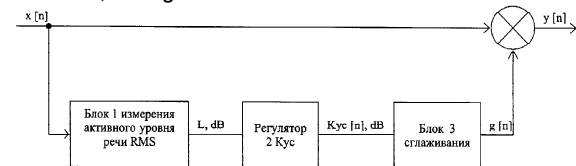
FIELD: physics, radio.

SUBSTANCE: invention refers to signal gain control devices in telecommunication equipment and specifically to VoIP voice gain control methods. Method contains the stages as followings: incomer measurements, simultaneous calculation of two, the first and second current gains based on measuring result, calculation of total gain by multiplication of the first and second current gains, and output gain control based on

calculated total gain.

EFFECT: higher jump signal response speed, lower background noise, and smooth gain control.

12 cl, 6 dwg



Фиг. 1

Область техники, к которой относится изобретение.

Изобретение относится к устройствам регулирования коэффициента усиления сигнала в телекоммуникационном оборудовании и, в частности, к способу регулировки усиления речевых сигналов абонентов VoIP-устройств.

5 Уровень техники

В настоящее время разработано множество систем автоматического регулирования усиления (АРУ), обеспечивающих поддержание среднего значения уровня выходного значения.

10 Так, например, в патенте US 5907622 A1, МПК H03G 3/20, опуб. 25.05.1999 раскрыто устройство обработки сигнала звуковой частоты, включающее: средства, чтобы генерировать желательную громкость и сигнализирования представления желательной громкости упомянутого акустического сигнала; средства создания помехи, чтобы генерировать представление шумового сигнала состояния фоновых шума в слушающем пространстве; переменные средства усиления, чтобы получать сигнал звуковой частоты и
15 сигнал регулирования усиления для усиления упомянутого сигнала звуковой частоты в соответствии с упомянутым сигналом регулирования усиления для генерирования выходного сигнала; средства регулировки усиления, чтобы генерировать сигнал регулировки усиления в ответ на упомянутый желательный сигнал громкости и упомянутый шумовой сигнал, причем сигнал регулировки усиления, являющийся представителем
20 усиления, соответствующего увеличивающемуся значению монотонной функции увеличения упомянутого состояния фоновых шума; средства регулирования усиления, чтобы генерировать сигнал регулирования усиления в ответ на упомянутый сигнал регулировки усиления.

Другой патент US 6731768 B1, МПК H04R 25/00, опуб. 04.05.2004 раскрывает слуховой
25 аппарат, имеющий переключаемую автоматическую регулировку усиления. В одном варианте входной сигнал передается на компаратор, который управляет коммутатором в схеме разъединения автоматической регулировки усиления. В то время как моментальный уровень на входе превышает порог, схема разъединения разрешает автоматическую регулировку усиления. В то время как моментальный уровень на входе не превышает
30 порог, схема разъединения заблокирована и автоматическая регулировка усиления поддерживает установку текущего усиления. Поскольку речь имеет очень высокое максимальное пиковое значение, эта схема будет восстанавливать любое необходимое усиление при присутствии речи (принимая соответствующий порог), но не восстанавливать усиление к фоновому шуму, максимальное пиковое значение которого
35 ниже порога.

Заявка US 2002164039 A1, МПК H04R 3/00, опуб. 07.11.2002 раскрывает способ управления балансом усиления по низкой частоте, включающий обеспечение микрофонного входа звуковым сигналом для подачи его к входному каскаду усилителя, вычисление динамического моментального энергетического значения звукового сигнала в
40 первом эксплуатационном режиме, осуществление предопределенного алгоритма усиления звукового сигнала во втором режиме, используя энергетическое значение, осуществление усиления по низкой частоте в устройстве связей так, что усиление по низкой частоте, в первом эксплуатационном режиме, существенно аппроксимирует усиление по низкой частоте во втором эксплуатационном режиме.

