



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ,
ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

На основании пункта 3 статьи 13 Патентного закона Российской Федерации от 23 сентября 1992 г. № 3517-1 патентообладатель обязуется передать исключительное право на изобретение (уступить патент) на условиях, соответствующих установившейся практике, лицу, первому изъявившему такое желание и уведомившему об этом патентообладателя и федеральный орган исполнительной власти по интеллектуальной собственности, - гражданину РФ или российскому юридическому лицу.

(21), (22) Заявка: 2003127106/28, 09.09.2003

(24) Дата начала действия патента: 09.09.2003

(43) Дата публикации заявки: 10.02.2004

(45) Опубликовано: 10.03.2005 Бюл. № 7

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: Мейзда Ф. Электронные измерительные приборы и методы испытаний, Москва, "Миро", 1990, стр.383-388. EP 1089568 A1, 04.04.2001. SU 789885 A, 23.12.1980. JP 9261799 A1, 03.10.1997. GB 2370469 A, 26.06.2002. RU 2065170 C1, 10.08.1996. WO 02/31534 A2, 18.04.2002. RU 2133499 C2, 20.07.1999.

Адрес для переписки:

143909, Московская обл., Балашихинский р-н, с. Пехра-Покровское, 134, Г.Р. Аванесяну

(72) Автор(ы):

Аванесян Г.Р. (RU)

(73) Патентообладатель(ли):

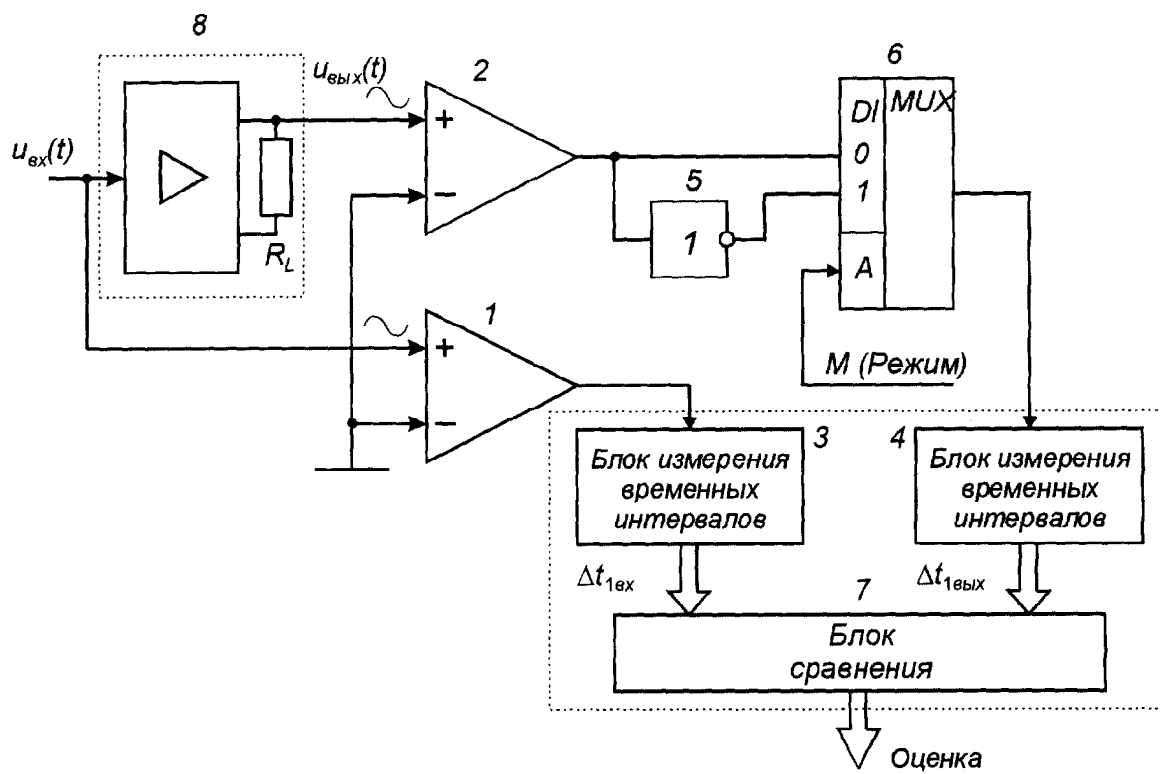
Аванесян Гарри Романович (RU)

