

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Плаксиенко Владимир Сергеевич

д-р техн. наук, профессор

Плаксиенко Нина Евгеньевна

канд. техн. наук, доцент

Хадыка Иван Владимирович

аспирант

Инженерно-технологическая академия
ФГОУ ВПО «Южный федеральный университет»
г. Таганрог, Ростовская область

ИССЛЕДОВАНИЕ УРОВНЕВОЙ ОБРАБОТКИ СИГНАЛОВ

Аннотация: в статье описаны особенности технической реализации алгоритмов комбинирования реализаций случайных процессов в каналах устройств обработки сигналов, основанных на учете статистических закономерностей в их взаимных превышениях. Авторами исследованы особенности технической реализации основных узлов – амплитудных ограничителей.

Ключевые слова: обработка, сигналы, алгоритмы, комбинирование характеристики.

Линейно-логическая обработка или уровневая обработка сигналов – это один из методов комбинирования сигналов, основанный на статистических закономерностях во взаимных превышениях огибающих процессов в каналах устройства приема сигналов [1; 2]. Структурная схема такого устройства, получившего в литературе название «Дискриминатор с взаимными обратными связями» (ДВОС), изображена на рис. 1, где ВУ1-ВУ3 – вычитающие устройства, Огр.1, Огр.2 – ограничители по минимуму, Ф1, Ф2 – фильтры нижних частот, УУ1, УУ2 – управляемые усилители.

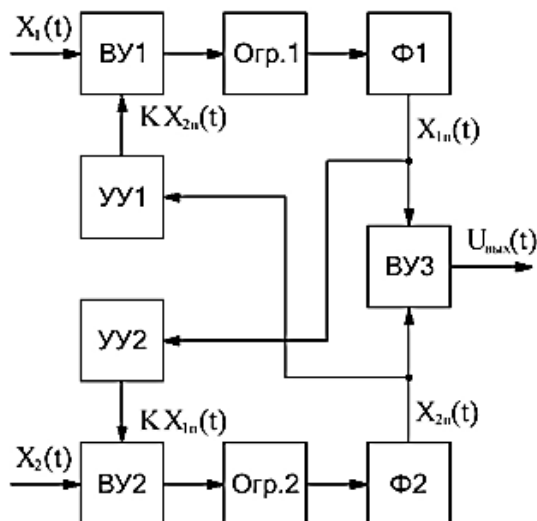


Рис. 1

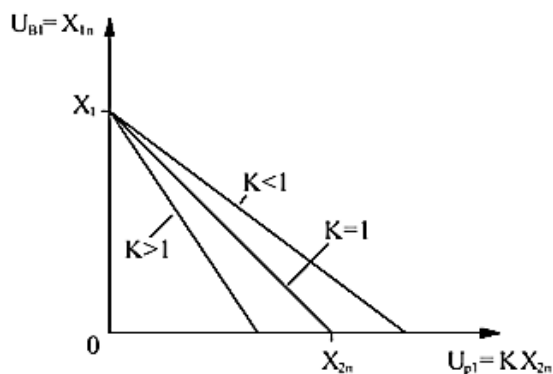


Рис. 2

Аналитически такая обработка описывается следующими уравнениями:

$$X_{1n}(t) = [X_1(t) - K \cdot X_{2n}(t)] \cdot 1[X_1(t) - K \cdot X_{2n}(t)]; \quad (1)$$

$$X_{2n}(t) = [X_2(t) - K \cdot X_{1n}(t)] \cdot 1[X_2(t) - K \cdot X_{1n}(t)], \quad (2)$$

где $X_{1n}(t)$, $X_{2n}(t)$ – огибающие процессов на выходах каналов, $X_1(t)$, $X_2(t)$ – огибающие процессов на входах ДВОС, K – коэффициент усиления УУ1 и УУ2, $1[z(t)]$ – единичная ступенчатая функция.

Вычитающие устройства и ограничители, в соответствии с принятыми на рис. 1 обозначениями, совместно реализуют передаточную функцию, представляющую собой регулировочную характеристику с крутизной, зависящей от значения K (рис. 2).