45 Патент US 5659582 A, МПК H04B 1/06, опуб. 19.08.1997, защищающий автоматический регулятор усиления, включающий: средства, чтобы обнаруживать мгновенную мощность сигнала, усиленного или уменьшенного в управляемом устройстве; генератор управляющего сигнала, включающий: средства, фильтрующие мгновенную мощность, содержащие: средства объединения, производящие интегрированное значение мощности,
50 объединяя значение блока, представляющего указанную мгновенную мощность относительно предопределенного порогового значения; и средства сглаживания, чтобы вновь устанавливать интегрированное значение мощности заданному значению между предопределенным верхним порогом и предопределенным более низким порогом, более

малым, чем указанный верхний порог и управляющие средства, чтобы получить тенденцию изменения упомянутой мгновенной мощности на основе результата фильтрации, обнаруживая неоднократно, что указанное интегрированное значение мощности достигло верхнего порога или более низкого порога, причем указанные управляющие средства

5 управляют усилением управляемого устройства, мощность которого будет передана в соответствии с указанной тенденцией полученного изменения.

В настоящее время основными требованиями, предъявляемыми к системе АРУ IP-телефона, являются:

- Возможность снижения уровня акустического эха, возникающего за счет конструктивных особенностей телефонного аппарата (система АРУ не должна усиливать эхосигнал).

10

- Система АРУ должна снижать уровень сигнала, идущего с перегрузкой (абонент кричит в трубку).

- Система АРУ должна обеспечивать значение среднего уровня выходного сигнала на уровне - 19 дБ, то есть повышать коэффициент усиления сигнала при низком уровне и снижать при высоком. Причем изменение коэффициента усиления должно быть плавным, чтобы избежать ухудшения качества связи из-за появления эффекта «пульсации» сигнала (случай резкого изменения коэффициента усиления).

15

- Система АРУ должна регулировать коэффициент усиления только при наличии речевого сигнала, она не должна усиливать фоновый шум в паузах речи.

20

Технические решения, в настоящее время известные из уровня техники, полностью не отвечают современным требованиям, предъявляемыми к системе АРУ IP-телефона, поэтому настоящее изобретение было разработано с учетом приведенных выше требований.

25 Сущность изобретения

Поставленные задачи достигаются с помощью способа автоматической регулировки усиления сигнала, включающего измерение уровня входящего сигнала, одновременное вычисление двух, первого и второго, текущих коэффициентов усиления на основании результата измерения, вычисление итогового коэффициента усиления путем умножения

30 первого и второго текущих коэффициентов усиления и регулирования усиления выходного сигнала на основании полученного итогового значения коэффициента усиления.

При этом в одном варианте осуществления изобретения вычисление первого текущего коэффициента усиления осуществляют путем сравнения текущего уровня входящего сигнала с заданными порогами, в случае если уровень входящего сигнала превышает первый заданный порог (порог ограничителя), первый текущий коэффициент усиления рассчитывается путем вычисления разности между текущим уровнем входящего сигнала и порогом, в случае если уровень входящего сигнала превышает второй заданный порог (порог компрессора), но ниже первого заданного порога, используют компрессор сигнала для вычисления первого текущего коэффициент усиления посредством умножения

35 текущего уровня входящего сигнала на значение коэффициента наклона компрессора и, если уровень входящего сигнала ниже заранее заданного диапазона (порог экспандера), используют экспандер сигнала для вычисления первого текущего коэффициента усиления посредством умножения текущего уровня входящего сигнала на значение коэффициента наклона экспандера.

40

В другом варианте осуществления изобретения, в случае если текущий уровень входящего сигнала ниже порога компрессора, но выше порога экспандера, мгновенный коэффициент усиления устанавливается в 0 дБ.

45

Еще в одном варианте осуществления изобретения вычисление второго текущего коэффициента усиления осуществляют путем вычисления разницы между текущим уровнем сигнала и заранее заданным уровнем сигнала. При этом вычисление второго текущего коэффициента усиления осуществляют для фрагмента входного сигнала, при этом определяют вокализованность фрагмента входного сигнала и вычисление второго текущего коэффициента усиления осуществляют только при наличии признака

50

вокализованности фрагмента входного сигнала, при этом, в случае отсутствия признака вокализованности фрагмента входного сигнала, используется коэффициент усиления, рассчитанный для предыдущего вокализованного фрагмента входного сигнала.

