

устройств и импульсно-навигационной аппаратуры (РСБН-4НМ). Помехозащищенность приемных устройств маяков РСБН-4НМ от основных помеховых сигналов рабочего диапазона (ТВ вещание, сотовая связь стандарта LTE-800) оказалась существенно хуже, чем у предшественников-маяков РСБН-4Н. По этой причине на отдельных аэродромах в результате замены наземного оборудования РСБН-4Н на РСБН-4НМ появились жалобы на недопустимое помеховое воздействие, хотя до замены обеспечивалось беспомеховое функционирование.

Несоблюдение параметров ЭМС РЭС в ходе модернизации может являться причиной возникновения и внутрисистемных НРП. Таким примером может служить модернизация радиомаяка ПРМГ-76У в части замены передающих устройств электролампового исполнения на твердотельные (ПРМГ-76УМ). Соотношение мощностей передатчиков РД и ГРМ в первых серийных образцах ПРМГ-76УМ оказалось сниженным на 6 дБ по сравнению с аналогичным показателем в ПРМГ-76У, что явилось причиной отказов дальномерного канала БО РСБН из-за влияния преобладающего глассадного канала на небольших расстояниях от ВПП.

Выводы

1. При разработке и внедрении средств в новых и традиционных полосах радиочастот вопросам ЭМС необходимо уделять особое внимание. Помимо теоретических оценок возможного помехового влияния по результатам анализа загрузки полос и диапазонов частот следует выполнять лабораторные исследования на макетах и прототипах приемных устройств и практические эксперименты по оценкам уровней сигналов в районах предполагаемого размещения РЭС. С тем, чтобы на более ранних стадиях разработки выявить потенциально конфликтные ситуации, связанные с возможным помеховым воздействием.

2. В целях исключения влияния внутрисистемных радиопомех представляется целесообразным до начала проведения испытаний образца ПРМГ-ОМД выполнить мероприятия, направленные на исключение взаимного влияния РЭС системы РСБН/ПРМГ, обеспечить их гарантированное беспомеховое функционирование и эффективное использование частотного ресурса.

3. Библиографический список

1. Таблица распределения полос радиочастот между радиослужбами РФ. Постановление Правительства РФ от 21.12.2011 г. №1049-34.

УДК 621.396

МОДЕЛИРОВАНИЕ ЦИФРОВОГО ФИЛЬТРА СИС ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ КОМПЛЕКСНОГО СИГНАЛА НА ВИДЕОЧАСТОТЕ

А. В. Нестерович, В. А. Сеницын, А. Ю. Яблоков

*НПП «Цифровые радиотехнические системы», г. Санкт-Петербург
Балтийский государственный технический университет «Военмех» им. Д. Ф. Устинова*

Исследуется алгоритм реализации фильтра нижних частот для формирования квадратур в блоке цифровой обработки сигнала аппаратуры TCAS (Traffic alert and Collision Avoidance System). Показано, что с определенными параметрами СИС(cascaded integral-comb filter) фильтра, которые определяются порядком гребенчатого фильтра и числом секций гребенки-интегратора можно получить требуемую амплитудно-частотную характеристику фильтра.

Введение. В схему формирователя комплексного сигнала на видеочастоте (ФКСВ) входит гетеродин, перемножитель, ФНЧ и дециматор. Структурная схема формирователя представлена на рис. 1.

