

Моделирование радиоприёмного устройства коротковолнового диапазона в САПР Advanced Design System

В. А. Жигулин, obi4n@yandex.ru

ФГБОУ ВО «Елецкий государственный университет им. И.А. Бунина»

***Аннотация.** Проведено моделирование супергетеродинного АМ радиоприёмника КВ-диапазона в САПР Advanced Design System. Приведены результаты моделирования и результаты оценки некоторых параметров радиоприёмника.*

***Ключевые слова:** компьютерное моделирование, САПР, КВ связь.*

Введение

В современном мире наблюдается тенденция к повышению несущих частот радиоприёмных устройств. Однако не теряют значимости и более низкие радиочастоты, в том числе и коротковолновый диапазон [1]. Благодаря особенностям распространения волн этого диапазона сохраняет актуальность вопрос проектирования радиоприёмных устройств для этих частот. Данная статья посвящена моделированию радиоприёмного устройства (РПрУ) КВ диапазона в САПР Advanced Design System. Цель работы: получить результаты моделирования радиоприёмного устройства, такие как осциллограммы и спектрограммы сигналов, а также рассчитать по ним избирательность по соседнему и зеркальному каналам данного радиоприёмника. Были поставлены следующие задачи:

- провести моделирование супергетеродинного радиоприёмника;
- проследить изменения сигнала в разных частях устройства;
- измерить некоторые характеристики данного РПрУ (избирательность по соседнему и зеркальному каналам).

Объектом исследования является модель радиоприёмного устройства КВ диапазона. Предмет исследования – это характеристики данного радиоприёмного устройства.

1. Коротковолновая радиосвязь

Коротковолновым (КВ) зовётся диапазон радиочастот от 3 МГц до 30 МГц. Данный диапазон используется для АМ радиовещания, а также для любительской и профессиональной радиосвязи на большие расстояния. Большое влияние на распространение радиоволн КВ диапазона оказывает ионосфера – область атмосферы на высоте 50—500

км от поверхности Земли. Данная область сильно ионизирована в результате воздействия солнечного излучения. Волны КВ диапазона отражаются от ионосферы с малыми потерями, благодаря чему, путём многократных отражений, они могут распространяться на большие расстояния до нескольких тысяч километров.

На коротких волнах наблюдаются т.н. замирания – изменения уровня принимаемого сигнала. Они представляют собой кратковременное снижение амплитуды или полное исчезновение сигнала. Возникновение замираний связано с изменением условий отражения сигнала от ионосферы в зависимости от времени суток, времени года, солнечной активности и других факторов.

К преимуществам коротковолновой радиосвязи относятся:

- Большой радиус действия (тысячи километров);
- Возможность обеспечения связи в труднодоступных районах;
- Относительная простота конструкции передатчика;
- Малая необходимая мощность передатчика.

К недостаткам КВ связи относятся:

- Слабая помехозащищённость;
- Неустойчивость связи, в зависимости от времени года, времени суток и солнечной активности;
- Сложность установки антенн (длины антенн достигают десятки метров).

2. Моделирование РПрУ

В данной работе проводится моделирование радиоприёмного устройства КВ-диапазона. Данная модель представляет собой радиоприёмник амплитудно-модулированного сигнала супергетеродинного типа с одним понижением частоты (одной промежуточной частотой). РПрУ рассчитано на приём одной фиксированной станции. Схема модели представлена на рис.1. Она состоит из отдельных функциональных блоков. Приёмник обладает следующими характеристиками:

- Частота несущей 7,215 МГц;
- Частота модулирующего сигнала 1кГц;
- Частота гетеродина 6,76 МГц;
- Промежуточная частота 455 кГц;

