

# Сравнительный анализ спектров выходных колебаний синтезатора частоты на основе накапливающего сумматора

А.С. Зориков, Ю.А. Никитин

СПбГУТ им. проф. М.А. Бонч-Бруевича

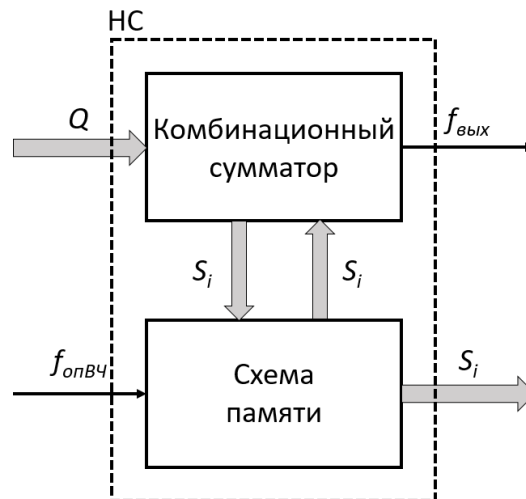
**Аннотация:** спектр квазиеандра (КМ) улучшается «в среднем» пропорционально  $N$ , где  $N$  – коэффициент деления входной частоты. Примерно с такой же скоростью ( $1/N$ ) убывают гармоники пилообразного многоуровневого колебания и его субгармоники, пропорциональные шагу сетки частот  $F_s$ . Спектр же цифрового треугольного колебания убывает по квадратичной зависимости ( $1/N^2$ ). Для подтверждения теоретических данных в работе производится сравнительный анализ, при различных  $N$ , выходных спектров КМ двух моделей многоуровневого синтезатора на основе накапливающего сумматора (НС), формирующего пилообразное и треугольное многоуровневое колебание.

**Ключевые слова:** синтезатор частоты, пассивный цифровой синтез, накапливающий сумматор, реверсивный накапливающий сумматор, спектр, ДПСС

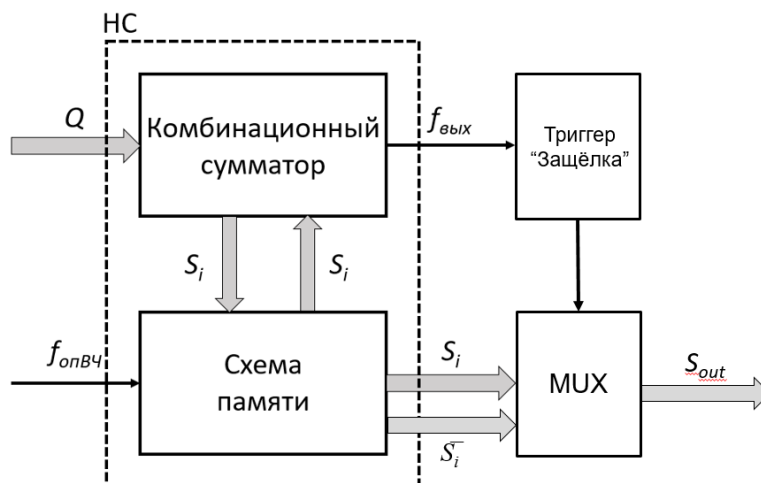
## 1. Введение

Для проведения анализа были собраны многоуровневые схемы синтезаторов на основе накапливающего сумматора (НС) с двухуровневым, пилообразным и треугольным многоуровневыми колебаниями.

На рис. 1 и рис. 2 представлены одноразрядные схемы таких синтезаторов.