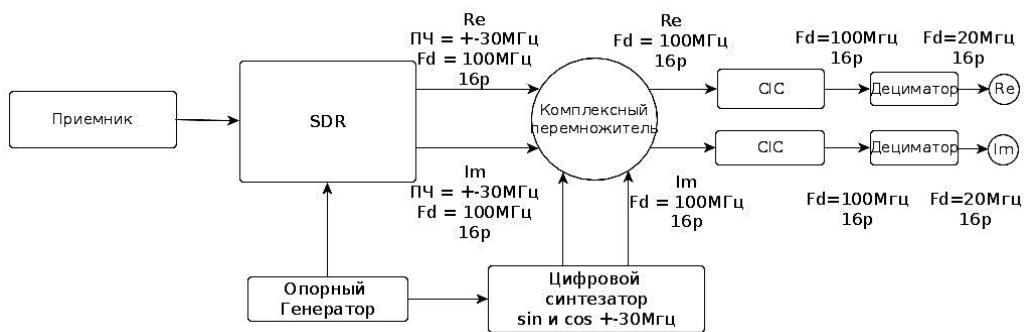


Рис. 1. Структурная схема формирователя квадратур входного сигнала

В аппаратуру TCAS входит схема измерения пеленга, а также схема формирования диаграмм направленности для запросов воздушного судна. Для работы этих схем необходимо иметь информацию о фазе сигнала относительно опорного источника. Для работы этих схем необходимо иметь квадратуры сигнала, которые несут информацию о фазе. Обычные схемы формирования квадратур, фазового детектора, состоят из перемножителя входного сигнала с опорным колебанием гетеродина, после которого стоит фильтр нижних частот ФНЧ. Реализация ФНЧ на основе CIC фильтров весьма привлекательна из-за того, что они не требуют операций умножения и легко аппаратно реализуются на практике [1].

Входной 16-разрядный цифровой сигнал с частотой выборки 100 МГц на промежуточной частоте 30 МГц с полосой 10 МГц поступает на цифровой перемножитель с частотой гетеродина 30 МГц, с выхода которого сигнал поступает на фильтр нижних частот (ФНЧ), полученный каскадным включением нескольких интеграторов и гребенчатых фильтров.

Одним из важных элементов при реализации цифровых фильтров является соответствие заданной АЧХ, которая определяется сигналом. Полоса пропускания фильтра должна согласовываться с длительностью импульса и заданными фронтами, а также фильтр должен иметь линейную ФЧХ в области пропускания.

Исследуемая модель. В общем виде CIC фильтр представляет собой каскадное соединение интегрально-гребенчатых фильтров (I-C).

Такие CIC фильтры обладают двумя основными достоинствами: отсутствие элементов умножения при реализации и линейностью фазочастотной характеристики (ФЧХ). Одна секция интегратор-дифференциатор I-C представляет собой фильтр нижних частот.

На рис. 2 представлена одна секция интегратора-дифференциатора.

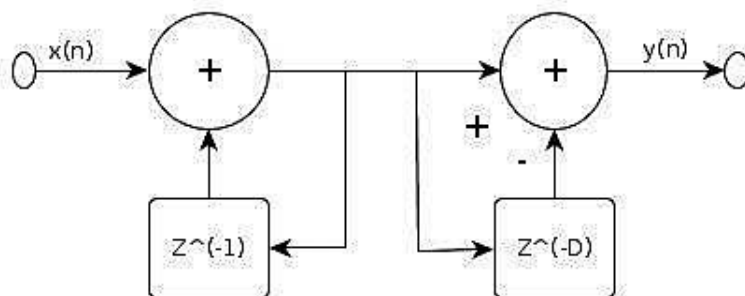


Рис. 2. Одна секция интегратора-дифференциатора

Входной сигнал задается следующими параметрами:

- Длительность импульса 0.5 мкс

- Фронт импульса 50-100 нс
- Расстройка по частоте +/- 3 МГц

Требование по подавлению внеполосных сигналов представлено в таблице 1.

Таблица 1

Требование по избирательности

Отклонение частоты входного сигнала, МГц	Уровень выходного сигнала относительно уровня 0
± 5.5 МГц	≤ -3 дБ
± 10 МГц	≤ -20 дБ
± 15 МГц	≤ -40 дБ
± 25 МГц	≤ -60 дБ

Практические результаты. На рис. 3 изображена АЧХ синтезированного СИС фильтра со следующими параметрами:

- Частота дискретизации 100 МГц
- Порядок гребенчатого фильтра 5
- Число секций гребенка – интегратор 6