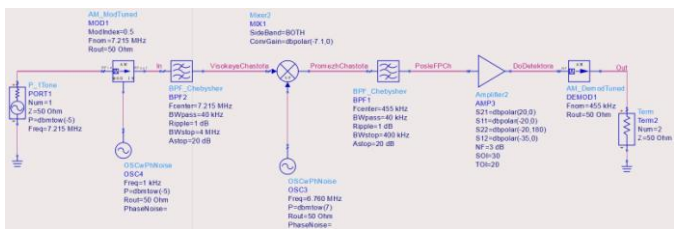
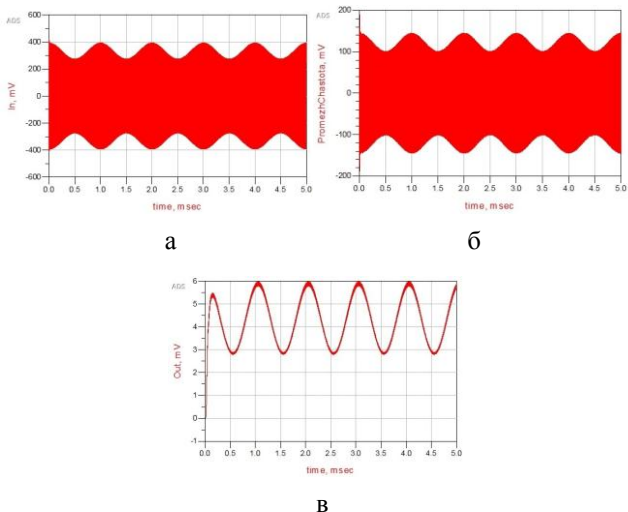


Рис. 1. Схема радиоприёмного устройства

На рис.2 приведены графики сигналов в разных точках РПрУ. Они получены после проведения временного анализа (Transient Simulation). На графиках мы видим входной модулированный сигнал (а), сигнал после смесителя (б) и выходной сигнал после детектора (в).

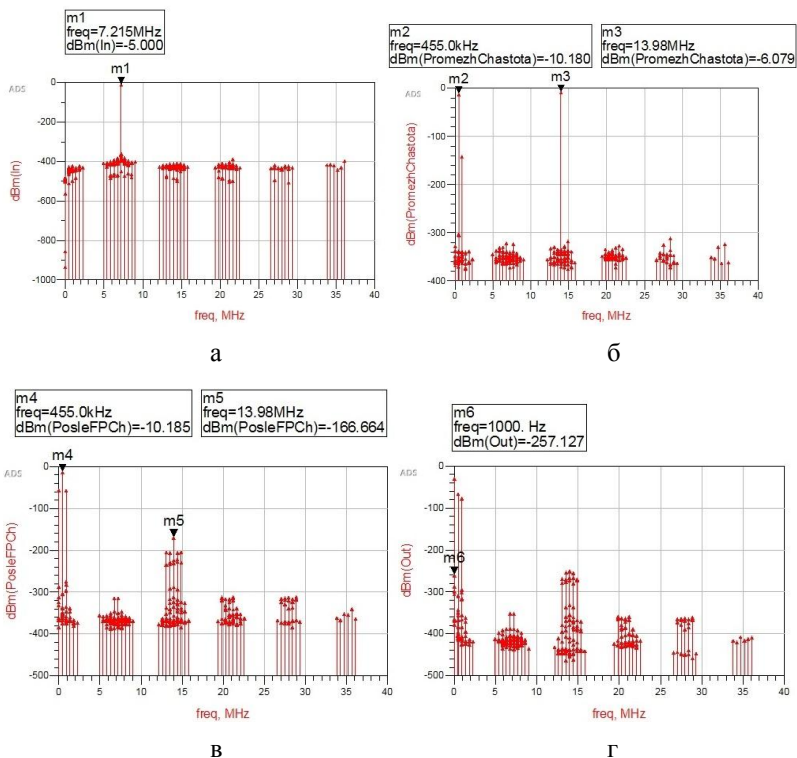


а – входной сигнал, б – сигнал после преобразователя частоты, в – выходной сигнал

Рис. 2. Осциллограммы сигналов в разных точках приёмника

При помощи анализа методом гармонического баланса (НВ Simulation) можно рассмотреть спектры сигналов в разных точках приёмника. Полученные спектрограммы приведены на рис. 3. Здесь можно видеть спектры сигналов на входе (а), после преобразователя частоты (б) (маркеры m2 и m3 показывают разностные и суммарные

гармоники соответственно), после ФПЧ (в) (здесь видно, как ослабевают суммарные гармоники), после АМ детектора (г).



