

## ПРЕИМУЩЕСТВО АМ-СИГНАЛА С ПОДАВЛЕННОЙ НЕСУЩЕЙ ДЛЯ ОБНАРУЖЕНИЯ ЭЛЕКТРОННЫХ ЗАКЛАДНЫХ УСТРОЙСТВ

*канд. техн. наук В. М. ЧЕРТКОВ*

*(Полоцкий государственный университет, Беларусь)*

**Аннотация.** Представлен метод обнаружения с использованием амплитудно-модулированного сигнала с подавленной несущей в качестве зондирующего для нелинейного радиолокатора, который использует данные о регистрации максимальных значений средней мощности за период высокочастотного колебания принятого от электронного закладного устройства переизлученного сигнала. Представлена оценка выигрыша приема на уровень спектральных компонент принятого сигнала по сравнению с традиционным моногармоническим зондирующим сигналом.

**Ключевые слова:** АМ-сигнал, комбинационная составляющая, электронные закладные устройства

Основным техническим средством защиты информации по поиску и обнаружению электронных закладных устройств (ЭЗУ) является нелинейный радиолокатор. Операторы при работе с нелинейным радиолокатором сталкиваются с большим числом ложных откликов из-за элементов строительных конструкций, образующих структуры металл-оксид-металл, которая обладает полупроводниковыми свойствами [1]. Решение проблемы распознавания типов нелинейностей (полупроводник или структура металл-оксид-металл) по отклику зондирующего сигнала с повышенной вероятностью правильного обнаружения является актуальной задачей [2].

Предложенный авторами метод формирования зондирующего амплитудно-модулированного сигнала с подавленной несущей основан на автоматическом регулировании уровня сигнала на нижней боковой частоте и итерационном увеличении уровня зондирующего сигнала на нижней боковой частоте с возрастанием его мощности [3]. Это обеспечивает увеличение на 3 дБ уровень комбинационной составляющей на удвоенной несущей частоте и на 9 дБ уровень комбинационной составляющей на частоте, являющейся разностью между утроенной несущей частотой и частотой модулирующего сигнала относительно второй и третьей гармоник моногармонического зондирующего сигнала. Это позволило увеличить вероятность правильного обнаружения ЭЗУ не ниже 0,94 с заданной вероятностью ложной тревоги 0,01.

Оценка выигрыша комбинационной составляющей на частоте  $(3\omega_0 - \Delta\omega)$  при зондировании амплитудно-модулированным сигналом с подавленной несущей с уровнем третьей гармоники  $3\omega_0$  при зондировании моногармоническим

сигналом, содержащим только несущую, производилась при одинаковых начальных условиях их излучения при одинаковой средней мощности излучения зондирующих сигналов.

При зондировании АМ-сигналов с подавленной несущей его амплитуда меняется от максимального значения  $((1+m)U_0)/2$  до минимального  $((1-m)U_0)/2$  в течении периода времени модулирующей частоты  $(\Delta\omega)$ , то и значение мощности от периода к периоду несущего колебания тоже будет меняться [4]. Значение максимальной мощности за период несущего колебания при  $m=1$  определяется

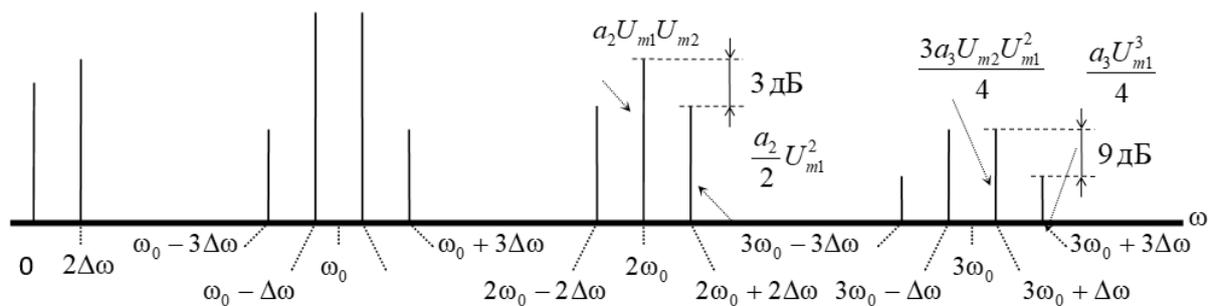
$$P_{AM\max\omega_0} = 0,5(0,5(1+m)U_0)^2 = U_0^2 / 2 = 2(U_0^2 / 4) = 2P_{AM} = 2P_r. \quad (1)$$