(54) ИЗМЕРИТЕЛЬ НЕЛИНЕЙНЫХ ИСКАЖЕНИЙ СЛУЧАЙНЫХ СИГНАЛОВ

(57) Реферат:

Изобретение относится к области электрорадиоизмерений и позволяет оценивать наличие и степень нелинейных искажений в усилительных трактах. Основными узлами измерителя являются два компаратора, служащих для клиппирования входных сигналов, два блока измерения временных интервалов и блок сравнения. Первым тестовым входом измерителя служит сигнальный вход первого компаратора, вторым тестовым входом служит сигнальный вход второго компаратора. Входы опорных напряжений компараторов подключены к общей шине. Выход первого компаратора соединен со входом первого блока измерения временных интервалов, выход которого соединен с первым входом блока сравнения. Второй вход последнего соединен с выходом второго блока измерения временных

интервалов, вход которого соединен с выходом мультиплексора. Первый и второй информационные входы мультиплексора соединены соответственно с выходами второго компаратора и инвертора, вход которого соединен с выходом второго компаратора. Выходом измерителя является выход блока сравнения. Технический результат, достигаемый при использовании настоящего изобретения, состоит как в упрощении измерителя, так и в расширении функциональных возможностей за счет оценки нелинейных искажений, возникающих в четырехполюснике при прохождении через него случайного полезного сигнала в рабочем режиме, без отключения четырехполюсника и без подачи на его вход специального тестового сигнала. 2 з.п. ф-лы, 4 ил.



Фиг. 3



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY,
PATENTS AND TRADEMARKS

(12) ABSTRACT OF INVENTION

Based on Article 13, par. 3 of the Patent law of the Russian Federation of September 23, 1992, #3517-I the patent owner undertakes to transfer the exclusive right to the invention (assign the patent), on generally practiced conditions, to the first person – citizen of the Russian Federation or a Russian legal person who expresses such a wish and conveys it to the patent owner and the Federal executive body for Intellectual Property.

(21), (22) Application: **2003127106/28, 09.09.2003**

(24) Effective date for property rights: **09.09.2003**

(43) Application published: **10.02.2004**

(45) Date of publication: **10.03.2005 Bull. 7**

Mail address:

**143909, Moskovskaja obl., Balashikhinskij r-n, s.
Pekhra-Pokrovskoe, 134, G.R. Avanesjanu**

(72) Inventor(s):

Avanesjan G.R. (RU)

(73) Proprietor(s):

Avanesjan Garri Romanovich (RU)

(54) RANDOM SIGNALS NONLINEAR DISTORTION METER

(57) Abstract:

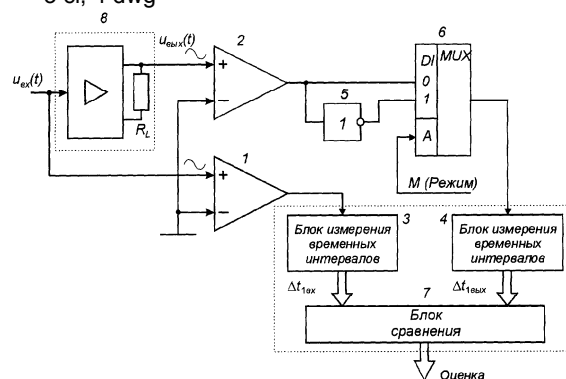
FIELD: electric and radio measurement technology.

SUBSTANCE: device allows estimating presence and degree of nonlinear distortions in four-terminal network when random useful signal passes it through at working mode without switching four-terminal port off and applying special test signal at its input. Nonlinear distortion meter has two comparators being used for clipping input signals, two units for measuring time intervals and comparison unit. First test input of meter has to be signal input first comparator, second test input has to be signal input of second comparator. Reference voltage inputs of comparators are connected with common bus. Output of first comparator is connected with input of first unit for measuring time intervals; output of the unit is connected with first input of comparison unit. Second unit of comparison unit is connected with output of second unit for measuring time intervals which unit has input connected with output of multiplexer. First and second data inputs of

multiplexer are connected with outputs of second comparator and inverter correspondingly. Input of inverter is connected with output of second comparator. Output of meter has to be output of comparison unit.

EFFECT: simplified design; widened functional abilities.

3 cl, 4 dwg



Фиг. 3

Изобретение относится к области электрорадиоизмерений и позволяет оценивать наличие и степень нелинейных искажений в усилительных трактах.