5 Еще в одном варианте осуществления изобретения измерение уровня входящего сигнала осуществляют в логарифмическом диапазоне.

Еще в одном варианте осуществления изобретения вычисление первого и второго текущих коэффициентов усиления осуществляют в логарифмическом диапазоне и переводят в линейный.

10 В другом варианте осуществления изобретения полученные первый и второй текущий коэффициенты усиления сглаживают для обеспечения требуемых динамических характеристик обеих частей устройства.

Еще в одном варианте осуществления изобретения на этапе сглаживания коэффициент усиления определяют по формуле

$$g(n)=(1-k)\cdot g(n-1)+k\cdot f(n),$$

15 где k равно коэффициенту атаки или освобождения.

Еще в одном варианте осуществления изобретения все действия способа осуществляют над порциями входящего сигнала.

Еще в одном варианте осуществления изобретения заранее заданному диапазону соответствует диапазон от -10 до -30 дБ.

20 Еще в одном варианте осуществления изобретения этап вычисления мгновенного значения коэффициента усиления на основании результата измерения дополнительно включает этап определения соответствия уровня входящего сигнала заранее заданному пиковому значению и, если значение уровня входящего сигнала превышает заранее заданное пиковое значение, мгновенное значение коэффициента усиления вычисляют 25 путем инвертирования значения превышения уровня сигнала заранее заданного пикового значения.

Краткое описание чертежей.

Фиг.1 Общая блок-схема АРУ.

Фиг.2 Схема измерителя уровня речевого сигнала.

30 Фиг.3 Графики зависимости выходного уровня и коэффициента усиления от значения входного уровня.

Фиг.4 Схема измерителя пикового значения сигнала.

Фиг.5 Алгоритм работы регулятора коэффициента усиления.

Фиг.6 Схема блока сглаживания.

35 Подробное описание изобретения

Блок-схема системы АРУ представлена на фиг.1. Входной речевой сигнал поступает на вход в виде фрагментов по 80 16-разрядных отсчетов с частотой дискретизации 8 кГц (10 мс).

40 Производится измерение уровня речевого сигнала в блоке 1 измерителя уровня речевого сигнала. Результат измерения, представленный в логарифмическом диапазоне, используется в регуляторе 2 коэффициента усиления для вычисления мгновенного значения коэффициента усиления. Полученное значение мгновенного коэффициента усиления обрабатывается в блоке 3 сглаживания. На выход блок 3 сглаживания выдает текущее значение коэффициента усиления в линейном диапазоне. Блок 3 сглаживания 45 коэффициента усиления задает динамические характеристики системы АРУ.

Блок измеритель уровня речевого сигнала

Блок 1 измерителя уровня речевого сигнала представлен на фиг.2. С помощью предложенной схемы производится измерение среднеквадратического значения энергии сигнала при помощи возведения в квадрат входного сигнала и усреднения его при 50 пропускании через фильтр нижних частот первого порядка. Изменением значения коэффициента ТАВ производится настройка скорости изменения среднеквадратического значения энергии на выходе измерителя, причем значение коэффициента должно быть меньше 1. С ростом коэффициента скорость реакции измерителя на изменение входного

сигнала увеличивается. Тем самым достигается измерение среднего значения уровня сигнала на определенном промежутке времени.

На выходе фильтра полученное значение используется для вычисления логарифма по основанию 2. Использование логарифмической шкалы при измерении уровня сигнала обусловлено физиологической особенностью слухового аппарата человека.
 Логарифмическая мера уровня громкости сигнала очень хорошо отображает человеческое восприятие звука. Использование логарифма по основанию 2 обусловлено простотой целочисленного алгоритма вычислений.

После вычисления значения логарифма среднеквадратического значения уровня сигнала производится умножение полученного значения на коэффициент 0.5, что в линейной шкале соответствует операции извлечения квадратного корня.