Графически зависимость огибающей процесса на выходе ДВОС от изменений огибающих процессов на входах каналов изображена на рис. 3.

Из рассмотрения уравнений (1), (2) и рис. 3 следует, что когда уровень процесса в одном из каналов значительно превышает уровень процесса в другом канале (моменты времени $0 < t < t_1$ и $t > t_2$ на рисунке 2), – результирующий процесс равен входному процессу с большим уровнем.

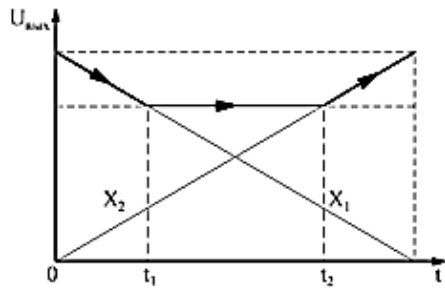


Рис. 3

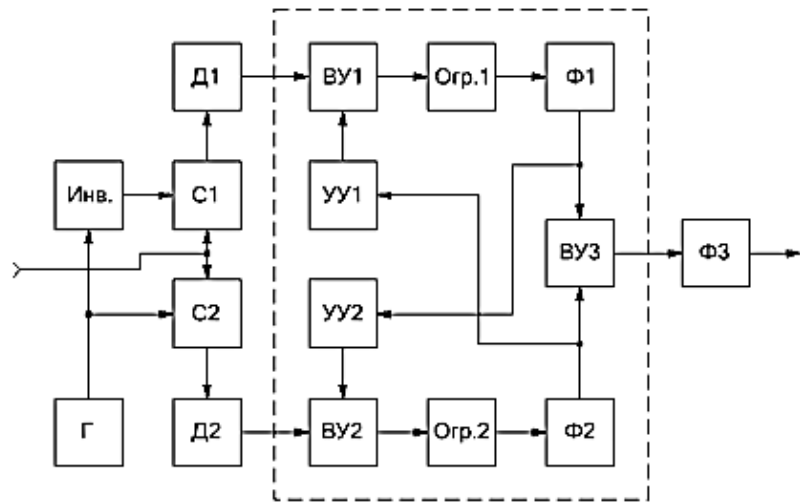


Рис. 4

Процесс с меньшим уровнем в этом случае не участвует в формировании выходного процесса. Если же уровни входных процессов не сильно различаются, то результирующий процесс определяется комбинацией входных процессов в соответствии с уравнениями (1), (2), при этом уровень процесса на выходе превышает уровень каждого из входных процессов.

Структурная схема приемника сигналов с фазовой манипуляцией на основе фазового ДВОС (ФДВОС) представлена на рис. 4 [3].

Она отличается от схемы ДВОС, представленной на рис. 1, тем, что добавлены сумматоры С1 и С2, инвертор Инв., детекторы Д1 и Д2 и генератор опорного колебания Г. В схеме векторомерного фазового ДВОС сигнал подается на два сумматора С1 и С2, на вторые входы которых подается опорное колебание с нулевой фазой и инвертированное, соответственно. С выходов сумматоров сигналы подаются на входы устройства уровневой обработки.

Из сравнения этих кривых следует, что крутизна и максимум относительных дискриминационных характеристик ФДВОС для всех соотношений сигнал/шум выше, чем у соответствующих относительных дискриминационных характеристик обычного ФД.

Экспериментально была исследована возможность стабилизации крутизны относительной дискриминационной характеристики, представляющей отношение математического ожидания M к корню из дисперсии \sqrt{D} для ФДВОС при изменении уровня помех на входе. На рис. 5 представлен случай, когда значение отношения $P_c/P_{ш}$ изменяется от 2 (кривая 1) до 1 (кривая 3), что приводит к снижению крутизны относительной дискриминационной характеристики $\Phi Д$.