В качестве прототипа выбрано классическое устройство для измерения нелинейных искажений, содержащее генератор синусоидального сигнала, режекторный фильтр, два
 5 блока измерения среднеквадратических значений и блок измерения отношений, выход которого является информационным выходом устройства, тестовым выходом которого служит выход генератора синусоидального сигнала, а тестовым входом служит вход
 режекторного фильтра, выход которого соединен с входом первого блока измерения среднеквадратических значений, выход которого соединен с первым входом блока
 10 измерения отношений, второй вход которого соединен с выходом второго блока измерения среднеквадратических значений, вход которого объединен с входом режекторного фильтра [Мейзда Ф. Электронные измерительные приборы и методы измерений: Пер. с англ. - М.: Мир, 1990, стр.384, рис.14.146].

Принцип действия прототипа предполагает применение специального тестового сигнала
 15 - моногармонического процесса, который и подвергается в исследуемом четырехполюснике нелинейным преобразованиям. Следовательно, использовать прототип для оценки нелинейных искажений, возникающих в процессе работы четырехполюсника в его обычном режиме с реальными случайными сигналами, невозможно. Другим существенным недостатком прототипа является его структурно-функциональная сложность, так как, строго
 20 говоря, прототип является узкоспециализированным анализатором спектра.

Технический результат, достигаемый при использовании настоящего изобретения, состоит как в упрощении измерителя, так и в расширении функциональных возможностей за счет оценки нелинейных искажений, возникающих в четырехполюснике при прохождении
 через него случайного полезного сигнала в рабочем режиме, без отключения
 25 четырехполюсника и без подачи на его вход специального тестового сигнала.

Технический результат достигается тем, что измеритель нелинейных искажений, согласно изобретению, содержит два компаратора, два блока измерения временных интервалов, блок сравнения, мультиплексор и инвертор, первым тестовым входом
 30 измерителя служит сигнальный вход первого компаратора, вторым тестовым входом служит сигнальный вход второго компаратора, входы опорных напряжений компараторов подключены к общей шине, выход первого компаратора соединен с входом первого блока измерения временных интервалов, выход которого соединен с первым входом блока сравнения, второй вход которого соединен с выходом второго блока измерения временных
 35 интервалов, вход которого соединен с выходом мультиплексора, первый информационный вход которого соединен с выходом второго компаратора, второй информационный вход мультиплексора соединен с выходом инвертора, вход которого соединен с выходом второго компаратора, выходом измерителя является выход блока сравнения.

Сущность изобретения поясняется чертежами. На фиг.1 показаны графики, иллюстрирующие процесс оценки нелинейных искажений моногармонического сигнала, а
 40 на фиг.2 - реализации случайного сигнала, подвергшегося нелинейным искажениям. Функциональная схема измерителя нелинейных искажений приведена на фиг.3. Функциональная схема по фиг.4 представляет собой пример реализации блока измерения временных интервалов.

Графики по фиг.1 содержат входной $u_{вх}(t)$ моногармонический сигнал и $u_{вых}(t)$ -
 45 переменную составляющую сигнала после нелинейного преобразования. Временные параметры $\Delta t_{1вх}$, $\Delta t_{1вых}$ являются длительностями положительных полуволн соответственно входного и выходного сигналов, а параметры $\Delta t_{2вх}$, $\Delta t_{2вых}$ - длительностями отрицательных полуволн указанных сигналов.

Графики по фиг.2 содержат две реализации входного случайного сигнала $u_{1вх}(t)$ и $u_{2вх}$ и
 50 соответствующие им реакции $u_{1вых}(t)$, $u_{2вых}(t)$ являющиеся результатом нелинейного преобразования.

Функциональная схема (фиг.3) измерителя нелинейных искажений содержит компараторы 1, 2, блоки 3, 4 измерения временных интервалов, инвертор 5, мультиплексор

6, блок 7 сравнения и тестируемый усилитель 8 с подключенной нагрузкой R_L . Первым тестовым входом $u_{вх}(t)$ измерителя служит сигнальный вход компаратора 1, вторым тестовым входом $u_{вых}(t)$ служит сигнальный вход компаратора 2, входы опорных напряжений компараторов 1, 2 подключены к общей шине, выход компаратора 1 соединен со входом блока 3, выход которого соединен с первым входом блока 7 сравнения, второй вход которого соединен с выходом блока 4, вход которого соединен с выходом мультиплексора 6, первый информационный вход D10 которого соединен с выходом компаратора 2, а второй информационный вход D11 соединен с выходом инвертора 5, вход которого соединен с выходом компаратора 2, адресный вход А мультиплексора 6 является режимным входом М измерителя, выходом оценки которого служит выход блока 7 сравнения, тестируемый усилитель 8 подключен между первым и вторым тестовыми входами измерителя.

