

УДК 621.396:621.391.037

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЕ ПРИНЯТИЕ РЕШЕНИЙ ПО ОБНАРУЖЕНИЮ ЗАКЛАДНЫХ УСТРОЙСТВ В НЕЛИНЕЙНОЙ РАДИОЛОКАЦИИ

В.М. ЧЕРТКОВ, В.К. ЖЕЛЕЗНЯК, М.М. ИВАНОВ

*Учреждение образования «Полоцкий государственный университет»,**г. Новополоцк, Республика Беларусь*

Введение. Нелинейный радиолокатор является прибором, обеспечивающим обнаружение электронных закладных устройств (ЭЗУ). Проблема правильного обнаружения ЭЗУ с высокой вероятностью стоит достаточно остро, а ее решение является актуальной задачей. Как правило принятие решения об обнаружении ЭЗУ происходит по выявлению признаков особенных для полупроводниковых компонентов в их составе.

Основная часть. В настоящее время повышение вероятности правильного обнаружения ЭЗУ основывается на разработке методов различения объектов по двум типам – электронные (полупроводниковые компоненты РЭА) и естественные (металлические контакты и соединения, представляющие собой структуру металл-оксид-металл). Одним из информативным признаком различия является вольтамперная характеристика (ВАХ) исследуемых объектов, которая принимает квадратичный или кубический характер кривизны [1].

Авторами предложен способ распознавания типов нелинейностей [2] на основе определения характера кривизны ВАХ ЭЗУ, путем определения численных значений степенных коэффициентов полинома, аппроксимирующего его ВАХ. Разработанный способ позволяет определять и регистрировать коэффициенты полинома, аппроксимирующего ВАХ исследуемого скрытого объекта с нелинейными свойствами в выбранном направлении излучения зондирующего сигнала. Зависимости изменения степенных коэффициентов от направления и мощности излучения зондирующего сигнала позволяют сформировать идентификационный образ ЭЗУ. На рисунке 1 представлен идентификационный образ диода Д220 по квадратичному коэффициенту, где номера строк и столбцов соответствуют углу места и азимуту положения точки излучения нелинейного радиолокатора относительно исследуемого диода, а яркость соответствует числовому значению расчетного квадратичного степенного коэффициента. Аналогичным способом формируется идентификационный образ по кубическому и линейному коэффициентам полинома, который аппроксимируют ВАХ исследуемого нелинейного объекта.

Функциональная возможность идентификации ЭЗУ в известных нелинейных радиолокаторах не предусмотрена. Авторами разработан принципиально новый метод идентификации ЭЗУ. Отнесение к определенному классу распознаваемых электронных закладных устройств, возможна только при проведении нескольких серий измерений. Важным этапом получения информации о характеристиках исследуемого предполагаемого ЭЗУ с нелинейной ВАХ является распознавание типа нелинейности его элементов согласно [2]. Надежность идентификации в значительной мере будет зависеть от выбора признаков, по которым в дальнейшем они будут классифицироваться. Предложено идентификацию ЭЗУ проводить путем сравнения полученного его идентификационного образа при обследовании с эталонами идентификационных образов, хранящимися в накапливаемой базе данных [1]. Сравнение с эталонами предложено проводить путем расчета численного значения степени подобия идентификационных образов [3].

После сравнения всех записей в базе данных путем расчета числового значения критерия схожести, определяется максимально похожий идентификационный образ [4]. Если расчетное отношение превышает установленный максимальный порог, то объект классифицируется как электронное закладное устройство. Если расчетное отношение ниже установленного минимального порога, то объект классифицируется как структура металл-оксид-металл. Если расчетное отношение принимает значение от минимального до максимального порога, то объект классифицируется как неопознанный [3].

Разработан алгоритм [4], особенностью которого является построение векторов из значений разности соседних уровней для каждой гармоники и вычисление их нормы и метрики. Степень подобия определяется суммой коэффициентов корреляции соответствующих векторов гармоник и корреляции коэффициентов полинома, аппроксимирующего ВАХ [5].

