

УДК 621.391.1:519.8

## ОСОБЕННОСТИ ИКМ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ DTMF СИГНАЛОВ

Хлопенко И.В., Н.И. Мясин, М. В. Стремоухов

Научный руководитель: Батенков К.А., д.т.н.

Академия ФСО России

г. Орел

В данной работе рассматривается ИКМ преобразование DTMF сигнала, который описывается формулой 1:

$$x_j(t) = \cos(2\pi f_j t)$$

Частота дискретизации равна  $f_d = 8000\text{ Гц}$ , количество отсчетов  $N = 2^7 = 128$ . Используются DTMF сигналы 7 частот (Гц): 697 (красный), 770 (синий), 852 (оранжевый), 941 (розовый), 1209 (голубой), 1336 (коричневый), 1477 (черный). Графическое представление сигналов представлено на рисунке 1.

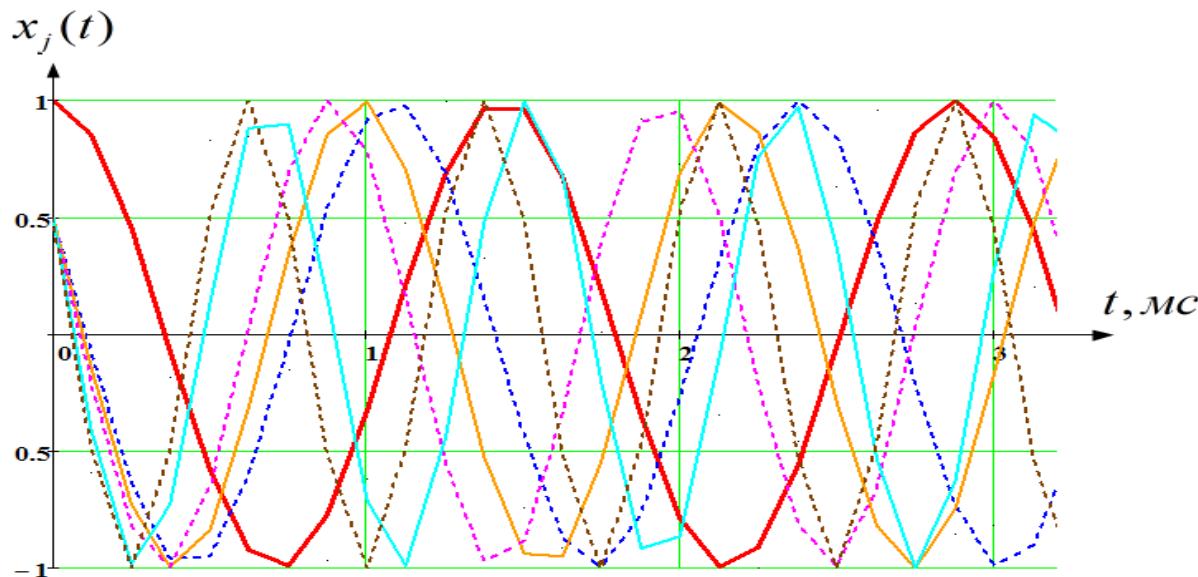


Рисунок 1 – Временное представление DTMF сигналов

При этом основной недостаток импульсно-кодовой модуляции заключается в том, что частота дискретизации выбирается несогласованной с частотой сигналов двухтональной многочастотной сигнализации, что приводит к известному эффекту растекания спектра (Рисунок 2). Растекание спектра сигналов DTMF из-за несогласованности с частотой дискретизации описывается формулой 2:

$$\dot{x}_j(f_n) = \frac{1}{N} \sum_{k=0}^{N-1} x \left( k \cdot \frac{1}{f_d} \right) \cdot e^{-j \frac{2\pi n k}{N}}, f_n = \frac{f_d \cdot n}{N}.$$