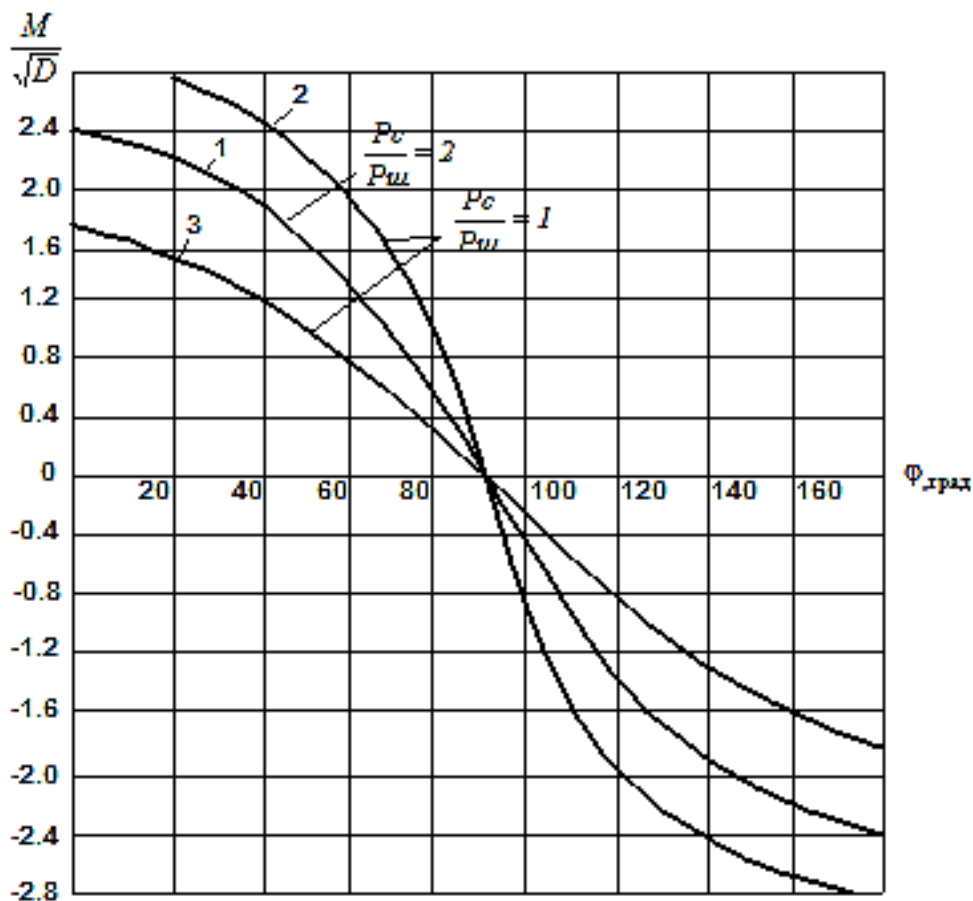


Рис. 5

Увеличивая коэффициенты обратной связи K от 0 (кривая 3) до 1 (кривая 2), получаем относительную дискриминационную характеристику, крутизна которой выше исходной. Применение обратных связей позволяет повысить крутизну и увеличить максимумы дискриминационных характеристик ФДВОС, то есть что, вводя регулировку K в зависимости от значения отношения сигнал/шум на входе, можно обеспечить постоянство крутизны относительной дискриминационной характеристики.

Рассмотрим особенности технической реализации устройства уровней обработки сигналов, в соответствии со структурной схемой, изображенной на рис. 1. Основными требованиями, предъявляемыми к устройствам уровневой обработки, являются широкий динамический диапазон входных сигналов, широкий частотный диапазон, а также чувствительность и линейность дискриминационной характеристики. Следует отметить, что от чувствительности напрямую зависит наклон дискриминационной характеристики, и при применении ДВОС есть возможность регулировать этот наклон путем изменения коэффициента усиления K управляемых усилителей, включенных в цепи обратных связей. Таким образом, все основные узлы – вычитающие устройства, ФНЧ, управляемые усилители – достаточно просто реализуются с применением операционных усилителей (ОУ), это позволяет минимизировать необходимость в отладке и настройке устройства, получить стабильность характеристик во времени, так как характеристики узлов будут зависеть, главным образом от характеристик, используемых ОУ.