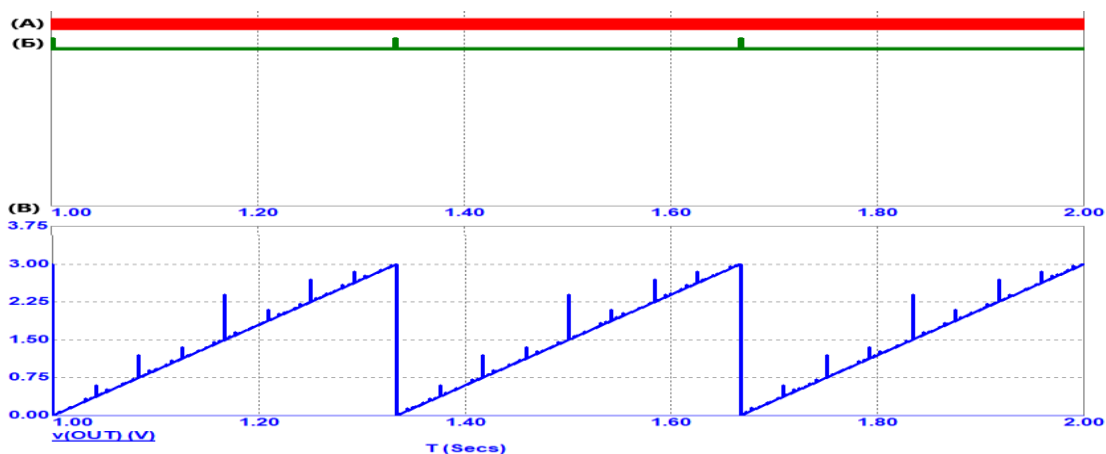


**Рисунок 1.** Структурная модель прямоточного цифрового синтезатора с пилообразным многоуровневым колебанием с выхода ЦАП.

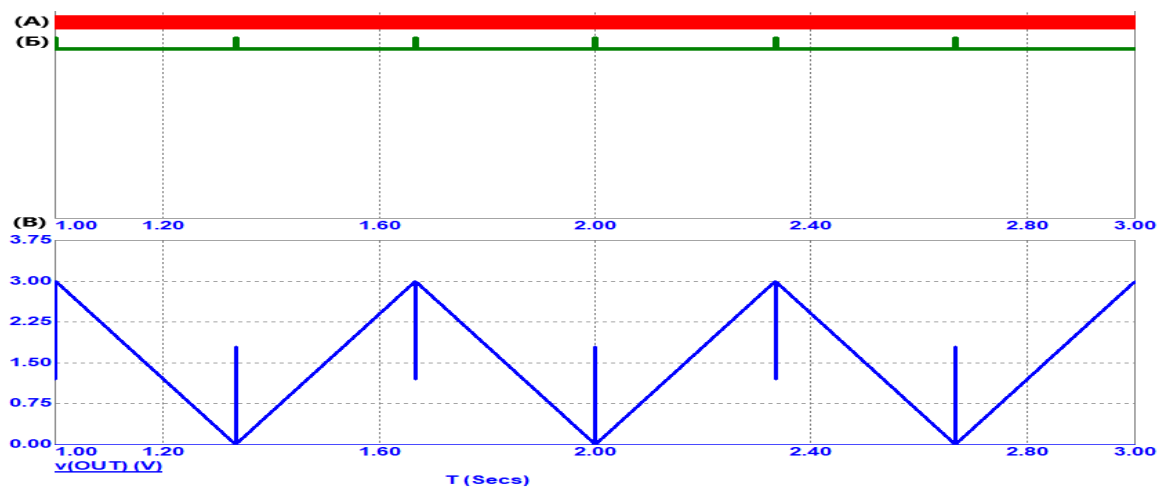


**Рисунок 2.** Структурная модель прямочастотного цифрового синтезатора с треугольным многоуровневым колебанием с выхода ЦАП.

На рисунке 3 и рисунке 4 представлены временные диаграммы выходных колебаний данных синтезаторов.



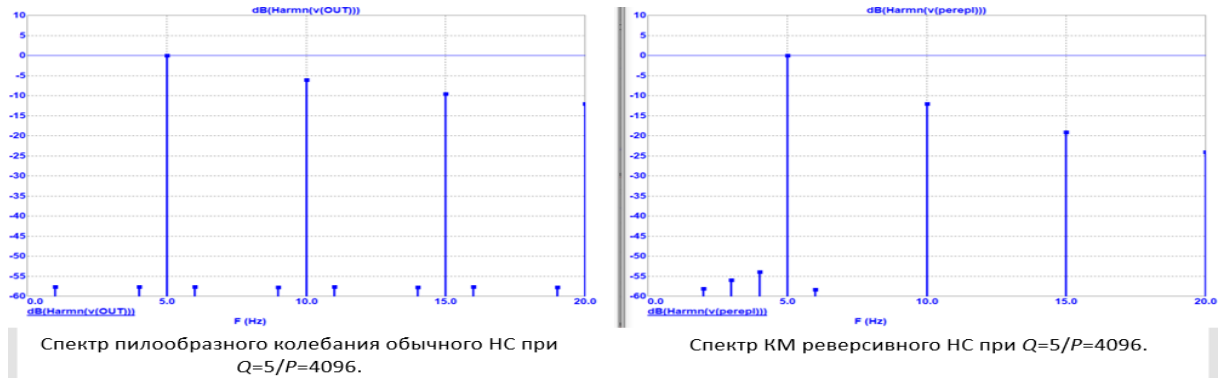
**Рисунок 3.** (А) Импульсы опорной частоты, (Б) выходные импульсы переполнения, (В) код мгновенной фазы с выхода ЦАП, при  $Q=3/P=4096$ .