Измеритель производит вычисления согласно следующей формуле:

$$x_{RMS}(n) = (1 - TAV) \cdot x_{RMS}(n-1) + TAV \cdot x^2(n).$$

Регулировка коэффициента усиления

Алгоритм работы регулятора 2 коэффициента усиления представлен на фиг.5
 Динамический диапазон громкости речевого сигнала можно разбить на три поддиапазона:

- Очень громкий звук, раздражающий абонента: речь, переходящая в крик, громкий фоновый шум. Пороговое значение для этого диапазона 0-10 дБ.
- Нормальная речь: -10 ÷ -30 дБ.
- Фоновые шумы, акустическое эхо: меньше -30 дБ.

Тем самым регулятор 2 коэффициента усиления (КУ) можно разбить на два независимых блока: регулятор КУ нормального речевого диапазона и регулятор сигнала вне этого диапазона.

Регулятор КУ при значениях уровня, находящихся вне нормального речевого диапазона (больше -10 дБ), для повышения комфорта необходимо снизить уровень сигнала. Для этой цели используются компрессор и ограничитель сигнала. Компрессор преобразует большие изменения входного сигнала в малые изменения выходного, а ограничитель лимитирует максимальный уровень выхода.

В случае, когда значение уровня сигнала лежит в третьем диапазоне (меньше -30 дБ), для снижения уровня фоновых шумов и эха сигнала используется экспандер сигнала, который увеличивает значение малых изменений уровня.

В обоих случаях использования и компрессора и экспандера коэффициент усиления входного сигнала имеет значение меньше 1, улучшая качество речевого сигнала за счет снижения уровня очень громких звуков, уменьшения уровня эха и снижения уровня фоновых шумов. Графическая зависимость уровня выходного сигнала и коэффициента усиления от уровня входного сигнала представлена на фиг.3.

Значение текущего уровня сравнивается с порогами. При значении уровня, соответствующего одному из диапазонов (экспандера, компрессора), вычисляется новый мгновенный коэффициент усиления посредством умножения текущего уровня на значение коэффициента наклона экспандера или компрессора соответственно. В случае, если значение уровня находится вне диапазонов компрессора или экспандера, то значение коэффициента усиления устанавливается равным 0 дБ. Для работы ограничителя производится измерение пикового уровня сигнала. Схема измерителя пикового уровня сигнала представлена на фиг.4. Если значение пикового уровня сигнала выше порога ограничителя (LT) в логарифмической шкале, в этом случае коэффициент усиления в логарифмической шкале вычисляется инвертированием значения превышения уровнем сигнала порога ограничителя.

Регулятор КУ при значениях уровня, соответствующих нормальному речевому диапазону

При значениях сигнала, находящихся в диапазоне -10 ÷ -30 дБ, соответствующему диапазону нормального речевого сигнала, система АРУ должна производить регулировку

коэффициента усиления для достижения требуемого среднего уровня речи около -19 дБ.

Ключевым моментом при регулировке уровня сигнала в этом диапазоне является то, что система АРУ должна регулировать коэффициент усиления только при наличии речевого сигнала, а при отсутствии речи регулировка должна останавливаться. Для определения

5 моментов наличия речи во входном сигнале разработано множество алгоритмов, так называемых VAD (Voice Activity Detector), которые часто используются в пакетной телефонии. Например, VAD согласно рекомендации ITU-T G.729B.

Использование VAD согласно рекомендации G.729B обуславливает блочный алгоритм работы регулятора с периодом обработки в 10 мс. При использовании других алгоритмов

10 период обработки будет другой.

В случае обнаружения VAD вокализованного фрейма вычисляется новое мгновенное значение коэффициента усиления, представляющего собой разницу между текущим уровнем сигнал и требуемым (-19 дБ).

Использование нижнего порога на входе регулятора нормального речевого диапазона

15 позволяет дистанцироваться от акустического эха на входе регулятора. Так как VAD разработан для анализа и принятия решения о наличии речи на фоне шумов в сигнале с различным уровнем, в том числе и с уровнем ниже -30 дБ, поэтому VAD будет выдавать признак вокализованного фрейма даже в случае присутствия акустического эхосигнала в обрабатываемом сигнале.