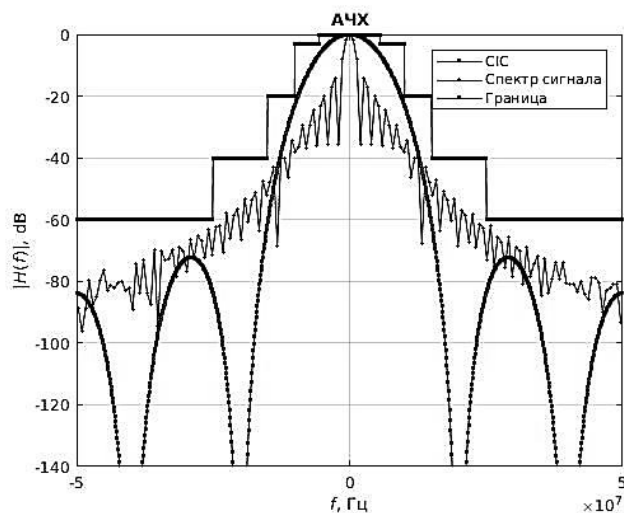


Рис. 3. АЧХ фильтра, спектр сигнала, граница по избирательности

Из рис. 3 можно сделать вывод, что спектр сигнала укладывается в границу избирательности, а также что АЧХ полученного фильтра с полосой ± 3.8 МГц по уровню минус 3дБ удовлетворяет заданным требованиям.

Моделирование формирования квадратур согласно схеме (рис. 1) представлено на рис. 4. На вход подаем квадратуры на двух промежуточных частотах +30МГц и -30МГц. После квадратурного множителя имеем по выходу квадратуры на нулевой частоте и на удвоенной частоте. После ФНЧ получаем исходную квадратуру. Если фазовых ошибок нет, то фаза сигнала совпадает с оценкой фазы по выходу.

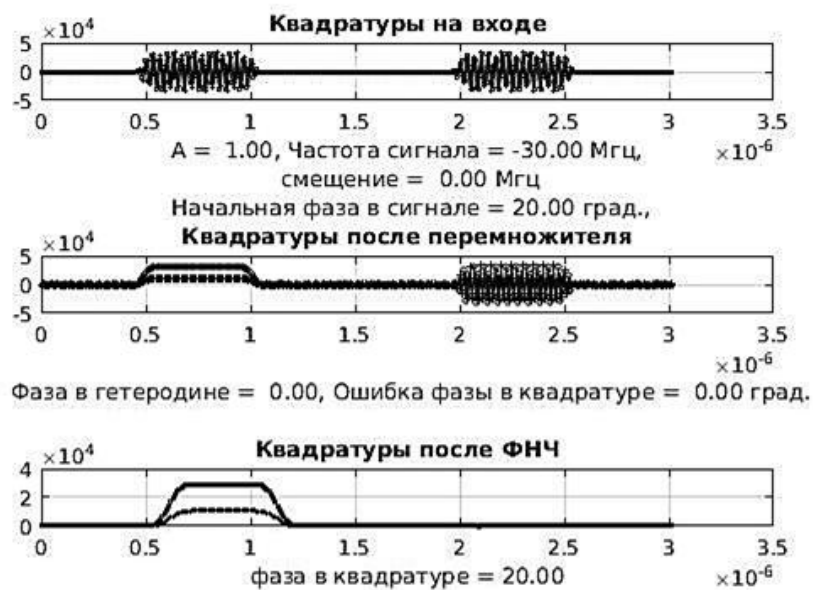


Рис. 4. Прохождение сигнала по схеме формирования квадратур

На рис.5 реализовано сравнение входного задающего сигнала на видеочастоте с полученным сигналом на выходе формирователя квадратур.