**Рисунок 4.** (А) Импульсы опорной частоты, (Б) выходные импульсы переполнения, (В) код мгновенной фазы с выхода ЦАП, при  $Q=3/P=8192$ .

## 2. Результаты моделирования

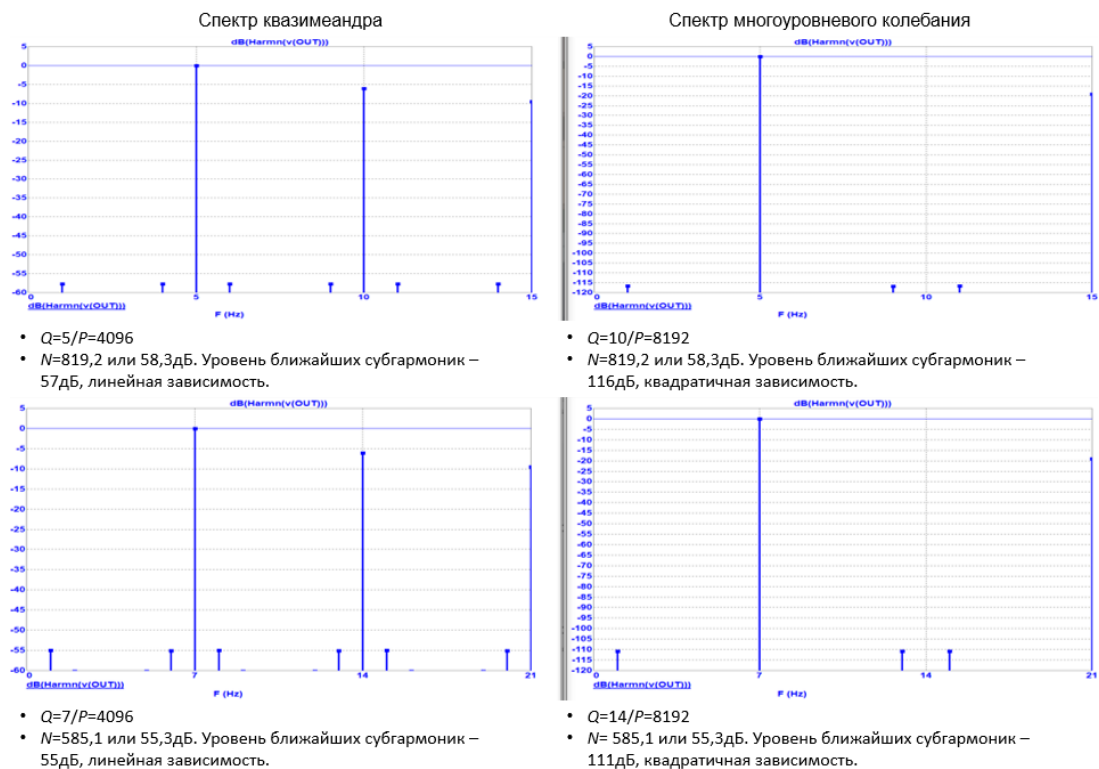
Сначала в работе было произведено сравнение спектра пилообразного многоуровневого колебания синтезатора с обычным НС и КМ синтезатора с реверсивным НС, спектры представлены на рисунке 5.



**Рисунок 5.** Спектральные диаграммы пилообразного колебания и КМ.

Анализируя получившиеся спектры видно, что уровень ДПСС у обоих спектров, примерно, одинаков. В следствии чего, далее в сравнении будет использоваться только КМ.

Для подтверждения теоретических данных о том, что спектр треугольного многоуровневого колебания убывает по квадратичному закону, а КМ по линейному, произведём сравнение их спектров при различных  $N$  - рисунок 6 и рисунок 7.