Значения мгновенного текущего коэффициента усиления с обеих частей регулятора переводятся из логарифмического в линейный диапазон путем возведения двойки в

20 степень мгновенного значения коэффициента усиления. Полученное значение коэффициентов усиления передается на блоки сглаживания для обеспечения необходимых динамических характеристик регулятора.

Применение двух независимых блоков сглаживания для обеих частей регулятора

25 позволяет задавать различные динамические характеристики для обеспечения заданных требований.

Блок 3 сглаживания коэффициента усиления

Схема блока 3 сглаживания коэффициента усиления представлена на фиг.6.

Динамические характеристики системы регулирования задаются при помощи

30 коэффициентов атаки и освобождения. При снижении коэффициента усиления применяется коэффициент атаки, а при повышении - коэффициент освобождения.

Значение нового коэффициента усиления на входе блока сравнивается с предыдущим значением и после применения небольшой петли гистерезиса определяется используемый

35 в данный момент коэффициент (атаки или освобождения). Применение петли гистерезиса гарантирует стабильность работы системы при небольших девиациях коэффициента усиления.

После выбора текущего коэффициента производится сглаживание управляющего сигнала:

$$40 \quad g(n)=(1-k) \cdot g(n-1)+k \cdot f(n),$$

где k равно коэффициенту атаки или освобождения.

Полученные на выходе блоков сглаживания коэффициенты усиления с обеих частей регулятора перемножаются, обеспечивая тем самым плавность переходных процессов системы АРУ. Полученный общий КУ используется для масштабирования входного

45 сигнала.

Настоящее изобретение позволяет снизить уровень акустического эха, возникающего из-за конструктивных особенностей VoIP-телефона, и фоновых шумов - за счет использования экспандера. Применением VAD, который используется в качестве сигнализатора наличия речи для активизации процесса регулирования КУ, а не для отключения тракта,

50 достигается отстройка от громких шумов при голосоактивируемой регулировке среднего уровня сигнала. Лиметерно/компрессорно/экспандерная схема позволяет при регулировке среднего уровня сигнала отстраиваться как от очень слабых сигналов, так и от очень громких. Предложенное изобретение позволяет повысить скорость реагирования на резко

изменяющийся уровень сигнала (резкий переход от тихого разговора к очень громкому), снизить уровень фоновых шумов, обеспечить плавность регулирования коэффициента усиления речевого сигнала (исключается эффект пульсирующего звука в паузах речи).

5

Формула изобретения

1. Способ автоматической регулировки усиления сигнала, содержащий следующие этапы: измерения уровня входящего сигнала, одновременное вычисление двух, первого и второго текущих коэффициентов усиления на основании результата измерения, вычисление итогового коэффициента усиления путем умножения первого и второго

10

текущих коэффициентов усиления, и регулирования усиления выходного сигнала на основании полученного итогового значения коэффициента усиления.

2. Способ по п.1, отличающийся тем, что вычисление первого текущего коэффициента усиления осуществляют путем сравнения текущего уровня входящего сигнала с заданными порогом, при этом в случае если уровень входящего сигнала превышает первый заданный порог (порог ограничителя), первый текущий коэффициент усиления рассчитывается путем вычисления разности между текущим уровнем входящего сигнала и порогом, в случае если

15

уровень входящего сигнала превышает второй заданный порог (порог компрессора), но ниже первого заданного порога, используют компрессор сигнала для вычисления первого текущего коэффициента усиления посредством умножения текущего уровня входящего сигнала на значение коэффициента наклона компрессора, и если уровень входящего сигнала ниже заранее заданного диапазона (порог экспандера) используют экспандер сигнала для вычисления первого текущего коэффициента усиления посредством

20

умножения текущего уровня входящего сигнала на значение коэффициента наклона экспандера.

3. Способ по п.2, отличающийся тем, что в случае если текущий уровень входящего сигнала ниже порога компрессора, но выше порога экспандера первый текущий коэффициент усиления устанавливают в 0 дБ.