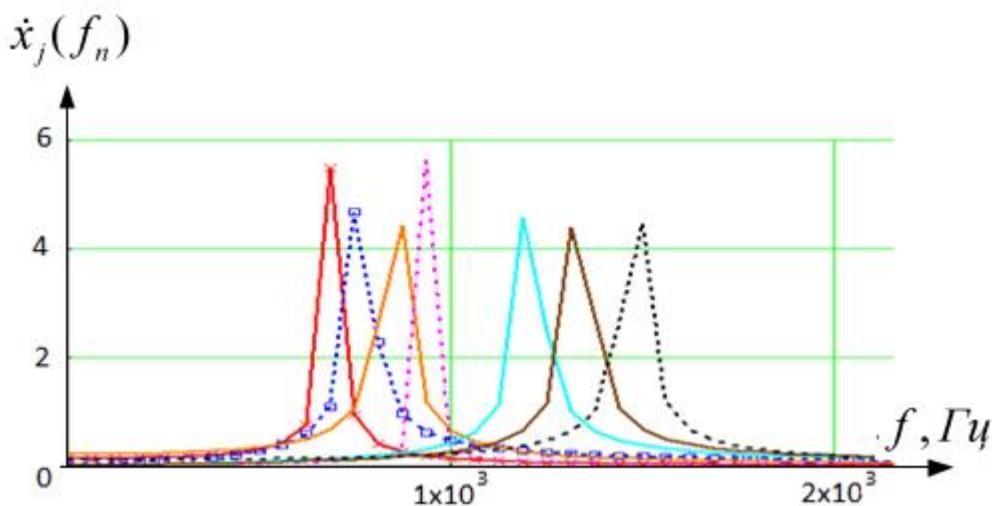


Рисунок 2 – Растекание спектра сигналов DTMF из-за несогласованности с частотой дискретизации

Другим немало важным фактором, влияющим на обнаружение сигналов сигнализации, служит прогнозирование момента появления этих сигналов из-за невозможности предсказания поведения пользователя. Пример сигналов DTMF с частотой 70 Гц, при различных начальных фазах: 180°(красный), 60°(синий) продемонстрирован на рисунке 3 и описывается формулой 3:

$$x_j(t, \varphi) = \cos(2\pi f_j t + \varphi)$$

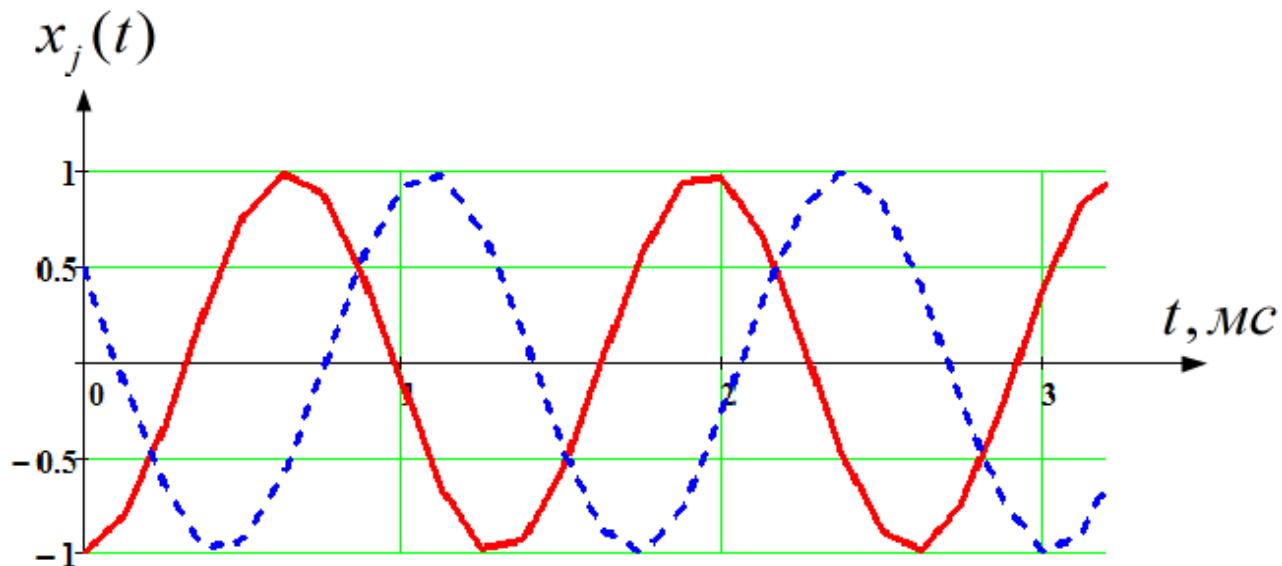


Рисунок 3 – Временное представление сигналов DTMF с различной начальной фазой

Возникает эффект неопределенности начальной фазы сигнала сигнализации, что приводит к дополнительным случайным отклонениям