Учитывая, что  $U_0 = \sqrt{2}U_r$  (условие равенства средней мощности излучения)

$$P_{AM\max\omega_0} = 0,5\left(0,5(1+m)(\sqrt{2})^{k=1} U_r\right)^2 = 0,5(2U_r^2) = 2(U_r^2 / 2) = 2P_{AM} = 2P_r, \quad (2)$$

где  $k$  – коэффициент, значение которого определяется номером гармоники.

Следовательно, при использовании амплитудно-модулированного сигнала максимальная мощность за период несущей частоты составляет двукратную его среднюю мощность, что в 2 раза больше мощности зондирующего моногармонического сигнала.



**Рисунок. – Спектральные диаграммы амплитуд переизлученного амплитудно-модулированного сигнала с подавленной несущей**

Это обеспечивает превышение уровня в 2 раза (на 3 дБ) комбинационной составляющей на частоте  $2\omega_0$  при зондировании амплитудно-модулированным сигналом с подавленной несущей относительно уровня второй гармоники ( $2\omega_0$ ) при зондировании моногармоническим сигналом.

Сравним уровень третьей гармоники на частоте  $3\omega_0$  при зондировании моногармоническим сигналом  $(a_3U_r^3 / 4)$  с уровнем комбинационной составляющей

на частоте  $3\omega_0 - \Delta\omega$  при зондировании амплитудно-модулированным сигналом с подавленной несущей  $(3a_3U_{m2}U_{m1}^2 / 4)$ :

$$20\lg\left(\frac{\frac{3a_3U_{m2}U_{m1}^2}{4}}{\frac{a_3U_r^3}{4}}\right) = 20\lg\left(\frac{3a_3U_{m2}U_{m1}^2}{a_3U_r^3}\right) = 20\lg\left(3\frac{U_{m2}U_{m1}^2}{U_r^3}\right), \quad (3)$$

при  $U_{m1} = U_{m2}$ , получим  $20\lg(3U_{m1}^3 / U_r^3)$ .

Учитывая, что максимальная средняя мощность за период высокочастотного сигнала с утроенной частотой будет превышать уровень мощности третьей гармоники как минимум в 4 раза, согласно (3), то выигрыш комбинационной составляющей на частоте  $3\omega_0 - \Delta\omega$  при зондировании амплитудно-модулированным сигналом относительно третьей гармоники  $3\omega_0$  при зондировании моногармоническим сигналом составит не менее 9 дБ при этом уровни его нижней и верхней боковых составляющих, как отметил эксперт, должны быть равны. Это равенство обеспечивается схемно-конструктивным решением, которое обеспечивает балансную модуляцию с высокой точностью установления уровней боковых составляющих амплитудно-модулированного сигнала с подавленной несущей.

Следует отметить, что метод обнаружения с использованием амплитудно-модулированного сигнала с подавленной несущей регистрирует максимальные значения средней мощности за период высокочастотного колебания. Это обеспечивает регистрацию уровней комбинационных составляющих превышающих над уровнями основных гармоник при зондировании моногармонического сигнала, содержащего только его несущую, при равных начальных условиях по мощности их излучения. Полученные значения выигрышей подтверждены экспериментальными исследованиями [2].

## ЛИТЕРАТУРА

1. 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.
2. Чертков, В. М. Метод идентификации электронных закладных устройств: результаты применения / В. М. Чертков, В. К. Железняк // Комплексная защита информации : материалы XXIV науч.-практ. конф., Витебск, 21–23 мая 2019 г. / ВГТУ. – Витебск, 2019. – С. 173–176.
3. Чертков, В. М. Определение нелинейности вольтамперной характеристики объекта, исследуемого нелинейным радиолокатором / В. М. Чертков, В. К. Железняк // Доклады БГУИР. – 2017. – № 8. – С. 60–66.
4. Акунда, С. Н. Радиотехнические устройства и комплексы: учеб. пособие / С. Н. Акунда, В. Т. Першин, И. И. Шпак. – Минск : МГВРК, 2012. – 568 с.