

Якименко К.А.

*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: yakimenko.kirill@yandex.ru.*

Расчет полосовых фильтров для малошумящих гибридных синтезаторов частот

Активное развитие и совершенствование вычислительных средств в настоящее время позволяет существенно экономить временные ресурсы разработчика. В связи с этим актуальной представляется задача автоматизации процесса разработки малошумящих формирователей гармонических сигналов [1, 2]. Целью данной работы является разработка программного средства для расчета и структурного проектирования полосовых фильтров гибридных синтезаторов частот на основе прямого аналогового и прямого цифрового методов синтеза.

Принцип работы гибридных синтезаторов заключается в том, что сетка частот гармонических сигналов, генерируемых ЦВС, с малым шагом перестройки по частоте переносится на более высокий частотный диапазон, формируемый одним или несколькими генераторами опорной частоты (ГОЧ). С целью упрощения архитектуры выгоднее использовать один ГОЧ, но тогда диапазон выходных частот будет ограничен диапазоном частот ЦВС. Поэтому для расширения частотного диапазона необходимо использовать умножитель частоты. Умножители частоты, как правило, реализуются на нелинейных элементах, например на диодах с накоплением заряда (ДНЗ). Применение ДНЗ позволяет получить большое количество (до полутора тысяч) гармонических составляющих частоты входного сигнала. Для выделения требуемой гармоники используются специальные фильтры. В качестве таких фильтров можно использовать полосовые фильтры с очень узкой полосой пропускания. В смесителе СМ смешиваются частоты выходного сигнала ЦВС и одной из гармоник ГОЧ, генерируемой генератором гармоник на ДНЗ. Далее банк полосовых фильтров выделяет сигнал с суммарной частотой, который является выходным сигналом синтезатора.

В зависимости от области применения синтезаторы частот должны обеспечивать сетку частот в различных частотных диапазонах. Если разрабатываемый формирователь должен работать в СВЧ- и КВЧ-диапазонах, то фильтры необходимо строить на основе распределенных элементов на отрезках линии передач. К примеру, полосовые фильтры удобно строить на микрополосковой линии. Известен ряд возможных реализаций полосовых фильтров: на параллельных связанных полуволновых резонаторах; на встречных стержнях; на одиночной микрополосковой линии с зазорами и др. При разработке программного средства использовались выражения для расчета полосовых фильтров на параллельных связанных полуволновых резонаторах из [3, 4].

Пользователь вводит значение центральной частоты и полосы пропускания в МГц, затем выбирает тип (Баттерворта, Чебышева) и порядок фильтра. Программное средство строит передаточную характеристику фильтра, а также рассчитывает геометрические размеры проводников. На рис. 1 представлен графический интерфейс программного средства.

При проектировании полосовых фильтров ФТЧ и ФГ необходимо установить как можно более узкую полосу пропускания. Это поможет достаточно подавить соседние гармоники. Достаточным считается уровень не более минус 90 дБн. Уровень нежелательных составляющих спектра характеризуется таким параметром, который в англоязычных источниках называется Spurious-Free Dynamic Range, SFDR (перев. динамический диапазон, свободный от паразитных составляющих) — безразмерная величина, равная отношению мощности полезного узкополосного сигнала (несущей) к мощности наиболее мощной паразитной частотной составляющей (гармоники).

Полоса пропускания одного из n полосовых фильтров, входящих в банк ПФ, как правило, не должна превышать диапазона изменения частоты выходного сигнала ЦВС

$$\Delta F_{ПФн} < \Delta f_{ЦВС}.$$

При этом, диапазон изменения выходной частоты ЦВС ограничен значениями от единиц Гц до $0,4n_{\Gamma}f_{\text{Гоч}}$.

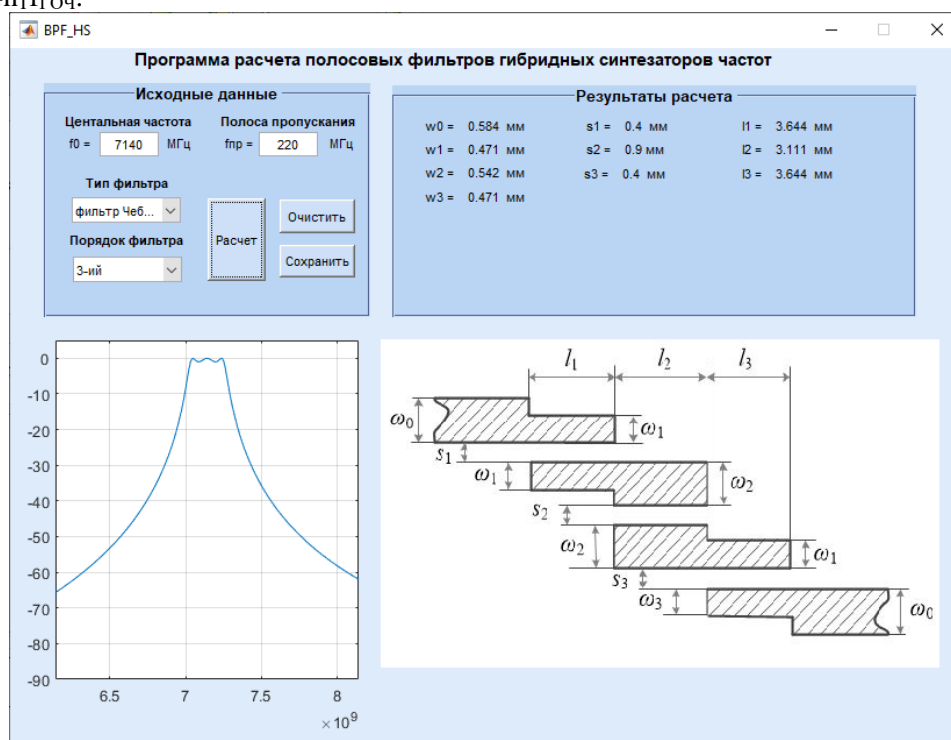


Рис. 2. Графический интерфейс программного средства для расчета полосовых фильтров

Настоящая работа представляет собой результат практической реализации одного из этапов создания крупной автоматизированной системы для проектирования малошумящих гибридных синтезаторов частот. В это же время, предлагаемое программное средство может использоваться и автономно для расчетов полосовых СВЧ фильтров любого назначения.

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., Ромашова Л.В. 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.
3. Федосеева Е.В. Устройства СВЧ и антенны: Практикум. Муром: МИВлГУ, 2016. 102 с.
4. Маттей Д.Л., Янг Л., Джонс Е.М.Т. Фильтры СВЧ, согласующие цепи и цепи связи. Т.1. Пер. с англ. М.: Связь, 1972. 440 с.