Блок измерения временных интервалов (фиг.4) содержит два счетчика 9, 10, блок 11 деления, D-триггер 12 и два элемента И 13, 14. Выходы счетчиков 9, 10 подключены к входам блока 11 деления, выход которого является выходом блока измерения временных интервалов, входом которого служат объединенные тактовый вход триггера 12 и первый вход элемента И 14, выход которого соединен с первым входом элемента И 13 и суммирующим входом счетчика 10, суммирующий вход счетчика 9 соединен с выходом элемента И 13, второй вход которого является тактовым входом CLK блока измерения временных интервалов, управляющим входом СО которого является D-вход D-триггера 12, обнуляющие входы счетчиков 9, 10 объединены и составляют обнуляющий вход блока измерения временных интервалов.

В основе функционирования измерителя лежит метод, суть которого состоит в следующем.

Известно, что если передаточная характеристика четырехполюсника (усилителя) имеет вид монотонной нелинейной функции, то положительные и отрицательные составляющие входного сигнала будут усиливаться по-разному, в зависимости от меняющейся крутизны передаточной характеристики. Разумеется, рабочая точка u_0 (точка покоя) выбирается таким образом, чтобы при максимально возможном размахе входного сигнала значения сигнала, смещенные на величину u_0 , не выходили за пределы рабочего участка передаточной характеристики. В качестве наглядного примера на фиг.1 показан случай нелинейного усиления гармонического сигнала $u_{вх}(t)$ амплитудой 0,15 В в четырехполюснике, передаточная характеристика которого представлена разложением в ряд Тейлора относительно рабочей точки u_0

$$u(t)=0,4+4(u_{вх}(t)-u_0)+11,55(u_{вх}(t)-u_0)^2$$

На фиг.1 легко видеть, что у переменной составляющей $u_{вых}(t)$ выходного сигнала различные длительности полувольт $\Delta t_{1вых}$ и $\Delta t_{2вых}$, отличаются от длительностей аналогичных полувольт входного сигнала $\Delta t_{1вх}$ и $\Delta t_{2вх}$, которые в частном случае равны. Изменение длительностей полувольт произошло вследствие удаления из сигнала $u(t)$ постоянной составляющей, появившейся в его спектре на этапе нелинейного преобразования. Объясняется это тем, что центрирование “несимметричного” процесса приводит к смещению процесса вдоль оси ординат на величину, необходимую для установления равенства площадей, ограниченных отдельно положительными и отрицательными составляющими процесса. В результате длительности $\Delta t_{1вых}$ и $\Delta t_{2вых}$, измеренные на уровне нулевой линии, оказываются отличными от исходных значений $\Delta t_{1вх}$ и $\Delta t_{2вх}$. Подобные изменения наблюдаются при воздействии на нелинейный четырехполюсник не только детерминированных сигналов, но и случайных. Из представленных на фиг.2 реализации достаточно ясно видно, что точки пересечения одноименных фрагментов входного и выходного сигналов с нулевой линией оказываются различными. Причем моделирование различных характеристик нелинейностей путем изменения коэффициента перед квадратичным членом вышеприведенного полинома, вплоть до нуля, показало наличие строгой взаимосвязи между степенью нелинейности

передаточной характеристики $u_{\text{вых}}=f(u_{\text{вх}})$ и разностью $\delta_s=|\Delta t_{1\text{вых}}-\Delta t_{1\text{вх}}|$ (или $\delta_s=|\Delta t_{2\text{вых}}-\Delta t_{2\text{вх}}|$), которая становится тем больше, чем ярче выражена нелинейность. При отсутствии нелинейных искажений $\delta_s=0$. Указанная связь одинаково наблюдается как для

детерминированных процессов, например, моногармонических, так и для случайных процессов с широким спектром.

Основываясь на выявленных особенностях, можно сделать вывод, что в качестве практически полезного количественного критерия оценки нелинейных искажений возможно применение параметра, показывающего как отличаются длительности одноименных фрагментов входного и выходного сигналов нелинейного четырехполюсника. В простейшем случае синусоидального сигнала - это длительности полуволн. У случайного процесса - это участки сигнала, в пределах которого знак сохраняется постоянным. Таким параметром может быть как уже упомянутая разность δ_s , так и отношение длительностей одноименных фрагментов выходного и входного сигналов, например, $\delta_D=\Delta t_{1\text{вых}}/\Delta t_{1\text{вх}}$ (при $\delta_D=1$ искажений нет).