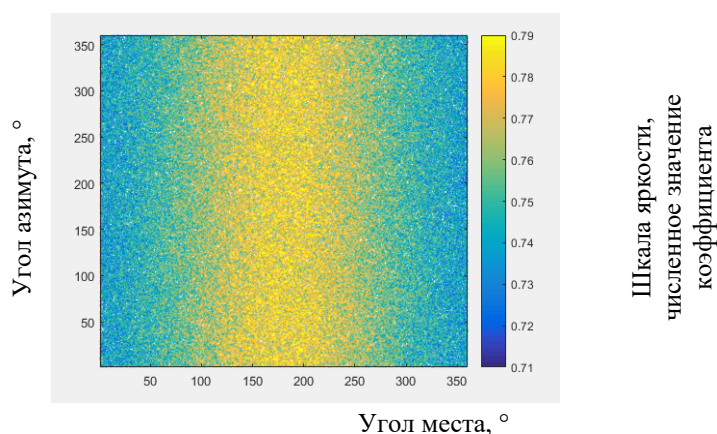


Рис. 1. Идентификационный образ по квадратичному коэффициенту эталонного диода D220

Отличительной особенностью разработанного метода идентификации ЭЗУ является возможность применения нейронных сетей для оценки степени подобия идентификационных образов ЭЗУ. Это позволит повысить надежность идентификации и вероятность правильного обнаружения ЭЗУ и позволяет обеспечить возможность анализировать отклики от сложных зондирующих сигналов в том числе и широкополосных. Важно отметить, что применение интеллектуальных алгоритмов принятия решений на базе нейронных сетей в нелинейной радиолокации является актуальным направлением [6].

Заключение. Представлена возможность интеллектуальной идентификации ЭЗУ путем построения его идентификационного образа, который определяет зависимость изменения расчетных значений коэффициентов степенного аппроксимационного полинома от направления облучения ЭЗУ. Направление облучения ЭЗУ определяется углом места и азимутом относительно центра излучающей антенны нелинейного радиолокатора. Сформированный идентификационный образ исследуемого ЭЗУ предложено представлять в виде цветного изображения, в котором номера расположения пикселей устанавливают значения угла азимута и угла места положения точки излучения нелинейного радиолокатора относительно облучаемого ЭЗУ, а уровни яркости цветовых каналов пикселей равны значениям коэффициентов степенного полинома, аппроксимирующего ВАХ нелинейных элементов ЭЗУ. Это позволило разработать принципиально новый метод идентификации ЭЗУ, основанный на оценке степени подобия его идентификационного образа с эталонами, хранящимся в экспериментально наполненной базе данных.

В результате имитационного моделирования апробации метода идентификации ЭЗУ установлено, что вероятность правильного обнаружения (D) не ниже 0,94 для полупроводниковых компонентов РЭА и не ниже 0,84 для структур металл-оксид-металл при заданной вероятности ложного тревоги (F) для двух типов НЭ 0,01.

Список литературы

1. Чертков, В. М. Способ получения идентификационного портрета радиоэлектронных средств перехвата информации методами нелинейной радиолокации. / В. М. Чертков, В. К. Железняк // Теоретические и прикладные аспекты информационной безопасности : тез. докл. Междунар. науч.-практ. конф. (Минск, 18 мая 2017 г.) / Акад. М-ва внутр. дел Респ. Беларусь ; редкол. : А. В. Яскевич (отв. ред.) [и др.]. – Минск : Академия МВД, 2018. – С. 131–134.
2. Чертков, В. М. Определение типа нелинейности вольтамперной характеристики объекта, исследуемого нелинейным радиолокатором / В. М. Чертков, В. К. Железняк // Доклады БГУИР. – 2017. – № 8. – С. 60–66.
3. Чертков, В. М. Оценка степени подобия идентификационного портрета радиоэлектронных средств с его эталоном / В. М. Чертков, В. К. Железняк // Современные средства связи : мат-лы XXI Междунар. науч.-техн. конф., 19-20 окт. 2017 года, Минск, РБ / Белорусская государственная академия связи. – Минск, 2017. – С. 308–309.
4. Чертков, В. М. Алгоритм определения меры схожести идентификационных образов закладных устройств / В. М. Чертков, В. К. Железняк // Вестник полоцкого государственного университета. Серия С: Фундаментальные науки. – 2018. – № 4. – С. 20–27.
5. Чертков, В. М. Идентификационный портрет как основной параметр идентификации РЭС / В. М. Чертков, В. К. Железняк // Теоретические и прикладные аспекты информационной безопасности : материалы Междунар. науч.-практ. конф., Минск, 31 марта 2016 г. / Акад. М-ва внутр. дел Респ. Беларусь ; редкол.: В. Б. Шабанов (отв. ред.) [и др.]. – Минск, 2016. – С. 237–241.
6. Бельчиков, А. В. Нелинейные локаторы «ЛЮРНЕТ»: инновации в каждой разработке / А. В. Бельчиков, В. С. Орлов // Защита Информации. Инсайд. – 2020. – № 1 (91).