

## УСТРОЙСТВО ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПРОДУКТОВ НЕЛИНЕЙНОСТИ В ТРАКТАХ ПЕРЕДАЧИ СИГНАЛОВ ЭЛЕКТРОСВЯЗИ

Е.К. КАРПУК, А.А. ПИЛЮШКО

*Военная академия Республики Беларусь  
пр-т Независимости, 220, г. Минск, 220057, Республика Беларусь  
kek777@mail.ru*

Повышение помехозащищенности цифровых систем передачи является одной из важнейших задач, решаемых специалистами в области телекоммуникаций. В связи с этим большой интерес представляет измерительная техника, которая применяется для анализа систем передачи на предмет защищенности от любого вида помех, в том числе от помех нелинейного происхождения.

*Ключевые слова:* устройство определения продуктов нелинейности, характеристика преобразования, сигнал пилообразной формы, функциональный преобразователь.

В настоящее время в современных системах передачи широко используются цифровые способы обработки и передачи сигналов (например, OFDM). Это позволяет обеспечить высокую помехозащищенность систем передачи, от величины которой зависят другие не менее важные технико-экономические показатели – пропускная способность и дальность связи. Так как сигнал OFDM является групповым, то при прохождении через нелинейное устройство в нем появятся нелинейные искажения и помехи нелинейного происхождения (продукты нелинейности), которые окажут влияние на все вышеназванные показатели. Поэтому на всех этапах развития цифровых систем передачи (ЦСП) с OFDM сохраняется актуальность борьбы с продуктами нелинейности. Важно отметить, что эффективность борьбы с продуктами нелинейности зависит от точности их определения. В предыдущих публикациях [1] авторами аналитически рассмотрены наиболее распространенные методы определения продуктов нелинейности на выходе функционального преобразователя (ФП) или тракта прохождения сигнала (ТПС). Данные методы не обладают достаточной универсальностью и не позволяют дать всестороннюю и строгую оценку ФП, особенно в тех случаях, когда характеристики преобразования (ХП) этих устройств описываются сложными (не монотонными, а, например, кусочно-линейными) функциями. С целью устранения вышеназванных недостатков авторами был предложен новый универсальный метод определения продуктов нелинейности [2].

Для практической реализации данного метода предлагается устройство определения продуктов нелинейности, представленное на рис. 1.

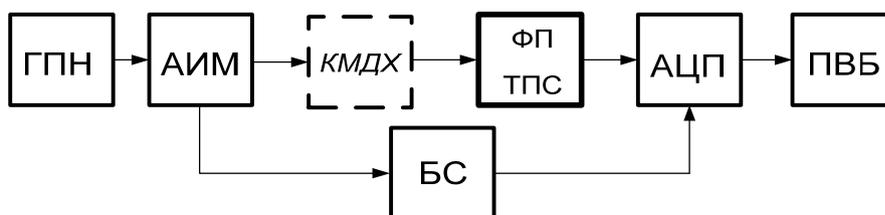


Рис. 1. Устройство определения продуктов нелинейности

Устройство состоит из следующих элементов: генератора пилообразного напряжения (ГПН), амплитудно-импульсного модулятора (АИМ), исследуемого ФП/ТПС, аналого-цифрового преобразователя (АЦП), программно-вычислительного блока (ПВБ), блока синхронизации (БС). В случаях, когда необходимо провести коррекцию исследуемого ФП/ТПС, устройство может содержать еще один структурный элемент – корректор мгновенной динамической характеристики (КМДХ).

Принцип работы устройства определения продуктов нелинейности заключается в следующем: с выхода ГПН поступает последовательность пилообразных импульсов на АИМ, работающий с тактовой частотой в  $N$  раз ( $N \gg 1$ ) большей, чем частота следования импульсов «пилы». Следует отметить, что чем больше будет частота амплитудно-импульсного модулятора, тем точнее будут результаты в определении продуктов нелинейности. После прохождения через АИМ каждый импульс «пилы» (рис. 2) представляет собой совокупность отдельных, равноотстоящих друг от друга временных отсчетов, причем каждый последующий отсчет выше предыдущего на некоторую постоянную величину  $\Delta = (U_{\text{вх max}} - U_{\text{вх min}}) / N$  (шаг квантования).

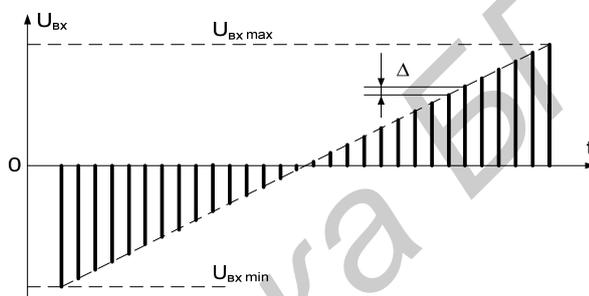


Рис. 2. Испытательный сигнал типа «пила»

Далее полученный сигнал подается на вход ФП/ТПС, с выхода которого поступает на многоуровневый АЦП, предназначенный для получения множества откликов анализируемого ТПС на каждый отсчет входного сигнала. За счет использования БС каждый отклик при этом соответствует входному отсчету с точностью до номера такта. После прохождения через АЦП сигнал, пропорциональный ХП исследуемого ФП/ТПС поступает в ПВБ, реализующий его цифровую обработку. Цифровая обработка включает в себя программное выполнение операций согласно алгоритма, представленного в [2].

Таким образом, предлагаемое устройство обеспечивает определение с высокой точностью продуктов нелинейности на выходе ФП/ТПС с ХП сложной («негладкой») формы при полигармоническом и/или модулированном входном воздействии. При этом не требуется проводить многочисленные и трудоемкие натурные эксперименты по определению продуктов нелинейности в случае изменения параметров входного сигнала с использованием дорогостоящего измерительного оборудования. Также следует отметить, что для цифровой обработки используется стандартное программное обеспечение по расчету коэффициентов Фурье и функций Бесселя.

#### Список литературы

1. Карпук Е.К., Васильев А.Д. // Тез. докл. междунар. ВНК «Современная военнотехническая политика: проблемы и перспективы». Минск, 21-22 марта 2013. С. 187.
2. Карпук Е.К., Пилюшко А.А. // Матер. VII междунар. НТК «Современные средства связи». Минск, 16-18 октября 2012. С. 50.