

Лабораторная установка для исследования возможностей программно-управляемых приемников при решении задач радиоконтроля

И. Н. Сиротин, И. С. Елесин

Военно-космическая академия имени А.Ф. Можайского

E-mail vka@mil.ru

Аннотация. В работе представлено описание лабораторной установки с применением программно-управляемых передающих и приемных устройств, а также программа работы и частные результаты определения характеристик радиосигналов.

Ключевые слова: программно-управляемый приемник; радиоконтроль

I. ВВЕДЕНИЕ

При решении повседневных задач применяются различные системы передачи и приема информации и их количество постоянно возрастает. К системам передачи информации относятся системы радиосвязи, телеметрии, передачи команд, радиовещания и телевидения. К системам извлечения информации относятся радиолокационные и радионавигационные системы, радионаблюдения, радиоконтроля и другие. В каждой из приведенных выше систем функционируют радиоэлектронные средства (РЭС) [1, 2].

Для каждого РЭС установлены ограничения на характеристики излучаемых радиосигналов (диапазон рабочих частот, мощность излучения и др.) для выполнения условий электромагнитной совместимости (ЭМС) таких средств. При вводе РЭС в эксплуатацию и при их функционировании необходимо вести радиоконтроль. Функции радиоконтроля выполняет ФГУП «Главный радиочастотный центр» [3]. Для контроля соблюдения требований по ЭМС применяют комплексы радиоконтроля.

В настоящее время широкое развитие получили, так называемые, SDR (Software-defined radio – программно определяемые радиосистемы) технологии. Это технологии, позволяющие программно управлять настройками оборудования, в частности настройками передающих и приемных устройств РЭС.

Специалисты в области радиоконтроля должны обладать экспертными знаниями о представлении радиосигналов в разных областях. Такие знания необходимы для того, чтобы верно фиксировать параметры радиосигналов для их последующего анализа, настройки радиоэлектронных средств и контроля соблюдения режимов их работы. В рамках данного направления работы активно применяются программно-управляемые устройства, обеспечивающие цифровую обработку сигналов. Для получения навыков работы с такими типами устройств разработана лабораторная установка.

II. СТРУКТУРА И ПРИНЦИП РАБОТЫ ЛАБОРАТОРНОЙ УСТАНОВКИ

Структурная схема лабораторной установки представлена на рис. 1. Приведенная установка состоит из двух модулей: «модуля генерации сигналов» и «модуля приема и анализа сигналов».

«Модуль генерации сигналов» обеспечивает формирование сигналов различной структуры, имитирующих работу реальных РЭС. Возможность формирования широкого класса сигналов обеспечивается применением устройства, работающего на основе SDR технологии, которая подразумевает программное изменение изменения параметров формируемых сигналов [2, 4].

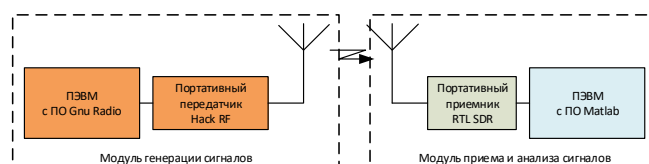


Рис. 1. Схема лабораторной установки

«Модуль приема и анализа сигналов» представлен RTL SDR приемником, подключенным к компьютеру. Структурно RTL SDR приемник состоит из тракта приема, осуществляющей перенос входных сигналов на промежуточную частоту, платы аналогово-цифрового преобразователя и платы управления [5]. Для обработки входных сигналов применяется программное обеспечение (ПО) Matlab. Для сохранения квадратурных составляющих входных сигналов разработана Simulink-модель, схема которой приведена на рис. 2.

Simulink-модель состоит из блоков «RTL-SDR Receiver» (блок управления параметрами приемного устройства), «Spectrum Analyzer» (анализатор спектра), «simout» (блок вывода оцифрованных данных сигнала в рабочую область).

Для оценки параметров сигналов в ПО Matlab разработана программа, реализующая построение графиков временной и частотной структуры сигналов. Измерение параметров сигналов осуществляется с помощью встроенных маркеров (рис. 4).

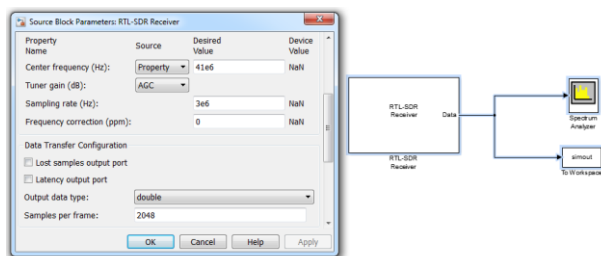


Рис. 2. Схема Simulink-модели

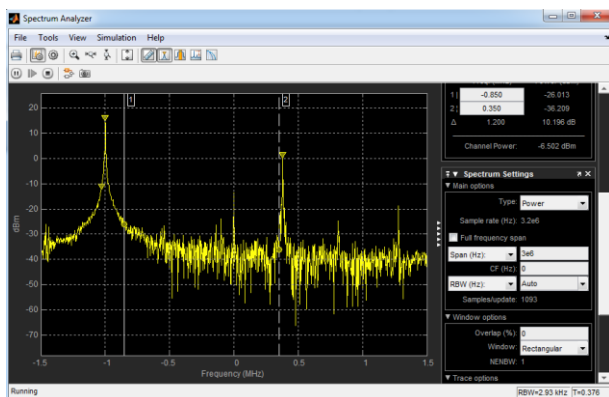


Рис. 3. Интерфейс блока «Spectrum Analyzer»

