

## МЕТОДИКА РАСЧЕТА ДИНАМИЧЕСКОГО ДИАПАЗОНА ИНТЕРМОДУЛЯЦИИ ТРЕТЬЕГО ПОРЯДКА N-КАСКАДНОГО ТРАКТА

Архипенков Д.В.<sup>1</sup>, аспирант

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники<sup>1</sup>  
г. Минск, Республика Беларусь

Забеньков И.И. – профессор, д.т.н.

**Аннотация.** Показана физическая сущность образования интермодуляционных искажений. На основе полученных результатов представлена методика расчета физически обоснованного значения мощности интермодуляционных продуктов на выходе каскада/каскадов.

**Ключевые слова.** Динамический диапазон, интермодуляционные искажение.

Интермодуляционные искажения – это нелинейные искажения, создаваемые усилительно-преобразовательными модулями. В частотном спектре двухтонального сигнала с интермодуляционными искажениями содержатся комбинационные составляющие с частотами, являющимися суммой и разностью основных и гармонических частот входных сигналов. Предельная выходная мощность интермодуляционных *OIP3* искажений в зарубежной литературе определяется точкой пересечения третьего порядка и рассчитывается по формуле (1) [1,2]

$$OIP3 = G_{\Sigma p} + ИПЗ = \sum_{n=1}^N G_{pn} + \frac{1}{\frac{1}{ИПЗ_1} + \frac{G_{p1}}{ИПЗ_2} + \frac{G_{p1} \cdot G_{p2}}{ИПЗ_3} + \dots + \frac{G_{p1} \cdot G_{p2} \cdot \dots \cdot G_{pn-1}}{ИПЗ_n}}, \quad (1)$$

где  $G_{\Sigma p}$  – суммарный коэффициент передачи радиоприемного устройства;  $G_{pn}$  – коэффициент передачи  $n$  – го каскада радиоприемного тракта;  $ИПЗ_n$  – входные точки пересечения интермодуляции третьего порядка  $n$ -го каскада.

Вывод второй части формулы для расчета  $ИПЗ$  не представлен в известных литературных источниках, а формула эта часто используемая. Однако она носит чисто формальный характер и для её определения необходимо использовать графическую интерполяцию параметров  $ИПЗ$  по экспериментально измеренным данным в режиме «слабого сигнала [2] и её справедливость вызывает сомнения. Поэтому целью данной статьи является представление физически понятной методики определения данной точки и расчета реального динамического диапазона по интермодуляционным искажениям третьего порядка.

Рассмотрим нелинейные эффекты для двух последовательно соединенных четырехполюсников вида интермодуляции третьего порядка с частотами  $2f_{П1} \pm f_{П2} = f_C$ , где  $f_{П1}, f_{П2}, f_C$  – частотные составляющие мощности входного сигнала  $P_{ВХ}$ . Применим принцип декомпозиции данных четырехполюсников, при котором каждый из них разделим на два параллельных каскада, каждый из которых интерпретирует прохождение линейной и нелинейной составляющей сигнала. В результате в полной мощности сигнала второго каскада (рис.1) кроме линейной передачи мощности и двух помеховых составляющих появляется еще две составляющие мощности интермодуляции  $P_{ВЫХ3} = P_{ВЫХ1} + P_{ВЫХ2}$ , где  $P_{ВЫХ1}$  – суммарная мощность интермодуляционных продуктов на выходе двух каскадов.

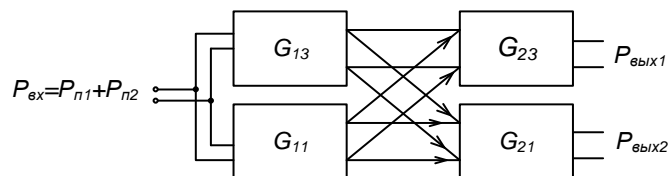


Рисунок 1 – Декомпозиция двух нелинейных четырехполюсников

При некогерентном сложении нелинейных составляющих третьего порядка выходной мощности результат рис.1 можно записать как

$$P_{НЕЛИН.3} = (P_{ВХ3} \cdot G_{11})^3 \cdot G_{23} + P_{ВХ}^3 \cdot G_{13} \cdot G_{21}, \quad (2)$$

Используя справочные данные для микросхем усилителей или смесителей на величины  $G_1$ ,  $ИПЗ(ОИПЗ)$  можно описать графики, как представлено на рисунке 2.

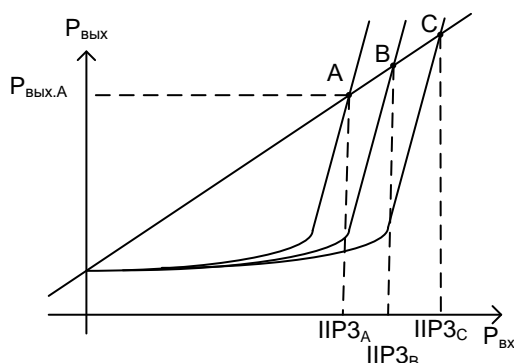


Рисунок 2 – Графики описывающие  $ИПЗ(ОИПЗ)$  для нелинейных микросхем

Общее уравнение для кривых на рисунке 2 можно записать как

$$P_{кв.вых} = G_1 \cdot P_{вх}^3 / (ИПЗ)^2 \quad (3)$$

Для примера рассмотрим тракт состоящий из двух усилительно-преобразовательных модулей со следующими параметрами  $G_1, G_2$  – коэффициенты передачи мощности первого и второго каскадов (справочные данные);  $ОИПЗ_1, ОИПЗ_2$  – выходные точки пересечения третьего порядка первого и второго каскадов преселектора;  $ИМЗ_1, ИМЗ_2$  – собственные (текущие) значения мощности интермодуляционных продуктов на выходе первого и второго каскадов преселектора (справочные данные).

Рассматривая показанную выше физическую сущность образования интермодуляционных искажений можем априори отметить что:

$$ИМЗ_1 \leq ОИПЗ_1, \quad (4)$$

$$ИМЗ_1 \cdot G_2 + ИМЗ_2 \leq ОИПЗ_2 \quad \text{или} \quad (5)$$

$$ИМЗ_1 \cdot G_2 + ИМЗ_2 \leq ИПЗ_2 \cdot G_2. \quad (6)$$

Подставим в формулу (6) формулу (3) и выразим  $P_{вх}$  при максимальном его значении

$$P_{вх} = \sqrt[3]{\frac{ИПЗ_2}{\frac{G_1}{ИПЗ_2^2} + \frac{G_1^3}{ИПЗ_1^3}}}. \quad (7)$$

Тогда ДД  $ИПЗ$

$$ДД_{ИПЗ} = \frac{2}{3} (P_{вх,MAX} - P_p) [dBm], \quad (8)$$

где  $P_p$  – реальная чувствительность радиоприемного устройства.

Обычно  $ИПЗ$  больше  $СР1$  (точку компрессии) на 6-15 дБ, а при работе устройства амплитуда выходного сигнала не превышает точку компрессии, то целесообразно использовать место  $ОИПЗ$  конечного каскада точку компрессии конечного каскада.

Таким образом достоинством предложенного метода является возможность расчета реальной величины динамического диапазона многокаскадного преселектора, используя справочные данные микросхем или других усилительно-преобразовательных элементов.

**Список использованных источников:**

1. Оныщук А.Г., Забеньков И.И., Амелин А.М. Радиоприемные устройства. 2-е издание. Минск: Новое знание; 2007.
2. Designer's Handbook RF Micro Devices Inc., 1999 – P.650.