25

4. Способ по п.1, отличающийся тем, что вычисление второго текущего коэффициента усиления осуществляют путем вычисления разницы между текущим уровнем сигнала и заранее заданным уровнем сигнала.

5. Способ по п.4, отличающийся тем, что вычисление второго текущего коэффициента усиления осуществляют для фрагмента входного сигнала, при этом определяют вокализованность фрагмента входного сигнала и вычисление второго текущего коэффициента усиления осуществляют только при наличии признака вокализованности фрагмента входного сигнала, при этом в случае отсутствия признака вокализованности фрагмента входного сигнала используется коэффициент усиления, рассчитанный для предыдущего вокализованного фрагмента входного сигнала.

35

6. Способ по п.1, отличающийся тем, что измерение уровня входящего сигнала осуществляют в логарифмическом диапазоне.

40

7. Способ по п.1, отличающийся тем, что вычисление первого и второго текущих коэффициентов усиления осуществляют в логарифмическом диапазоне и переводят в линейный.

8. Способ по п.1, отличающийся тем, что полученные первый и второй текущий коэффициенты усиления сглаживают для обеспечения требуемых динамических характеристик обеих частей устройства.

45

9. Способ по п.1, отличающийся тем, что на этапе сглаживания коэффициент усиления определяют по формуле

$$g(n)=(1-k).g(n-1)+k.f(n),$$

где k равно коэффициенту атаки или освобождения.

50

10. Способ по п.1, отличающийся тем, что все действия способа осуществляют над порциями входящего сигнала.

11. Способ по п.2, отличающийся тем, что заранее заданному диапазону соответствует диапазон от -10 до -30 дБ.

12. Способ по п.1, отличающийся тем, что этап вычисления мгновенного значения коэффициента усиления на основании результата измерения дополнительно включает этап определения соответствия уровня входящего сигнала заранее заданному пиковому значению, и если значение уровня входящего сигнала превышает заранее заданное пиковое значение мгновенное значение коэффициента усиления вычисляют путем инвертирования значения превышения уровня сигнала заранее заданного пикового значения.

