

## СПОСОБ ОБНАРУЖЕНИЯ ЭЛЕКТРОННЫХ ЗАКЛАДНЫХ УСТРОЙСТВ: РЕЗУЛЬТАТЫ ПРИМЕНЕНИЯ

<sup>1</sup>Учреждение образования «Полоцкий государственный университет», г. Новополоцк, Республика Беларусь

Нелинейная радиолокация является основным методом поиска и обнаружения электронных закладных устройств перехвата информации. операторы при работе с нелинейным радиолокатором сталкиваются с большим числом ложных откликов из-за элементов строительных конструкций таких как арматура, крепежные соединения, элементы соединений коммуникаций, образующие структуру металл-оксид-металл. Такая структура обладает полупроводниковыми свойствами и воспринимаются операторам как электронное закладное устройство, что приводит к большой вероятности ложной тревоги [1]. Решение проблемы распознавания типов нелинейностей полупроводник или структура металл-оксид-металл по отклику зондирующего сигнала является актуальной задачей.

Для идентификации типов нелинейностей как электронные (полупроводниковые) и естественные (структуры металл-оксид-металл) разработан способ распознавания типов нелинейностей [2] на основе определения численных значений степенных коэффициентов полинома с погрешностью  $10^{-4}$  аппроксимирующей вольтамперную характеристику электронного закладного устройства, основанного на вычислении разностей уровней комбинационных составляющих зондирующего сигнала с последующим накоплением и их анализом [3].

Для оценки показателей разработанного способа было проведено экспериментальное исследование, которое проводилось с использованием реальных электронных устройств (составные части средств негласного перехвата информации, маломощные сетевые адаптеры, части сотовых телефонов, брелоки автосигнализации, пульты дистанционного управления и т. п.), которые однозначно идентифицируются по определению как полупроводниковые, и естественные, которые идентифицируются как структура металл-оксид-металл (элементы арматур, коррозионные винтовые соединения, сварные и паяные соединения, скрутки и т. п.). Всего объектов того и другого классов было исследовано по 100 образцов.

Антенная система нелинейного радиолокатора располагалась в центре большой комнаты где отсутствовали нелинейные отражатели в пределах чувствительности его приемников. Исследуемые объекты размещались на расстоянии 0.3 метра от антенн. Выбор расстояния размещения обусловлен имитацией реальной практической обстановки при обследовании помещений.

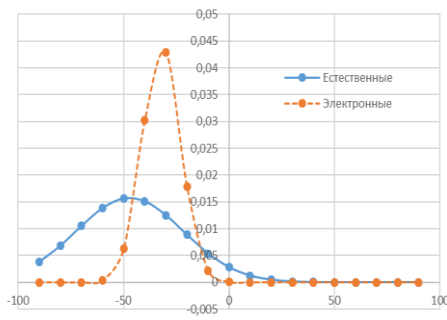
Основные технические характеристики применяемого радиолокатора: зондирующий сигнала амплитудно-модулированный с подавленной несущей; непрерывный режим излучения; мощность излучения 1 Вт; чувствительность приемников нелинейного радиолокатора -140 дБ/Вт. Следует отметить, разработанный способ обеспечивает идентификацию исследуемых объектов автоматически без участия оператора [3].

В процессе проведения экспериментов регистрировались: относительные уровни комбинационных составляющих вторых и третьих гармоник и восстановленная удвоенная несущая частота при максимальном сигнале зондирования; отношение уровней комбинационных составляющих при максимальном сигнале зондирования; результаты расчета критериев скорректированного квадрата смешанной корреляции между значениями восстановленной вольтамперной характеристикой исследуемого объекта, со значениями эталонных вольтамперных характеристик для полупроводников и структур металл-оксид-металл, формируемых аппроксимацией значений восстановленной вольтамперной характеристики объекта по экспоненциальному и кубическому законам соответственно.

