

## ФИЗИКА ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ РАДИОВОЛН С НЕОДНОРОДНЫМИ СРЕДАМИ

УДК 621.396.963.5

DOI: 10.17223/00213411/63/2/5

С.Э. ШИПИЛОВ, В.П. ЯКУБОВ

НЕЛИНЕЙНЫЕ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ СИГНАЛОВ  
В ИМПУЛЬСНОЙ РАДИОТОМОГРАФИИ

Рассматриваются две возможности использования нелинейных временных преобразований коротких сверхширокополосных импульсов для улучшения видимости скрытых объектов в локационной радиотомографии. Первый подход связан с выделением цифрового когерентного джиттера, который формируется в результате специального нелинейного преобразования сигналов. Возникающее при этом повышение вклада высокочастотных составляющих спектра отраженных сигналов обеспечивает улучшение пространственного разрешения изображений скрытых объектов. Второй подход состоит в использовании для локации цели дополнительной относительно мощной подсветки монохроматической волной в тактированном режиме. Это вызывает характерное искажение зондирующего импульсного излучения в случае отражения от нелинейных радиоэлектронных элементов, входящих в состав зондируемой цели. Наблюдаемое изменение формы импульсного сигнала дает возможность селективной томографии именно нелинейных радиоэлектронных элементов.

**Ключевые слова:** импульсная сверхширокополосная радиотомография, нелинейные преобразования сигналов, когерентный джиттер, монохроматическая подсветка, нелинейные объекты.

## Введение

Одной из важнейших характеристик радиоволнового томографа является его пространственное разрешение или разрешающая способность. При этом для улучшения пространственного разрешения по дальности необходимо расширять спектр зондирующего сигнала, а разрешающая способность в поперечном направлении связана с центральной частотой зондирующего сигнала. Таким образом, стандартный подход к улучшению пространственного разрешения – это аппаратное решение, связанное с заменой генератора зондирующих импульсов на другой генератор, реализующий более короткие сверхширокополосные (СШП) импульсы [1–3].

В работе представлен оригинальный метод повышения разрешения радиоизображений за счет нелинейной обработки данных при СШП-зондировании без какой-либо модификации используемых аппаратных средств. Данный подход применим при стробоскопическом способе регистрации сверхкоротких импульсов, при котором всегда присутствует погрешность запуска генератора зондирующих импульсов – джиттер, проявляющийся в зашумленности измеряемых данных. Авторы работы показывают, что нелинейная операция выделения когерентной части этих шумов в сочетании с методом синтеза большой апертуры даёт более контрастное радиоизображение по сравнению с операцией сглаживания джиттера. В результате обычно отрицательный физический эффект появления джиттера дает повышение разрешающей способности восстановленных радиотомограмм.

Принцип работы стробоскопического осциллографа основан на измерении импульсных сигналов с помощью специальных коротких стробирующих импульсов, позволяющих считывать последовательно сдвигаемые фрагменты от множества измеряемых импульсов. Форма измеряемого импульса выстраивается из множества запоминаемых фрагментов. Иными словами, для стробоскопических измерений требуется достаточно большое число повторяющихся импульсов. Это позволяет обеспечить широкую полосу пропускания и высокую чувствительность осциллографа. При этом возникают нежелательные фазовые и/или частотные случайные отклонения передаваемого сигнала, называемые джиттером. Природа джиттера связана с нестабильностью стробирующего генератора. Обычно мешающий эффект джиттера, неизбежно возникающий при стробоскопических измерениях импульсных СШП-сигналов, приводит к уменьшению отношения сигнал/шум и, как следствие, к ухудшению качества получаемого изображения в системах радиовидения. В общем случае устранение джиттера – одна из основных проблем, возникающих при проектировании цифровой электроники, в частности цифровых интерфейсов. Недостаточно аккуратный учёт джиттера может привести к его накоплению при прохождении цифрового сигнала по тракту и, в конечном счёте, к неработоспособности устройства.

Уважаемые читатели!

Доступ к полнотекстовой версии журнала  
**«Известия высших учебных заведений. Физика»**  
осуществляется на платформе  
Научной электронной библиотеки eLIBRARY.RU  
на платной основе:

<https://www.elibrary.ru/contents.asp?titleid=7725>