Устройство, вычисляющее предложенные параметры δ_s и δ_D (фиг.3), клиппирует входной $u_{\text{вх}}(t)$ и выходной $u_{\text{вых}}(t)$ сигналы, для этого служат компараторы 1, 2, и далее измеряет длительности полученных импульсов. Результаты измерений поступают в блок 7 сравнения, в котором, в зависимости от заданных требований или возможностей, вычисляют либо модуль разности δ_s поданных на его вход операндов, либо их отношение δ_D .

Для повышения достоверности оценки, учитывая, что процесс срабатывания компараторов 1, 2 происходит в реальных условиях воздействия помех и, кроме того, входными сигналами могут быть случайные процессы, результаты целесообразно усреднять за некоторое время наблюдения, в течение которого будет получено N отсчетов. Следовательно, блоки 3, 4 необходимо наделять еще и функциями усреднения результатов. Таким образом, для общего случая, когда входным сигналом, играющим роль тестового, может быть случайный процесс, следует записать

$$\overline{\delta_s} = \left| \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \Delta t_{1\text{вх} \times i} - \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \Delta t_{1\text{вх} \times i} \right| \quad (1)$$

и

$$\overline{\delta_D} = \frac{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \Delta t_{1\text{вх} \times i}}{-\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \Delta t_{1\text{вх} \times i}}, \quad (2)$$

где $\overline{\delta_s}$, $\overline{\delta_D}$ - оценки на выходе блока 7;

$\Delta t_{1\text{вх}i}$ - длительность i-го фрагмента входного сигнала, имеющего положительный знак (положительного выброса над нулевой линией);

$\Delta t_{1\text{вых}i}$ - длительность i-го фрагмента выходного сигнала, имеющего положительный знак.

Формализуя, отметим, что комбинация блоков 3, 4 измерения временных интервалов и блока 7 сравнения, показанная штриховой линией (фиг.3), представляет собой специализированный блок функциональных измерений, предназначенный, в зависимости от конкретных требований, либо для вычисления функции (1), либо (2). Каждый из предложенных показателей $\overline{\delta_s}$ (1) или $\overline{\delta_D}$ (2) может использоваться для выявления и оценки нелинейных искажений, и вопрос предпочтения одного другому должен решаться как отдельная задача, выходящая за рамки настоящего материала.

Реализация комбинации блоков 3, 4 и 7 возможна в нескольких вариантах. В частности, из (1) видно, что для получения усредненного значения $\overline{\delta_s}$ результаты измерений $\Delta t_{1\text{вх}i}$ и $\Delta t_{1\text{вх}i}$ не обязательно усреднять сразу же в блоках 3, 4 (это следует считать одним из вариантов). Усреднение можно провести и позже в блоке 7 сравнения,

заменяя две операции умножения одной. В таком случае блок 3 вычисляет сумму $\sum_{i=1}^N \Delta t_{1 \times i}$ блок 4 - сумму $\sum_{i=1}^N \Delta t_{1 \times \text{вы}i}$, а блок 7 сравнения состоит из последовательно

5 соединенных устройств вычитания и блока умножения на постоянный коэффициент $1/N$. Выход блока умножения является выходом блока сравнения, входами которого будут служить входы устройства вычитания.

Другой возможный подход предполагает усреднение непосредственно в блоках 3, 4. В этом случае блоки 3, 4 измерения временных интервалов могут быть реализованы по 10 схеме на фиг.4. Как видно из схемы, в структуре предусмотрен блок 11 деления, входными операндами для которого служат коды на разрядных выходах счетчиков 9 (делимое) и 10 (делитель). При этом счетчик 9 формирует сумму $\sum_{i=1}^N \Delta t_{1 \times i}$ (или $\sum_{i=1}^N \Delta t_{1 \times \text{вы}i}$), а счетчик

10 определяет значение N . Процесс измерения временных интервалов начинается с 15 подачи на управляющий вход СО высокого логического уровня, после чего с первым отрицательным фронтом входного импульса (клиппированного сигнала) блок 3 (4) переходит в режим готовности отсчета суммы длительностей временных интервалов $\Delta t_{1 \times i}$ ($\Delta t_{1 \times \text{вы}i}$) и их количества. Дискрет отсчета задается частотой тактовых импульсов на входе CLK. Разумеется, тактовые импульсы на каждый из блоков 3, 4 должны 20 подаваться одной частоты и желательно от одного источника. Кроме того, перед началом каждого цикла измерений счетчики 9, 10 следует обнулять. Для окончания измерений на входе СО устанавливают уровень логического нуля.

