

Жиганова Е.А.

*Муромский институт (филиал) федерального государственного образовательного учреждения высшего образования «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»*  
602264, г. Муром, Владимирская обл., ул. Орловская, 23  
E-mail: zhiganova.el@gmail.com

### Математическая модель нелинейного элемента в условиях воздействия гармонического сигнала

Если разность частот сигналов воздействующих на нелинейный элемент НЭ существенно меньше частоты основного сигнала, то появляются интермодуляционные колебания ИМК, падающие в полосу основного сигнала. Поэтому сумму входного и помехового сигналов можно считать узкополосным сигналом. При анализе нелинейных устройств при воздействии узкополосного сигнала, применим метод комплексной огибающей. [1]

Комплексную огибающую входного сигнала НЭ можно представить в виде

$$\dot{u}(t) = U(t) \exp\{j\varphi(t)\},$$

где  $U(t)$  – амплитуда комплексной огибающей входного сигнала,  $\varphi(t)$  – фаза комплексной огибающей входного сигнала.

С использованием функций Бесселя ранее была разработана математическая модель комплексной огибающей выходного сигнала НЭ в узкой полосе частот

$$\dot{i}(t) = 2e^{j\varphi(t)} \cdot \sum_{m=0}^M \left[ a_m I_1(mU(t)) \sum_{n=-\infty}^{\infty} I_n(mU_0) \right]. \quad (1)$$

Использование выражения (1) для анализа работы любого безинерционного нелинейного устройства при воздействии комплексной огибающей входного сигнала позволяет описать его выходной сигнал в узкой полосе частот в комплексном виде и анализировать только те составляющие спектра, которые попадают в спектр информационного сообщения, т.е. спектр первой гармоники входного сигнала. [2]

Но это выражение не дает возможности представить, что именно попадает в спектр узкополосного сигнала и действительно ли в этом спектре находятся только нечетные разностные порядки ИМК. [3]

В данной работе входной сигнал был представлен в виде бигармонического сигнала

$$u(t) = U_1 \cos \omega_1 t + U_2 \cos \omega_2 t.$$

Проходная характеристика была аппроксимирована с помощью полиэкспоненциальной аппроксимацией с положительными знаками показателей степени ПЗА ПЗ вида

$$i(t) = \sum_{m=0}^M a_m e^{m(U_1 \cos \omega_1 t + U_2 \cos \omega_2 t) + mU_0}, \quad (2)$$

где  $U_0$  – напряжение смещения НЭ. [4]

При разложении (2) в ряд с использованием модифицированных функций Бесселя и его упрощении путем исключения постоянной составляющей, составляющих второго и более высоких порядков гармоник основного сигнала и суммарных и четных ИМК была получена математическая модель выходного сигнала в узкой полосе частот

$$i(t) = 2 \sum_{m=0}^M a_m \cdot \sum_{n=0}^N [I_n(mU_1) \cdot I_{n+1}(mU_2) \cdot \cos(n\omega_1 - (n+1)\omega_2)t + \\ + I_{n+1}(mU_1) \cdot I_n(mU_2) \cdot \cos((n+1)\omega_1 - n\omega_2)t] \cdot \sum_{p=-\infty}^{+\infty} I_p(mU_0) \quad (3)$$

Спектры узкополосных выходных сигналов, построенных с помощью математических моделей (1) и (2) выглядят одинаково, но, в отличие от первой модели, вторая дает возможность еще до ее практического использования наглядно увидеть – какие именно спектральные составляющие будут участвовать в создании спектра узкополосного сигнала НЭ. [5]

Из разработанной математической модели видно, что спектр узкополосного сигнала содержит нечетные разностные порядки ИМК  $n\omega_1 - (n+1)\omega_2$  и  $(n+1)\omega_1 - n\omega_2$ .

### 1. Литература

2. ГОСТ 12252-86. Радиостанции с угловой модуляцией сухопутной подвижной службы. Типы, основные параметры. Технические требования и методы измерений.
3. ГОСТ 13420-79. Передатчики для магистральной радиосвязи. Основные параметры, технические требования и методы измерений.
4. Электромагнитная совместимость радиоэлектронных средств и систем / Под ред. Н.М. Царькова. - М.: Радио и связь, 1985. - 272 с.
5. Хотунцев Ю.Л. Интермодуляционные искажения в приемных и передающих СВЧ полупроводниковых устройствах (обзор) // Изв. вузов. Радиоэлектроника. - 1983. - Т. 26, № 10. - С.28-37.
6. Спутниковая связь и вещание: Справочник/ В.А. Бартенев, Г.В. Болотов, В.Л. Быков и др; Под ред. Л.Я. Кантора. - М.: Радио и связь, 1997. - 528 с.