Уровневая обработка обычно осуществляется на промежуточной частоте, значение которой может варьироваться в широких пределах от единиц мегагерц для аппаратуры гражданского назначения, до нескольких десятков мегагерц для аппаратуры специального назначения, поэтому в общем случае необходимо применять быстродействующие ОУ имеющие высокую скорость нарастания выходного напряжения (свыше 150 В/мкс) и широкую полосу частот усиливаемых сигналов (свыше 100 МГц).

Основной элемент схем уровневой обработки – амплитудные ограничители. Известно, что диодно-резистивные ограничители и транзисторные схемы на основе эмиттерных повторителей не могут обеспечить широкий динамический диапазон входных сигналов, следовательно, не подходят для использования в устройстве уровневой обработки сигналов. Альтернативой в данном случае является схема с использованием ОУ и диодов, изображенная на рис. 6 а). В схеме на рис. 6 а) ОУ включен как инвертирующий усилитель с единичным коэффици-

ентом усиления. При положительной полуволне входного напряжения, напряжение на выходе ОУ будет отрицательным, из-за чего диод VD1 будет открыт, пропуская на выход отрицательную полуволну напряжения с выхода ОУ, диод VD2 при этом будет находиться в обратном смещении с большим сопротивлением перехода, практически не влияя на глубину отрицательной обратной связи.

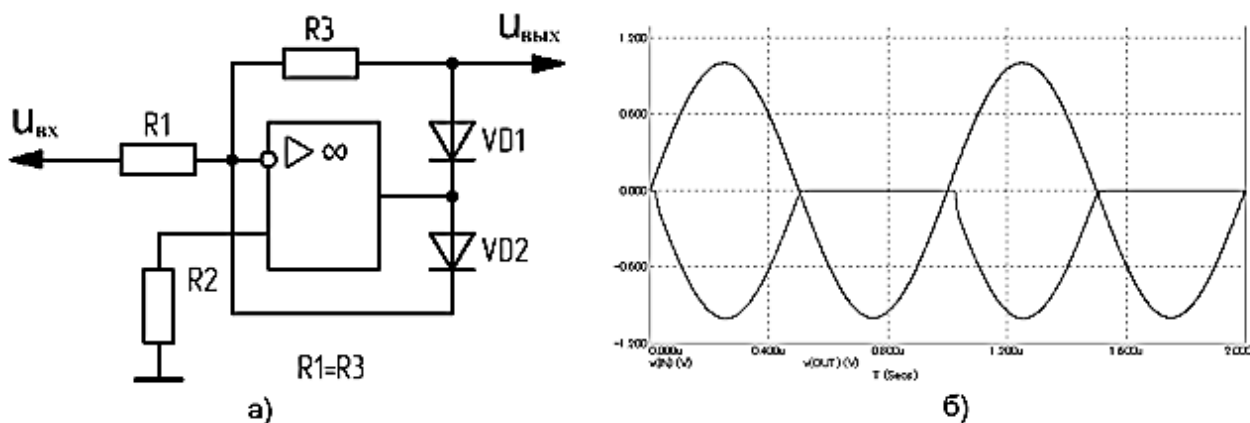


Рис. 6

При отрицательной полуволне входного напряжения, напряжение на выходе ОУ будет положительным, диод VD2 откроется, обеспечивая увеличение глубины отрицательной обратной связи и снижая коэффициент усиления ОУ практически до нуля. Таким образом, амплитудный ограничитель с использованием ОУ будет пропускать только положительные полуволны входного напряжения, инвертируя их (рис. 6 б).

К ОУ, используемому в схеме ограничителя, изображенного на рис. 6 а), предъявляются требования, перечисленные ранее. Более критичными элементами в такой схеме являются диоды в цепи ОС, так как именно они в большей степени определяют полосу частот ограничителя. Для получения высокого значения верхней граничной частоты необходимо использовать диоды с малым временем восстановления и малым значением максимальной емкости перехода. Для этой цели хорошо подходят диоды с барьером Шоттки, которые также имеют меньшее падение напряжения при прямом включении в сравнении с обычными быстродействующими диодами, что позволяет несколько повысить чувствительность ограничителя.