**Рисунок 6.** Спектральные диаграммы КМ и треугольного многоуровневого колебания.

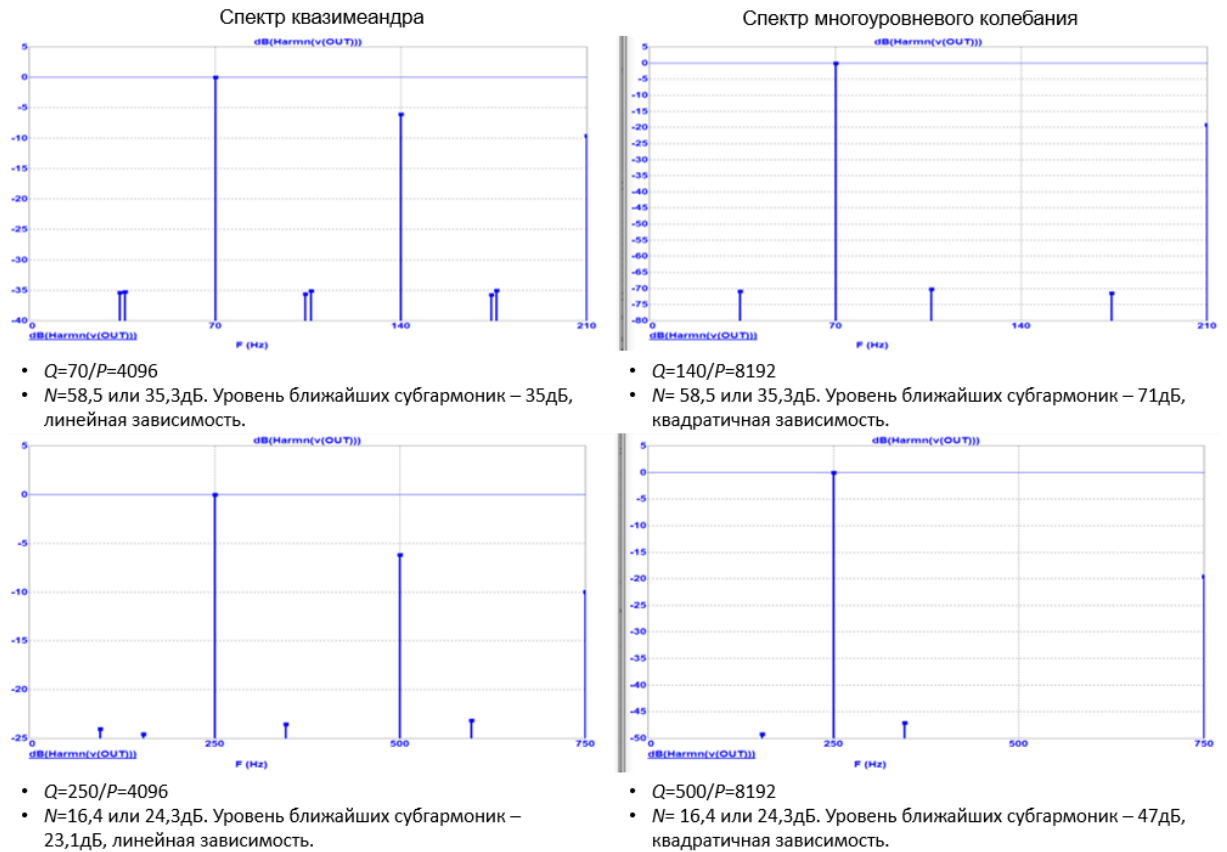


Рисунок 7. Спектральные диаграммы КМ и треугольного многоуровневого колебания.

### 3. Заключение

Благодаря данному сравнительному анализу, можно утверждать, что побочные спектральные составляющие в спектре треугольного многоуровневого колебания давятся сильнее, чем в спектре пилообразного и квазиеандра. Из-за того, что в треугольном колебании субгармоники убывают пропорционально квадрату  $N$ .

В следствии этого треугольное многоуровневое колебание, формируемое системой ПЦС на основе НС можно использовать не только в системах пассивного синтеза частот, но и в тракте приведения умножающего кольца ИФАП микроволнового диапазона. Потому, что коэффициенты  $N$  в умножающих кольцах ИФАП могут быть равны от сотен до десятков тысяч и тогда уровень ДПСС, кратных шагу сетки будет низким и его будет легче фильтровать петлевым ФНЧ.

#### Список литературы

1. Никитин Ю. А. Цифроаналоговый синтез частот. Теория и схемотехника: [монография] / Ю. А. Никитин. – СПб.: Изд-во СПб ГУТ, 2018. – 367 с.