

ОСОБЕННОСТИ ДЕМАСКИРУЮЩИХ ПРИЗНАКОВ ЗАКЛАДНЫХ УСТРОЙСТВ НА ТУННЕЛЬНОМ ДИОДЕ

*Во Зуй Фук, аспирант, Зинченко М. В., к.т.н.
Национальный технический университет Украины
«Киевский политехнический институт», г. Киев, Украина*

Предварительная аттестация помещений на предмет наличия радиоэлектронных закладных устройств (ЗУ) несанкционированного доступа к информации проводится с помощью детекторов поля, анализаторов спектра, металлоискателей, нелинейных радиолокаторов и т.д. Особые трудности создают ЗУ, которые находятся в режиме ожидания или работают на запись в память микросхемы, так как они не излучают демаскирующих электромагнитных полей. В этом случае эффективным средством поиска остается нелинейный радиолокатор (НР), принцип работы которого основан на способности искомых объектов спектрально преобразовывать и рассеивать зондирующий сигнал (ЗС) [1].

Большинство ЗУ можно рассматривать как нелинейные рассеиватели (НРс), состоящие из ансамбля «электрически» малых антенн (проводников печатной платы, выводов электронных приборов и т.п.) и полупроводниковых приборов (микросхем, транзисторов, диодов) в нагрузке. В процессе моногармонического зондирования среды на расстоянии до 1 м (частота 800...1000 МГц, мощность на выходе излучателя до 2 Вт), облученный НРс, кроме основной спектральной компоненты частоты ЗС НР, также излучает кратные ей гармоники. В нелинейной радиолокации идентификация НРс осуществляется по соотношению уровней принятых второй и третьей гармоник частоты ЗС НР. Для НРс с полупроводниковой элементной базой уровень второй гармоники превышает уровень третьей на 20...40 дБ. В случае рассеивания структурами «металл-окисел-металл» (МОМ-структуры) выполняется обратное соотношение [2].

Сегодня недостаточно хорошо изучено влияние на надежность идентификации НРс схемотехнических решений самих ЗУ. По этой причине типичный полупроводниковый рассеиватель может проявлять себя как МОМ-структура (инверсия идентификационного признака).

Под инверсией идентификационного признака НРс понимается возможность изменения соотношения на противоположное между уровнями второй и третьей гармоник рассеянного сигнала. Это явление выявлено в процессе зондирования радиомикрофонов на туннельных диодах с частотной модуляцией (88...108 МГц), схемы которых представлены на рис. 1. Работа подобных ЗУ связана с наличием на вольт-амперной характеристике (ВАХ) диода (см. рис. 2) участка с отрицательным дифференциальным сопротивлением (ОДС). Из-за небольшой величины участка на ВАХ диода с ОДС, мощность, отдаваемая им на любых частотах, составляет доли милливатт.

При зондировании НРс полное напряжение на диоде $U(t) = U_0 + U_m \cdot \cos(\omega_0 t + \varphi)$, где U_0 – напряжение смещения рабочей точки в область ОДС, U_m – амплитуда наведенного ЗС НР напряжения, ω_0 – круговая частота ЗС НР, φ – начальная фаза. Значение U_m определяется эффективной площадью рассеивания ЗУ S и мощностью ЗС у рассеивателя P . Так как величина P в процессе поиска варьируется, следовательно, значение U_m изменяется и часто не превышает 0,7 В.

Благодаря аппроксимации ВАХ полиномом пятого порядка на рис. 2, получим функции уровней второй и третьей гармоник

$$I_2 = a_2 0,5U_m^2 + a_3 \cdot 1,5U_0 U_m + a_4 (3U_0^2 U_m^2 + 0,5U_m^4) + a_5 \cdot 5(U_0^3 U_m^2 + 0,5U_0 U_m^4), \quad (1)$$

$$I_3 = a_3 0,25U_m^3 + a_4 U_0 U_m^3 + a_5 (2,5U_0^2 U_m^3 + 0,312U_m^5), \quad (2)$$

где a_2, \dots, a_5 коэффициенты аппроксимации, индексы которых соответствуют степени аргумента.