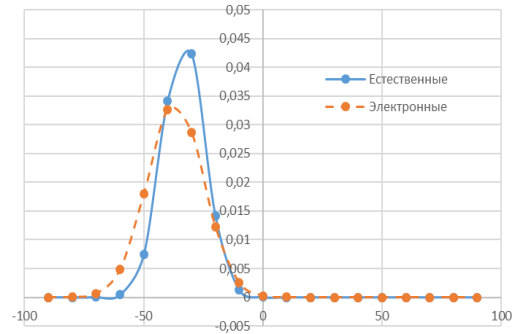
Для всех объектов рассчитывались статистические характеристики экспериментов и погрешности оценок моментов, которые использовались для расчета вероятностей правильного обнаружения и ложной тревоги [4]. Для всех полученных результатов оценок уровней комбинационных составляющих и их отношений рассчитывались: выборочное математическое ожидание; выборочное среднеквадратическое отклонение; оценка достоверности гипотезы нормальности распределения выборочных значений по критерию  $\chi^2$ ; оценка достоверности гипотезы нормальности распределения выборочных значений по критерию  $p$ -level.

На рисунке 1 приведены расчетные плотности распределения вероятностей уровней комбинационных составляющих сигналов откликов для электронных и естественных типов исследуемых объектов. Расчетные значения построены по нормальному распределению на основе полученных

значений статистических характеристик распределения по экспериментальным данным. В таблице 1 приведены результаты экспериментов по идентификации объектов электронных и помеховых типов.



а) для уровня на частоте удвоенной восстановленной несущей



б) для комбинационной составляющей 3-й гармоники

Рисунок 1 – Плотности распределения вероятностей уровней комбинационных составляющих переизлученного зондирующего сигнала от полупроводниковых элементов

Таблица 1 – Показатели разработанного способа распознавания типов нелинейности

Тип объекта	Правильное распознавание	Распознавание не определено	Ложное распознавание
Электронный	0,83	0,15	0,02
Естественный	0,71	0,27	0,02

Показатели правильного распознавания типов как электронных, так и естественных объектов превышают аналогичные показатели для других известных методов различения объектов [4]. В разработанном способе достигнута вероятность правильного обнаружения для объектов электронного типа 0,83, а для естественного типа 0,71. Зона неопределенности где различие по предложенному способу затруднительна составляет для естественных 0,27, а для электронных 0,15. Вероятность ложной распознавания для обеих типов объектов составляет менее 0,03. Таким образом, новый оригинальный способ распознавания электронных и помеховых объектов существенно изменяет представление о возможностях нелинейной радиолокации применительно к задаче поиска электронных закладных устройств.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Чертков, В.М. Обзор методов обнаружения нелинейных элементов с помощью нелинейного радиолокатора / В.М. Чертков, М.М. Иванов, В.К. Железняк // Вестник полоц. гос. у-та. Серия С: Фундаментальные науки. – 2017. – № 12. – С. 10-16.
2. Чертков, В.М. Определение нелинейности вольтамперной характеристики объекта, исследуемого нелинейным радиолокатором / В.М. Чертков, В.К. Железняк // Доклады БГУИР. – 2017. – № 8. – С. 60-66.
3. Чертков, В.М. Аппаратно-программный комплекс автоматизированного поиска с возможностью идентификации радиоэлектронных средств скрытого съема информации / В.М. Чертков, В.К. Железняк // Известия НАН Беларуси. Серия физ.-тех. наук. – 2016. – № 4. – С. 99-105.
4. Костылев, В.И. Статистический анализ эффективности обнаружения случайных сигналов на фоне полигауссовского шума с помощью обобщенного энергетического обнаружителя первого порядка / В.И. Костылев, И.П. Гресь // Вестник воронеж. гос. у-та. Серия: Системный анализ и информ. технологии. – 2015. – № 5. – С. 75-83.
5. Каргашин, В.Л. Нелинейная ближняя радиолокация. Новые алгоритмы идентификации электронных устройств / В.Л. Каргашин, В.Н. Ткач, Д.В. Ткачев // Специальная Техника, ОАО «Электрострой», Москва. – 2006. – № 6. – С. 42-48.

В.В.ШАХНОВИЧ<sup>1</sup>, Р.В.КИСЛИНСКИЙ<sup>1</sup>

#### ИНФОРМАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ В ВООРУЖЕННЫХ СИЛАХ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

<sup>1</sup>Учреждение образования «Военная академия Республики Беларусь», г. Минск, Республика Беларусь

На современном этапе развития мира понятие современных войн приобретает новый характер, а способ ведения войны давно отошел от открытых военных действий и ушел глубоко в тень. На смену