При использовании схемы по фиг.4 блок сравнения будет представлять собой в чистом 25 виде либо устройство вычитания, либо блок деления. Операция умножения на коэффициент $1/N$ в этом случае исключается.

Точность измерения временных интервалов $\Delta t_{1 \times i}$, $\Delta t_{1 \times \text{вы}i}$, а следовательно, и 30 достоверность оценки $\overline{\delta_s}$ или $\overline{\delta_p}$, в значительной степени зависит от помеховой ситуации, влияющей на флуктуации моментов срабатывания компараторов 1, 2. Этот фактор необходимо учитывать при разработке практических схем. Эффективным способом борьбы с указанным явлением ложных срабатываний является повышение крутизны входного аналогового сигнала в точке пересечения с пороговым уровнем компаратора и одновременно фильтрация высокочастотных компонент на сигнальных входах компараторов.

35 Что же касается вычисления $\overline{\delta_p}$, то теоретически усреднение здесь можно вообще не производить, если, как это следует из (2), принять для сигналов $u_{1 \times i}(t)$, $u_{\text{вы}i}(t)$ равное число отсчетов N , которые после упрощения (2) в конечной формуле для вычисления $\overline{\delta_p}$ уже никак не фигурируют. Однако столь простой и удобный математический прием может 40 привести к аппаратным усложнениям блока деления, который в этом случае будет играть роль блока 7 сравнения. Связано это с тем, что исключение промежуточных операций усреднения приведет к увеличению разрядности входных операндов блока 7 сравнения. Причем к аналогичному увеличению разрядности приведет и исключение предварительных операций усреднения при вычислении по формуле (1) $\overline{\delta_s}$. Поэтому решение о применении

45 того или иного варианта реализации рассмотренной части измерителя должно приниматься индивидуально в каждом конкретном случае исходя из особенностей ставящихся задач.

Для обеспечения корректного сравнения на одном и том же интервале времени фрагментов входного и выходного сигналов в измерителе предусмотрены инвертор 5 и мультиплексор 6. Назначение указанных элементов заключается в подаче на вход блока 4 50 клиппированного выходного сигнала, всегда синфазного с входным. В случае, если сигнал на выходе тестируемого усилителя 8 находится в противофазе с входным, то на вход блока 4 подают проинвертированную инвертором 5 последовательность импульсов с выхода компаратора 2. При неинвертирующем усилителе 8 импульсы на выходе компаратора 2

также не требуется инвертировать. Таким образом, измеритель может находиться в двух режимах: при $M=0$ (логический уровень на адресном входе мультиплексора 6) реализуется режим тестирования неинвертирующего усилителя, при $M=1$ реализуется режим тестирования инвертирующего усилителя. Заметим также, что применение для обработки

5 только клиппированных сигналов значительно упростило задачу сравнения противофазных аналоговых сигналов, так как отпала необходимость использования аналоговых инверторов, вносящих дополнительные искажения в исследуемый процесс.

Разумеется, если измеритель предполагается использовать для оценки нелинейных искажений неинвертирующих усилителей (четырёхполюсников), то из структуры,

10 показанной на фиг.3, инвертор 5 и мультиплексор 6 следует исключить, а выход компаратора 2 соединить со входом блока 4 измерения временных интервалов. В остальном измеритель остается прежним. Если же, наоборот, измеритель рассчитывается на работу только с инвертирующими усилителями (четырёхполюсниками), то из схемы (фиг.3) следует исключить мультиплексор 6, а выход инвертора 5 соединить со входом

15 блока 4.

Представленный измеритель (фиг.3) имеет следующие преимущества перед известными аналогичными устройствами:

- измеритель легко реализуется на элементах цифровой логики и при этом не требует применения функционально насыщенных многоразрядных аналого-цифровых преобразователей;

20

- операции над входными аналоговыми сигналами совершаются только во временной области, что позволяет для преобразования сигналов в цифровую форму использовать простую цепочку компаратор - блок измерения временных интервалов;

- в состав измерителя не входит специальный тестовый генератор, являющийся, как

25 правило, неотъемлемой частью подобных устройств;

- измеритель допускает применение в качестве тестовых различные сигналы, включая и случайные, и таким образом позволяет контролировать работу усилителей при прохождении через них реальных полезных сигналов, не прерывая выполнение ими (усилителями) их "штатных" функций.