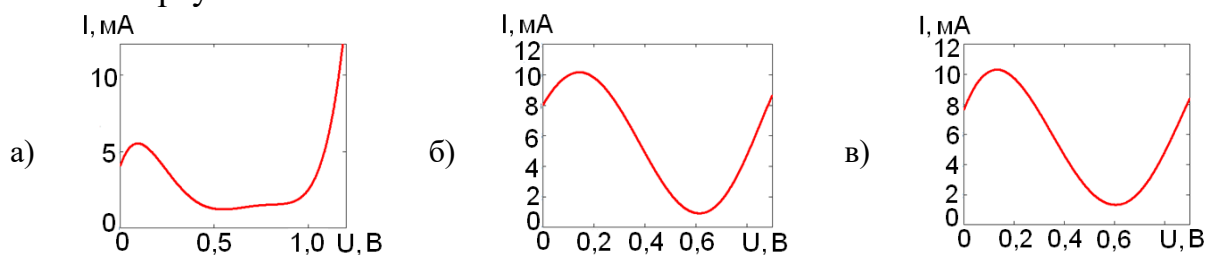


Рисунок 2. ВАХ туннельных диодов: а) Д951Б, б) АИ201А, в) АИ301

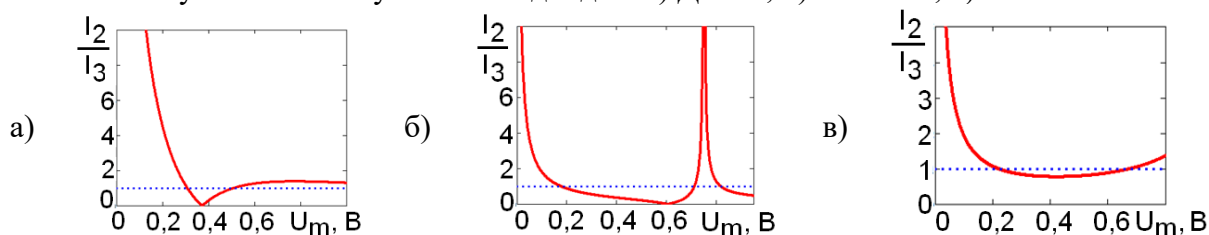


Рисунок 3. Зависимости соотношения I_2/I_3 от U_m при $U_0=0,35$ мВ в схемах:

а) на диоде Д951Б, б) на диоде АИ201А, в) на диоде АИ301

Согласно (1) и (2) на рис. 3 показаны зависимости соотношения уров-

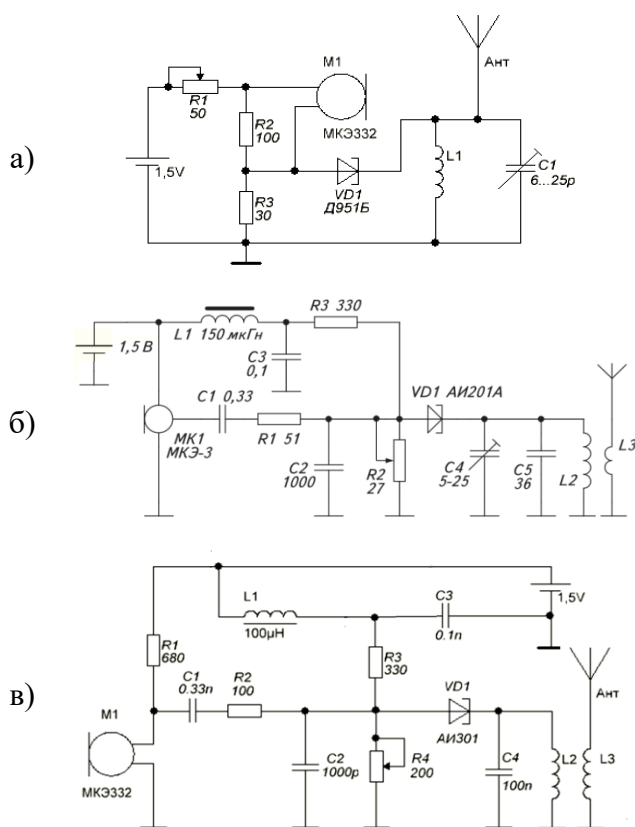


Рисунок 1. Схемы ЗУ на туннельном диоде: а) Д951Б, б) АИ201А, в) АИ301

ней второй и третьей гармоник от амплитуды наведённого напряжения, из которых видно, что при определенных значениях U_m соотношение уровней гармоник меньше (равно) единицы ($I_3 \geq I_2$), т.е. происходит инверсия идентификационного признака НРС.

Выводы

Радиомикрофоны на туннельных диодах с частотной модуляцией, которые находятся в режиме ожидания или работают на запись в память микросхемы, могут представлять серьезную угрозу, так как не излучают демаскирующего электромагнитного поля. Нелинейный радиолокатор также может быть малоэффективным при их поиске, поскольку такого типа устройства способны изменять соотношения на противоположное между уровнями спектральных составляющих рассеянного сигнала.

Перечень источников

1. Хорошко В.А. Методы и средства защиты информации / В.А. Хорошко, А.А. Чекатков – К. : «Юниор», 2003. – 504с.
2. Колбанов А.П. Распознавание нелинейных рассеивателей, содержащих несовершенные металлические контакты или полупроводниковые радиокомпоненты / А.П. Колбанов, А.А. Потапов, Е.Е. Степанов, Е.П. Чигин // Нелинейный мир. – 2005. – Т. 3, № 4. – С. 239–244.

Анотація

Показано, що закладні пристрої на тунельних діодах в режимах «очікування» та «на запис» важко виявити за демаскуючим електромагнітним випромінюванням. Нелінійний радіолокатор також малоефективний для пошуку цих пристроїв із-за низької надійності ідентифікаційної ознаки, оскільки співвідношення між гармоніками в сигналі відгуку розсіювача може змінюватися на протилежне.

Ключові слова: закладний пристрій, зондування, тунельний діод

Аннотация

Показано, что закладные устройства на туннельных диодах в режимах «ожидание» и «на запись» трудно выявить по демаскирующему электромагнитному излучению. Нелинейный радиолокатор также малоэффективен в поиске этих устройств из-за низкой надежности идентификационного признака, поскольку соотношение между гармониками в сигнале отклика рассеивателя может меняться на противоположное.

Ключевые слова: закладное устройство, зондирование, туннельный диод

Abstract

It is shown that it is difficult to identify on the unmasking electromagnetic radiation the mortgaged devices at tunnel diodes in the "waiting" and "writing" modes. Nonlinear radar is ineffective in finding these devices due to the low reliability of the identification feature, because the relationship between harmonics in the response signal of the scatterer can be changed to the opposite.

Keywords: mortgaged device, probing, a tunnel diode