

### Оптимизация опорного тракта формирователя сигналов с ФАПЧ, ЦВС и автокомпенсацией помех

Формирователи сигналов на основе цифровых вычислительных синтезаторов частот (ЦВС) с системой фазовой автоподстройки частоты (ФАПЧ) обладают высокой частотой выходных колебаний, высокими разрешениями по частоте и скоростью перестройки [1]. Применение автоматической компенсации помех ЦВС позволяет уменьшить уровень нежелательных составляющих в спектре, повысить качество выходного сигнала [2,3].

Структурная схема формирователя сигналов с ФАПЧ, ЦВС и автокомпенсацией помех представлена на рис. 1. На схеме обозначено ОГ - опорный генератор, ФД1 и ФД2 – фазовые детекторы системы ФАПЧ и автокомпенсатора помех (АКП), Ф1 и Ф2 – фильтры ФАПЧ и АКП, ГУН – генератор управляемый напряжением, УФ – управляемый фазовращатель, ИТ – информационный тракт, У – усилитель постоянного тока,  $\varepsilon_{ог}$ ,  $\varepsilon_{уч}$  и  $\varepsilon_{у}$  – дестабилизирующие факторы ОГ, УЧ и УФ. Схема реализует принцип регулирования по отклонению.

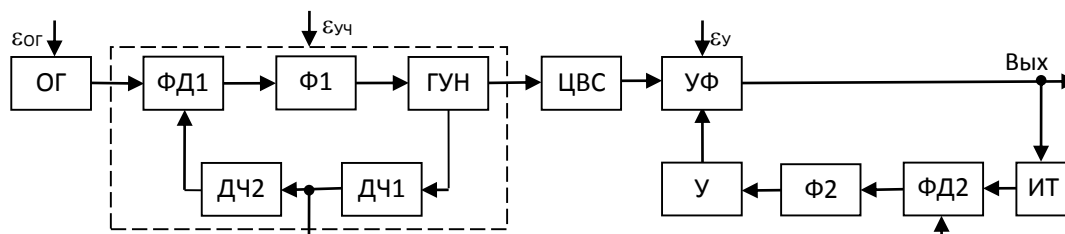


Рис. 1.

Принципы действия автокомпенсатора заключается в выделении закона помехи и противофазном управлении фазой выходного сигнала ЦВС. При этом нежелательное отклонение фазы сигнала ЦВС компенсируется. Помехи амплитудного характера могут быть устранены ограничителем амплитуды сигнала.

Информационный тракт включает в себя последовательно соединенные дифференцирующую цепь, двухполупериодный выпрямитель и триггер. Это позволяет от многоуровневого выходного сигнала ЦВС перейти к двухуровневому сигналу с сохранением закона фазового отклонения. Система ФАПЧ в данной схеме используется в качестве умножителя частоты сигнала ОГ. В качестве опорного тракта (ОТ), формирующего опорный сигнал ФД2 обычно используется последовательно соединенные дифференцирующая цепь, однополупериодный выпрямитель и триггер [2]. В разработанной схеме для формирования опорного сигнала ФД2 используется делитель частоты ФАПЧ. Сигнал снимается с первого каскада ДЧ1, что позволило оптимизировать ОТ и исключить 3 каскада формирования.

На основе обобщенной схемы амплитудно-фазового преобразователя и аппарата непрерывных кусочно-линейных функций (НКЛФ) получены выражения передаточных характеристик формирователя. Рассмотрены условия эффективного подавления помех ЦВС. Определены требования к структуре и параметрам фильтров системы ФАПЧ и АКП.

*Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 15-08-05542*

#### Литература

1. Ромашов В.В., Ромашова Л.В., Якименко К.А., Коровин А.Н. Моделирование шумовых характеристик гибридных синтезаторов частот на интегральных микросхемах // Радиотехнические и телекоммуникационные системы. 2013, №1. – С. 10-15.
2. Рудаков А.М., Курилов И.А., Харчук С.М., Романов Д.Н. Математическое моделирование автокомпенсации фазовых помех на выходе ЦАП прямого цифрового синтезатора частот. Радиотехнические и телекоммуникационные системы. №2 (10), 2013. – С. 19-25.
3. Васильев Г.С., Курилов И.А., Харчук С.М. Моделирование нелинейного автокомпенсатора фазовых помех ЦАП прямого цифрового синтезатора частот. // Радиотехнические и телекоммуникационные системы. №2, 2014. – С. 30-38.