а – входной сигнал, б – сигнал после смесителя, в – сигнал после фильтра промежуточной частоты, г – выходной сигнал

Рис. 3. Спектрограммы сигналов

3. Оценка некоторых параметров РПРУ

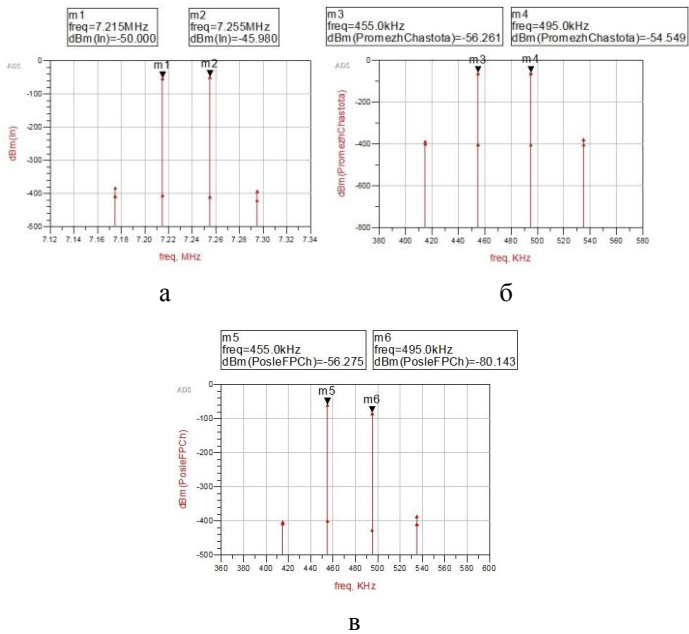
Оценим избирательность приёмника по соседнему и зеркальному каналам. Избирательность характеризует способность приемника выделять сигналы нужной станции и не пропускать сигналов других, мешающих приему, станций.

Избирательность по соседнему каналу – это способность приемника принимать полезный сигнал на заданной частоте канала с заданным качеством в присутствии мешающего сигнала по соседнему каналу. Избирательность по соседнему каналу достигается за счёт

фильтра промежуточной частоты (ФПЧ). Для оценки этого вида избирательности сравнивают мощности полезного и мешающего сигналов после ФПЧ. Численно избирательность по соседнему каналу определяется как отношение коэффициента передачи главного тракта приемника на рабочем канале к его коэффициенту передачи на соседнем канале и рассчитывается по следующей формуле:

$$A_{ck} = 10 \lg \left(\frac{P_{ck}}{P_{ck}} \right) \quad (1)$$

где A_{ck} – подавление соседнего канала, P_{ck} – мощность соседнего канала, P_{ck} – мощность главного канала.



а – входной сигнал, б – сигнал после преобразователя частоты, в – сигнал после ФПЧ

Рис. 4. Оценка избирательности по соседнему каналу

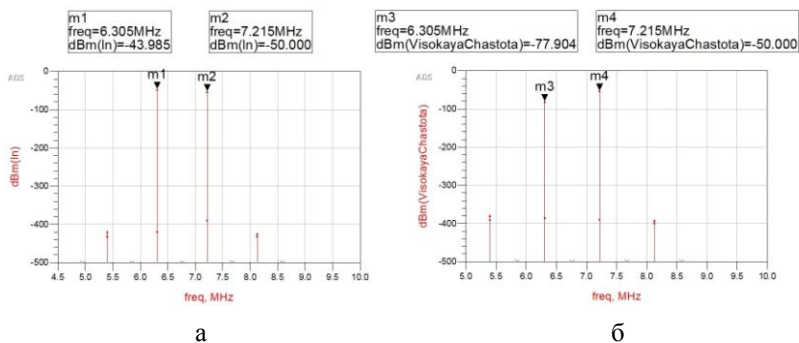
Исследуемый приёмник настроен на станцию с амплитудной модуляцией. Ширина спектра АМ сигнала равняется удвоенной ширине спектра модулирующего сигнала. Поэтому, для оценки избирательности

