

Ромашов В.В., Якименко К.А., Докторов А.Н.
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: romashovmuro@mail.ru.

Алгоритм и программа для проектирования гибридных синтезаторов частот на основе прямого аналогового и прямого цифрового методов синтеза

В настоящее время активно используются гибридные синтезаторы на основе прямого аналогового и прямого цифрового методов синтеза. Такие синтезаторы способны формировать гармонический сигнал в широком диапазоне частот, обеспечивают высокое частотное разрешение, обладают низким уровнем фазовых шумов.

Уровень фазовых шумов в синтезаторах оценивается спектральной плотностью мощности (СПМ) фазовых шумов в зависимости от частоты отстройки от несущей F . Для анализа шумовых характеристик используют математические модели СПМ фазовых шумов. Поскольку многие типы синтезаторов частот состоят из нескольких составных блоков, которые функционируют на разных частотах (как, например, в синтезаторах на основе системы ФАПЧ), то сигнал с заданной частотой можно получить при различных частотных соотношениях в структуре синтезатора. В связи с этим актуальной представляется задача выбора оптимальных частотных соотношений, при которых синтезатор будет обеспечивать наименьший уровень фазовых шумов. Авторами разработаны специальные алгоритмы структурного проектирования гибридных синтезаторов частот, а также выбора оптимальных частотных соотношений. Алгоритмизация обычно требует автоматизации вычислений, поэтому целью данной работы является разработка специализированного программного средства, позволяющего провести структурное проектирование гибридного синтезатора частот на основе прямого аналогового и прямого цифрового методов синтеза, рассчитать оптимальные с точки зрения уровня фазовых шумов параметры синтезатора.

Исходными данными для расчётов являются значения частоты опорного сигнала и частоты выходного сигнала. В итоге работа программного средства состоит из следующих этапов.

На первом этапе определяются все возможные комбинации трёх параметров гибридного синтезатора (коэффициент передачи ЦВС $K_{ЦВС}$, номер гармоники для получения тактовой частоты n_T , номер гармоники для получения опорной частоты n_G), при установке которых синтезатор сформирует заданную выходную частоту.

На втором этапе определяются оптимальные частотные соотношения в структуре синтезатора, т.е. из набора комбинаций параметров выбирается та комбинация, при которой гибридный синтезатор имеет наименьший уровень фазовых шумов. Это организовано следующим образом. В математическую модель СПМ фазовых шумов гибридного синтезатора поочерёдно подставляются наборы параметров ($K_{ЦВС}$, n_T , n_G). Для фиксированной частоты отстройки рассчитываются значения СПМ фазовых шумов, которые записываются в массив. Затем массив сортируется по убыванию, и в итоге комбинация параметров, для которой определяется минимальное значение СПМ, и есть та оптимальная комбинация параметров.

На третьем этапе по математической модели СПМ фазовых шумов гибридного синтезатора проводится моделирование СПМ фазовых шумов в зависимости от несущей. Рассчитываются вклады составных блоков гибридного синтезатора в результирующий уровень СПМ фазовых шумов.

На четвёртом этапе рассчитывается шаг перестройки, а также минимальная и максимальная частоты гибридного синтезатора.

Программное средство было разработано в среде Matlab Guide. Графический интерфейс представлен на рис. 1.

В области ввода исходных данных вводятся значения частоты опорного генератора и частоты выходного сигнала. Далее необходимо выбрать микросхему ЦВС. На выбор пользователю предлагается несколько микросхем, производимых фирмой Analog Devices. При

выборе одной из микросхем из базы данных программного средства загружается математическая модель СПМ фазовых шумов данной микросхемы, а также значение максимально допустимой тактовой частоты f_{Tmax} ; разрядность накопителя кода фазы $N_{НКФ}$.

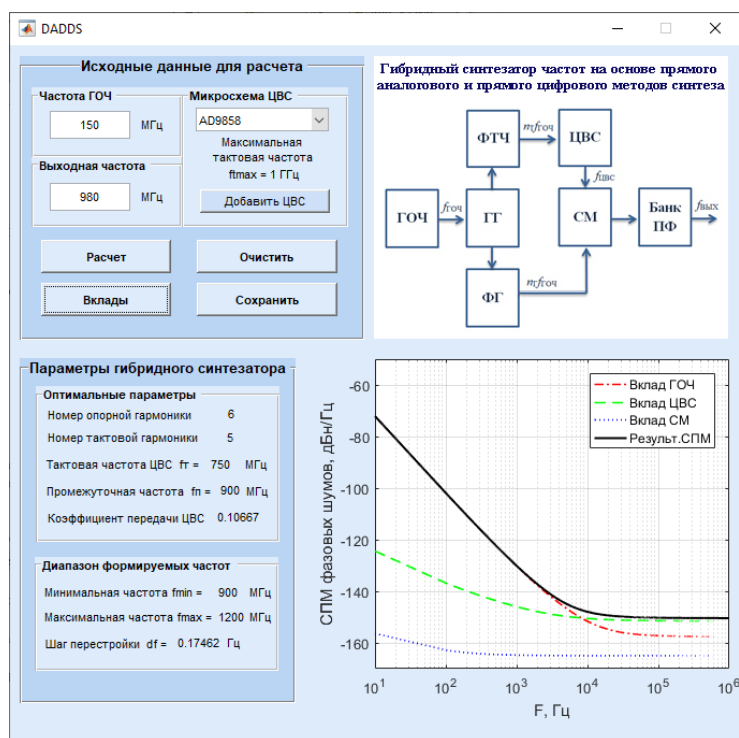


Рис. 1. Графический интерфейс программного средства

При нажатии кнопки «Расчёт» программное средство по алгоритму, представленному выше, проведёт выбор оптимальных, с точки зрения уровня фазовых шумов, частотных соотношений в структуре синтезатора. Далее проводится моделирование СПМ фазовых шумов гибридного синтезатора. В координатных осях строится зависимость спектральной плотности мощности фазовых шумов в двойном логарифмическом масштабе на частотах отстройки от 10 Гц до 1 МГц от несущей.

При нажатии кнопки «Вклады» программное средство проводит моделирование вкладов составных блоков гибридного синтезатора в результирующий уровень СПМ фазовых шумов. Кнопка «Сохранить» позволяет вывести график на дополнительное окно, и затем с помощью меню этого окна можно сохранить график в любом графическом формате и любом масштабе. Кнопка «Очистить» позволяет очистить координатные оси.

Все рассчитанные параметры гибридного синтезатора выводятся на панели «Оптимальные параметры» и «Диапазон формируемых частот».

Исследование выполнено при финансовой поддержке Совета по грантам Президента Российской Федерации, а также Фонда содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере в рамках проекта по конкурсу УМНИК-2018.

Литература

1. Ромашов В.В., Ромашова Л.В., Храмов К.К., Докторов А.Н., Якименко К.А. Моделирование шумовых характеристик гибридных синтезаторов частот // Радиотехнические и телекоммуникационные системы. 2014. №1. С. 5–20.
2. Ромашов В.В., Якименко К.А., Докторов А.Н., Программное средство для структурного проектирования гибридных синтезаторов частот на основе прямого аналогового и прямого цифрового методов синтеза // Радиотехнические и телекоммуникационные системы. 2020. № 3. С. 47–55.