III. ПРОГРАММА РАБОТЫ

Программа работы:

1. Исследование влияния количества отсчетов сигнала (Sample per frame) на точность определения временных и частотных параметров сигнала.

2. Исследование влияния частоты дискретизации (Sampling Rate) на точность определения временных и частотных параметров сигнала.

Исследования по пунктам программы работы заключается в последовательном выполнении следующих действий:

- на панели управления передатчиком «Hack RF» выбирается тип формируемого сигнала и его параметры;
- в блоке «RTL-SDR Receiver» Simulink-модели (рис. 2) выбираются параметры: частота настройки, частота дискретизации и количество отсчетов в одной реализации сигнала;
- запускается Simulink-модель, после чего в рабочей области сохраняются квадратурные составляющие сигнала, попавшие в полосу анализа приемника;
- по полученным исходным данным формируется осциллограмма и амплитудный спектр сигнала, по которым с помощью маркера определяются временные и частотные значения сигнала;
- при исследовании по п.1 изменяемым параметром является «Sample per frame», по п.2 – «Sampling Rate», остальные параметры при этом фиксируются.

Частные результаты исследований по п. 1 программы работы приведены на рис. 3, 4. На данных рисунках приведены осциллограмма и амплитудный спектр сигнала.

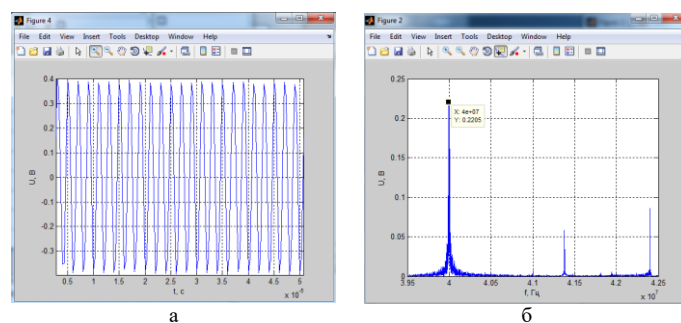


Рис. 4. Осциллограмма (а) и амплитудный спектр (б) сигнала типа «немодулированная несущая»

По осциллограмме с помощью маркеров, значение которых могут быть сохранены в рабочую область, определяется временные и амплитудные параметры. Например, период колебания, который по известной формуле $f=1/T$ может быть пересчитан в частоту сигнала.

По спектру с помощью маркера и встроенной возможности увеличения отдельных составляющих сигнала также определяется частотные параметры.

Измерения во временной и частотных областях фиксируются и сравниваются для формирования выводов о влиянии изменяемых параметров приемника на точность определения значений параметров исследуемых сигналов.

IV. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, разработанная лабораторная установка позволяет генерировать сигналы с различной структурой, наглядно демонстрировать результаты, осуществлять частные операции цифровой обработки сигналов для анализа их характеристик и оценивания влияния настроек программно-управляемого приемника на точность измерения отдельных параметров.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] Радиотехнические системы: Учеб. для вузов по спец. «Радиотехника» / Ю.П. Гришин, В.П. Ипатов, Ю.М. Казаринов и др., под ред. Ю.М. Казаринова. М.: Высш. Шк., 1990. 496 с.
- [2] Разработка программно-аппаратного комплекса для исследования временных и частотных характеристик радиосигналов различной структуры // Сиротин И.Н., Горисев А.А., Снопков Н.С. Сборник докладов 78-й научно-технической конференции Санкт-Петербургского НТО РЭС имени А.С. Попова, посвященной Дню радио. СПб: СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2023. С. 282–283.
- [3] ФГУП ГРЧЦ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: www.grfc.ru (дата обращения 10.11.2022).
- [4] Аппаратно-программный комплекс для исследования влияния помех с различной структурой на приемник сигналов с многопозиционной фазовой манипуляцией // Сиротин И.Н., Бочаров Е.В., Швагерус Н.В. Сборник докладов 76-й научно-технической конференции Санкт-Петербургского НТО РЭС имени А.С. Попова, посвященной Дню радио. СПб: СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2021. С.154–158.
- [5] Галкин В.А. Основы программно-конфигурируемого радио. М.: Горячая линия – Телеком, 2023. 372 с.