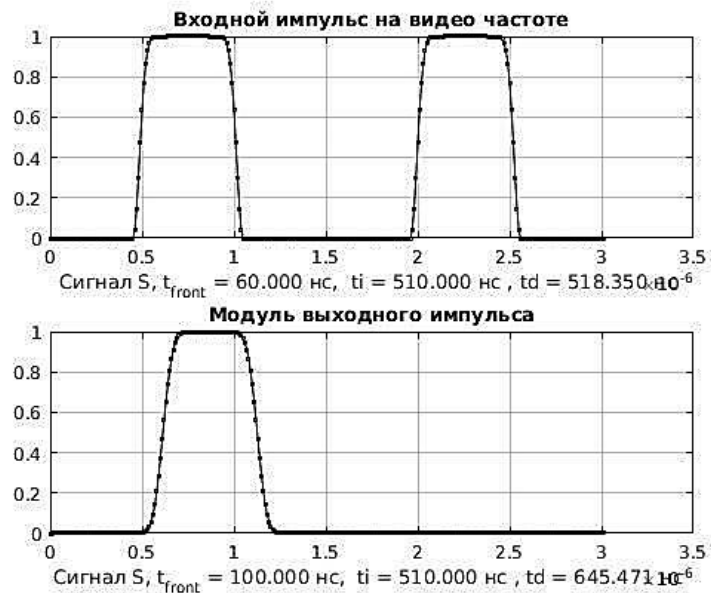


Рис. 5. Сравнение входного и выходного импульса на видео частоте

Из рис. 5 можно сделать вывод, что сигнал по выходу задержан относительно входного, при этом выделяется сигнал на заданной частоте, а также фронт выходного импульса увеличен относительно входного.

Заключение. Таким образом, в работе произведено моделирование формирования квадратуры, а также выбраны параметры СИС фильтра для цифровой обработки квадратур сигнала. Достоинством предлагаемого СИС фильтра является отсутствие операций умножения при его реализации.

Библиографический список

1. СИС фильтр Хогенауэра и их характеристики. [Электронный ресурс]. URL: www.dsplib.ru/content/cic/cic.html

УДК 004.932.721

ОЦЕНКА ТОЧНОСТИ ИЗМЕРЕНИЯ ПЕЛЕНГА В СИСТЕМЕ ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ СТОЛКНОВЕНИЙ САМОЛЕТОВ В ВОЗДУХЕ TCAS

А. В. Нестерович, В. А. Сеницын, А. Ю. Яблоков

*НПП «Цифровые радиотехнические системы», г. Санкт-Петербург
Балтийский государственный технический университет «Военмех» им. Д. Ф. Устинова*

Приведены результаты исследования алгоритмов определения пеленга 4-х элементной антенной решеткой. Показано, что со слабонаправленными антеннами удастся получить среднеквадратичное значение ошибки измерения пеленга не более 9° , в заданном диапазоне углов места.

Введение. В схему измерения пеленга входит ответчик который стоит на воздушном судне, и аппаратура TCAS (Traffic collision avoidance system), бортовая система выдачи информации о воздушном движении и предупреждения столкновений).

TCAS принимает сигнал от ответчика, состоящая из направленной антенны, приемного тракта, цифровой обработки сигнала и вычислителя [1].

Структурная схема модели оценки пеленга представлена на рис. 1.

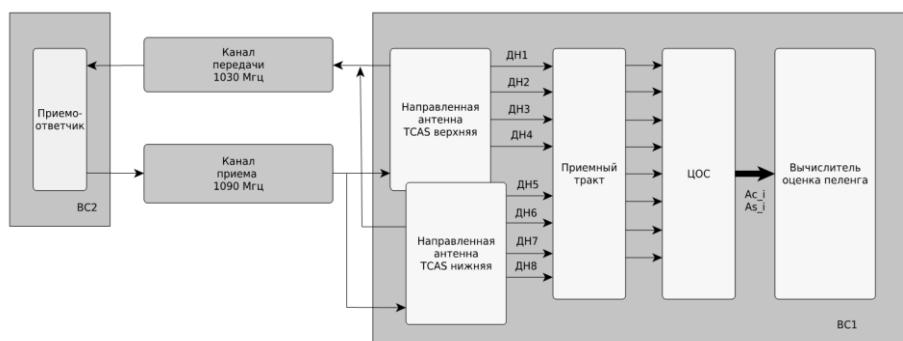


Рис. 6. Структурная схема модели измерения пеленга

Одним из важных элементов измерения пеленга с системе TCAS является антенна и алгоритм вычисления пеленга.

Ошибка пеленга не должна превышать среднеквадратичного значения в 9 град. или 27 град. для пикового значения по всем азимутальным углам и по всем углам места от -10 град.