10

15

20

25

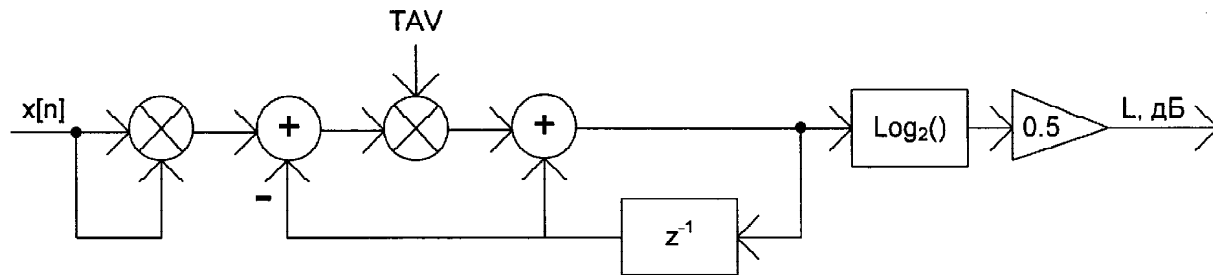
30

35

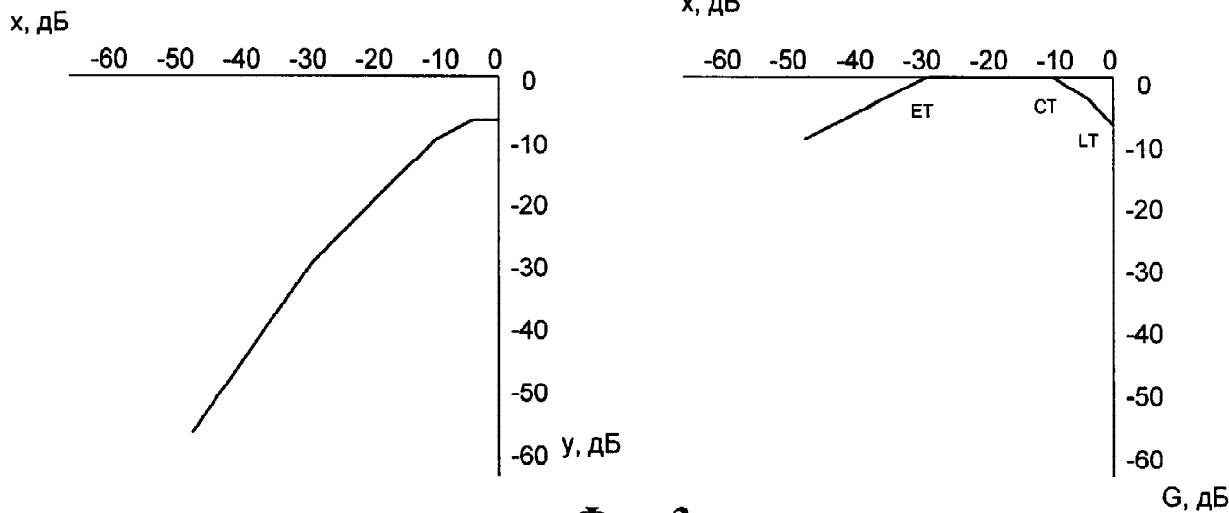
40

45

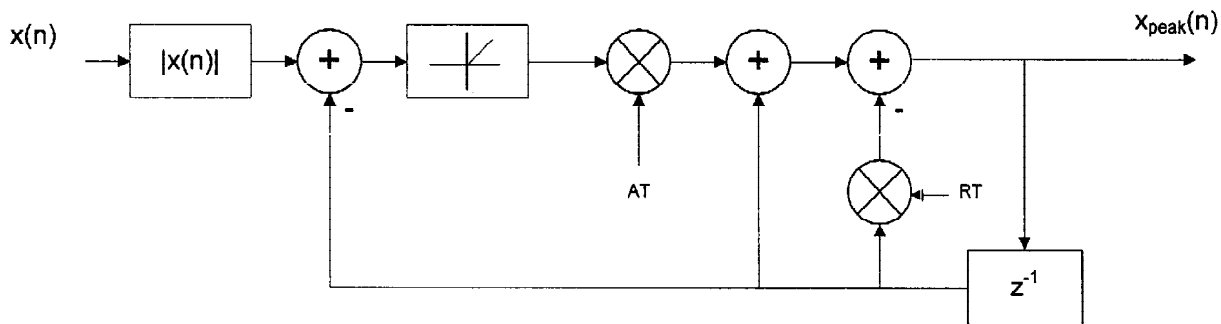