спектральных составляющих. Растекание спектра сигналов DTMF частотой 770 Гц при следующих разностях фаз: 360° - 90°(красный), 360° - 60°(синий) представлено на рисунке 4 и описывается формулой 4:

$$\dot{x}_j(f_n, \varphi) = \frac{1}{N} \sum_{k=0}^{N-1} x\left(k \cdot \frac{1}{f_d}, \varphi\right) \cdot e^{-j \frac{2 \pi n k}{N}}$$

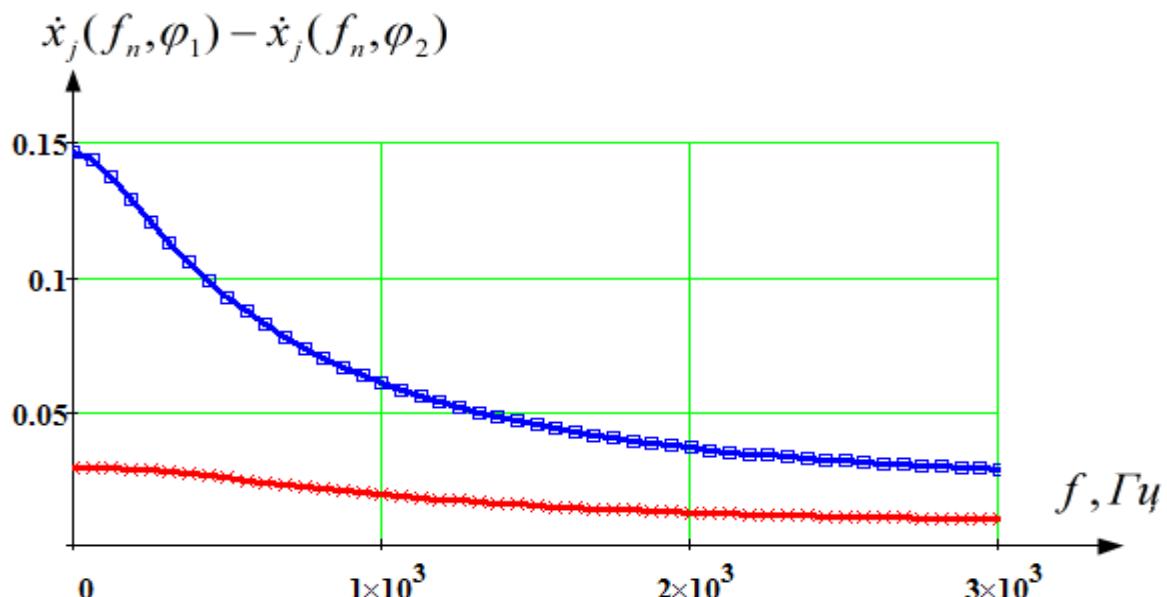


Рисунок 4 – Растекание спектра сигналов DTMF из-за неизвестной начальной фазы

Таким образом, из-за несогласованности с частотой дискретизации и из-за неизвестной начальной фазы наблюдается эффект растекания спектральных составляющих.

#### **Список литературы:**

1. Сергиенко, А. Б. Цифровая обработка сигналов : учеб. пособие / А. Б. Сергиенко. – СПб.: Питер, 2002. – 608 с.
2. Батенков К. А. Синтез дискретных отображений непрерывных каналов связи / К. А. Батенков. – Орел : Академия ФСО России, 2014. – 392 с.
3. Батенков К. А. Математические модели модулятора и демодулятора с заданным порядком нелинейности // Цифровая обработка сигналов. – 2013. – № 1. – С. 14–21.