по соседнему каналу, подадим на вход приёмника два сигнала с частотами несущих, различающимися на ширину спектра модулирующего сигнала (7,215 МГц и 7,255 МГц). На рис.4 представлены спектры сигнала а) на входе, б) после преобразователя частоты, в) после ФПЧ и УПЧ. По формуле (1) и рис.4в можно рассчитать, что избирательность исследуемого приёмника по соседнему каналу равняется 23,868 дБ.

Измерим избирательность данного приёмника по зеркальному каналу. Зеркальный канал приёма – это вторая входная частота, дающая такую же разность с частотой гетеродина, что и рабочая частота. Сигнал, передаваемый на этой частоте, проходит через ФПЧ и неразделимо смешивается с полезным сигналом. Избирательность по зеркальному каналу достигается за счёт фильтра радиочастоты (ФРЧ), находящегося перед преобразователем частоты. Численно избирательность по зеркальному каналу равняется отношению мощностей главного и зеркального каналов. Рассчитывается она по следующей формуле:

$$A_{зк} = 10 \lg \left(\frac{P_{зк}}{P} \right) \quad (2)$$

где $A_{зк}$ – подавление зеркального канала, $P_{зк}$ – мощность зеркального канала.



а – сигнал до ФРЧ, б – сигнал после ФРЧ

Рис. 5. Оценка избирательности по зеркальному каналу

Поскольку промежуточная частота данного приёмника равна 455 кГц, а частота гетеродина соответственно 6,72 МГц, то для измерения избирательности подадим на вход сигналы с частотами 7,215 МГц и

6,305 МГц. Поскольку избирательность по зеркальному каналу осуществляется за счёт ФРЧ, приведём спектры сигналов до (рис.5а) и после него (рис.5б). Согласно формуле (2) и рис.5б избирательность по зеркальному каналу равняется 27,904 дБ.

Заключение

В данной работе была представлена модель радиоприёмного устройства коротковолнового диапазона супергетеродинного типа. Моделирование и измерения проводились в САПР Advanced DesignSystem. Были представлены графики и спектрограммы сигналов в различных точках приёмника. Также с помощью моделирования была проведена оценка избирательности по зеркальному и соседнему каналам для данного приёмника.

Список литературы

1. Ступницкий, М. М. Потенциал КВ-радиосвязи - для создания цифровой экосистемы России / М. М. Ступницкий, Д. В. Лучин // Электросвязь. — 2018. — № 5. — С. 49-54.
2. Котлинский, С. В. Компьютерное моделирование радиоэлектронных средств на базе среды схемотехнического моделирования Advanced DesignSystem (ADS): учеб. пособие / С. В. Котлинский, В. А. Павлов. — Тверь : Тверской государственный технический университет, 2020. — 160 с.
3. Каганов, В. И. Радиотехника: от истоков до наших дней : учебное пособие / В.И. Каганов. — Москва : ФОРУМ : ИНФРА-М, 2020. — 352 с. — (Высшее образование: Бакалавриат). - ISBN 978-5-00091-495-3. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1115107> (дата обращения: 04.01.2022). – Режим доступа: по подписке.
4. Проектирование радиотехнических устройств в среде Advanced Design System / А. Д. Головин, О. А. Смирнова, А. Н. Готов, Равиль Загидуллин. — 1-е изд. — Москва : Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана (Москва), 2006. — 44 с.
5. Смирнова, О. А. Применение моделирующего комплекса ADS в подготовке специалистов высшей квалификации для задач исследования и разработки радиоэлектронных средств защиты информации / О. А. Смирнова, Б. П. Петренко // Вопросы защиты информации. — 2006. — № 1 (72). — С. 46-51.