50



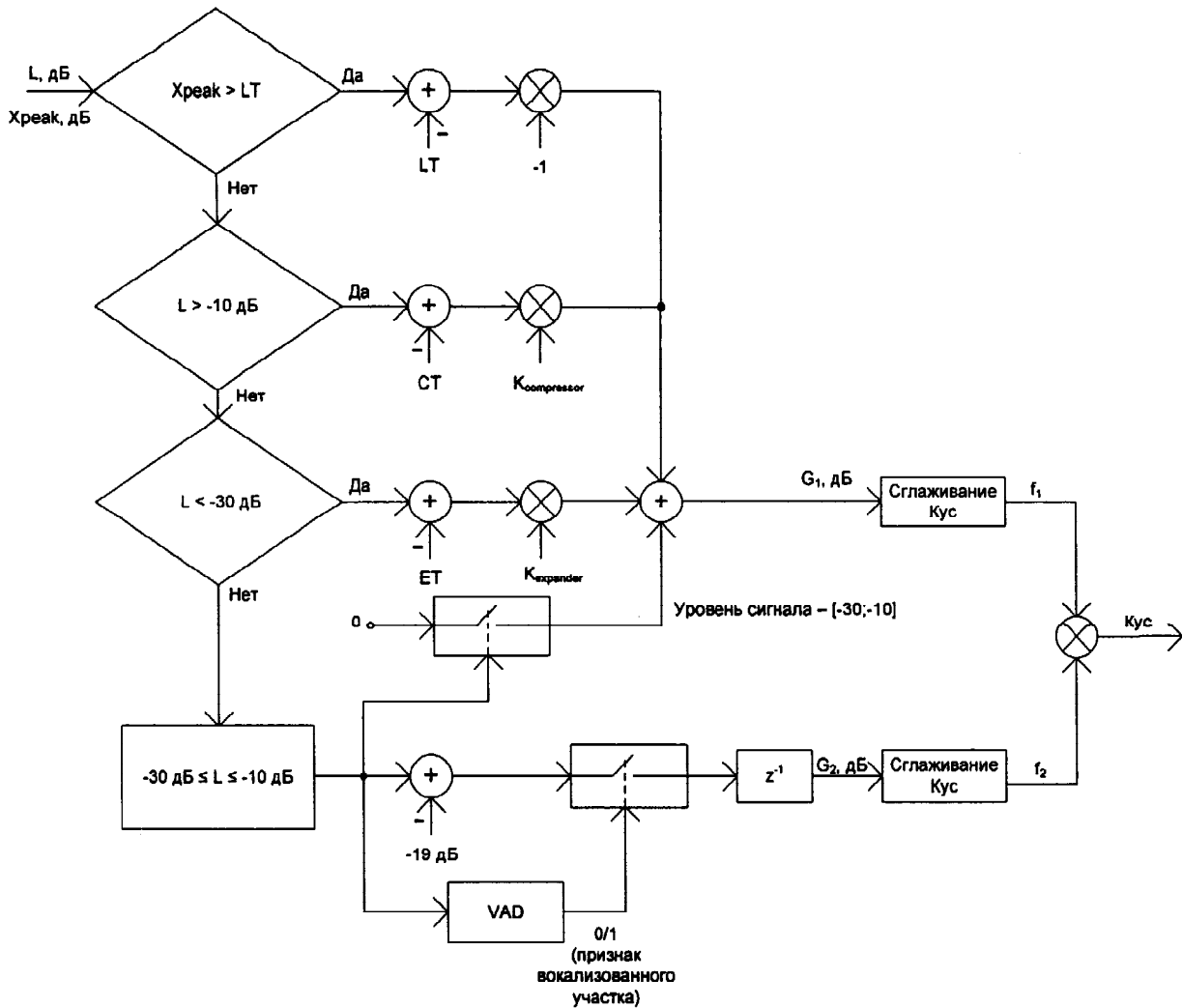
Фиг. 2



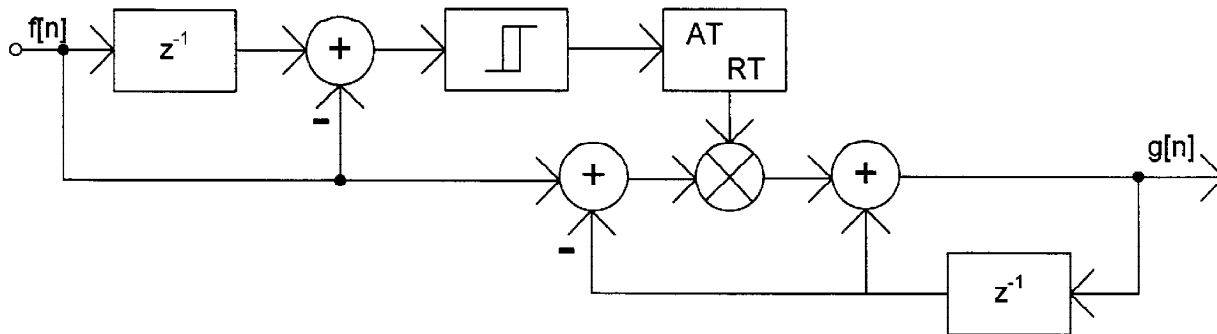
Фиг. 3



Фиг. 4



Фиг. 5



Фиг. 6