30

Формула изобретения

1. Измеритель нелинейных искажений случайных сигналов, отличающийся тем, что содержит два компаратора, два блока измерения временных интервалов, блок сравнения, мультиплексор и инвертор, первым тестовым входом измерителя служит сигнальный вход

35 первого компаратора, вторым тестовым входом служит сигнальный вход второго компаратора, входы опорных напряжений компараторов подключены к общей шине, выход первого компаратора соединен со входом первого блока измерения временных интервалов, выход которого соединен с первым входом блока сравнения, второй вход которого соединен с выходом второго блока измерения временных интервалов, вход

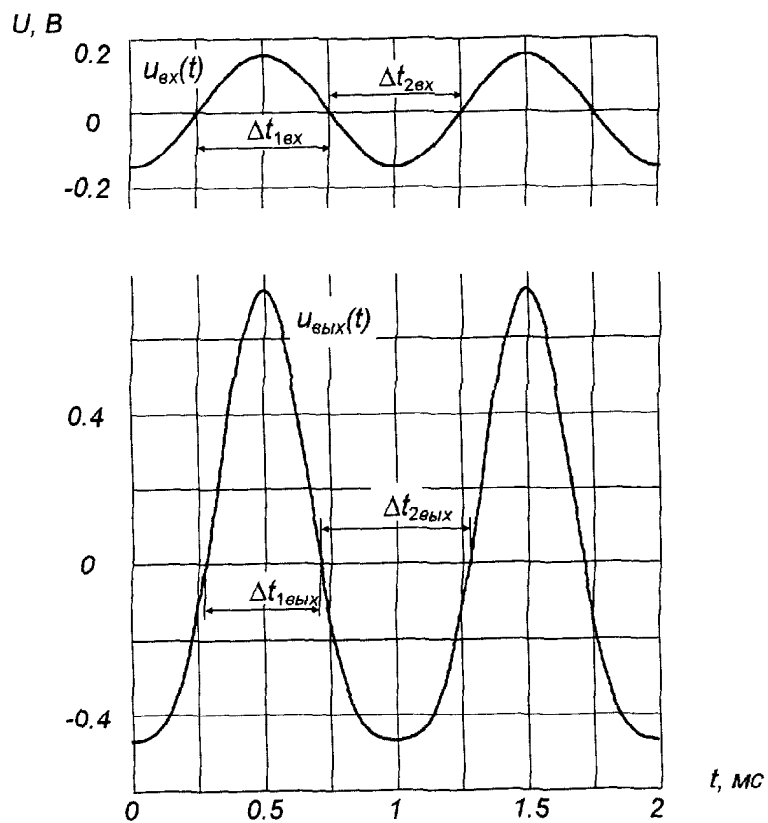
40 которого соединен с выходом мультиплексора, первый информационный вход которого соединен с выходом второго компаратора, второй информационный вход мультиплексора соединен с выходом инвертора, вход которого соединен с выходом второго компаратора, выходом измерителя является выход блока сравнения.