В соответствии с изложенным принципиальная схема устройства, реализующего уровневую обработку представлена на рис. 7.

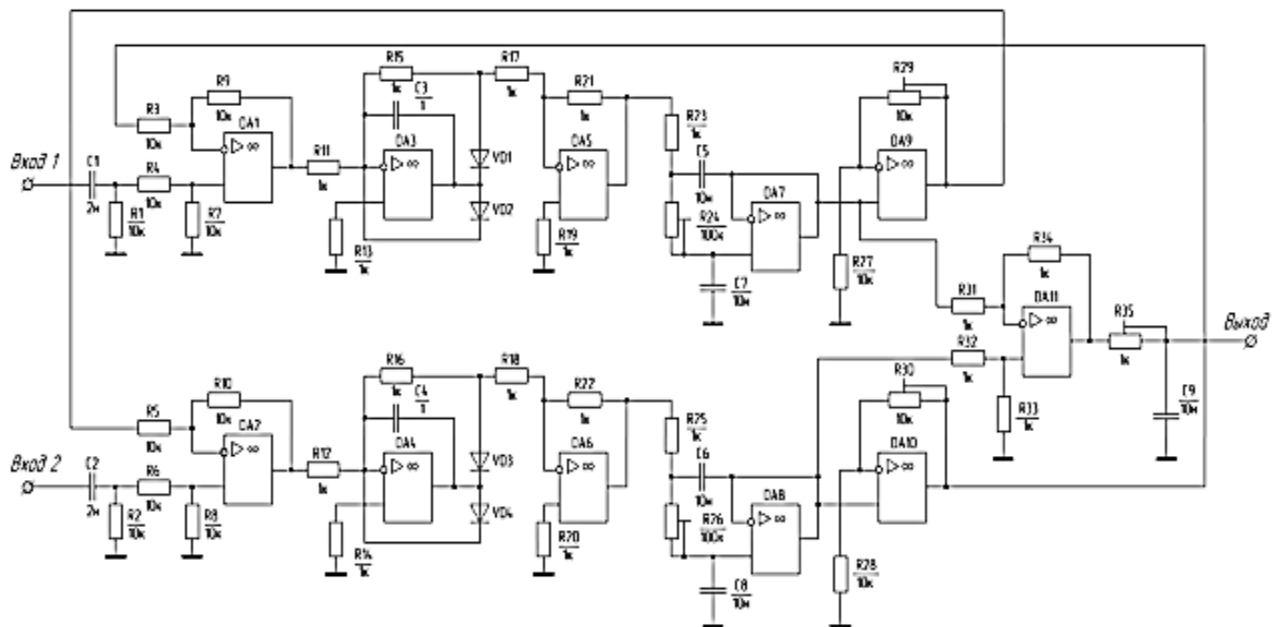


Рис. 7

Результаты экспериментов и моделирования качественно подтверждают возможности улучшения статистических характеристик ДВОС при изменении K , т. е. показывают, что повышение соотношения сигнал/шум возможно. Выполнение вычитающих устройств и ограничителей в соответствии с рис. 7 на высокоскоростных операционных усилителях позволяет легко реализовать ДВОС в виде законченного модуля, реализующего процедуры (1), (2) и работоспособного в диапазоне частот до 50 МГц.

Список литературы

1. Плаксиенко В.С. Уровневая статистическая обработка дискретных сигналов / В.С. Плаксиенко. – М.: Учебная литература, 2006. – 274 с.
2. Радиоприемные устройства. Изд. 2-е / Н.Н. Буга, В.С. Плаксиенко, Н.Н. Фомин [и др.]; под ред. Н.Н. Фомина. – М.: Радио и связь, 2003. – 520 с.
3. Плаксиенко В.С. Фазовые дискриминаторы с обратными связями / В.С. Плаксиенко, Н.Е. Плаксиенко // LAPLAMBERT Academic Publishing GmbH & Co. KG Saarbrucken, Germani. – 2014-12-25. – 132 с.