2. Измеритель по п.1, отличающийся тем, что блок сравнения выполнен в виде

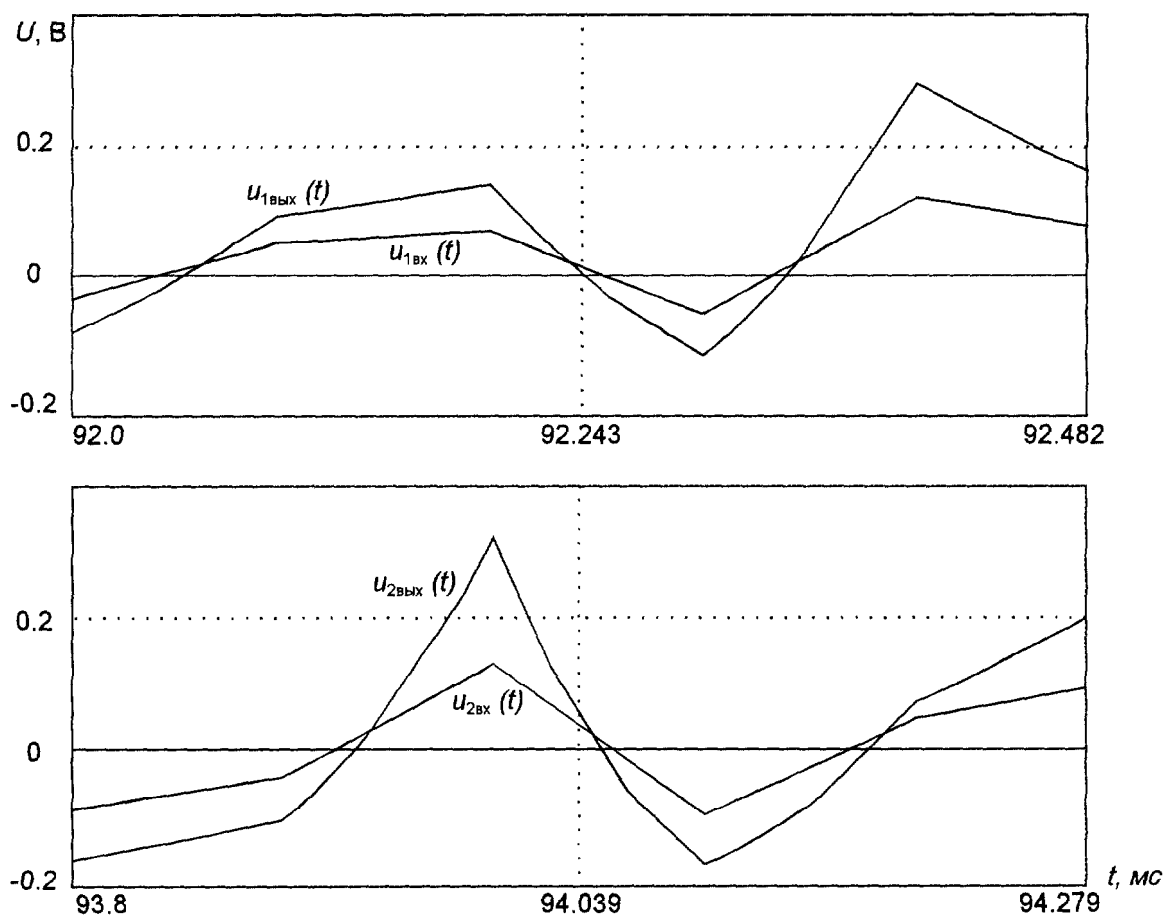
45 устройства вычитания.

3. Измеритель по п.1, отличающийся тем, что блок сравнения выполнен в виде устройства деления.

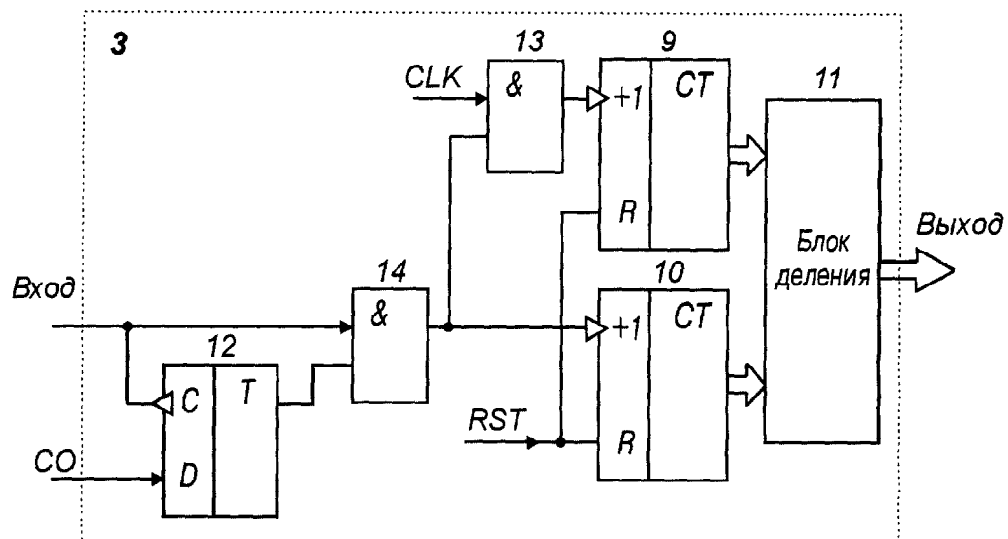
50



Фиг. 1



Фиг. 2



Фиг. 4