

Предисловие

Программно-конфигурируемое радио (Soft-Defined Radio – SDR) есть современная технология построения приемопередатчиков, в которых все или большинство функций физического уровня модели OSI-7 выполняются в программном виде, а функции, выполняемые аппаратно, оперативно модифицируются по требованиям рабочего стандарта связи. Оперативное программное управление высокочастотной аппаратурой и полностью программная обработка сигналов обеспечивают кардинальное повышение функциональных возможностей радиостанции: поддержка широкой полосы несущих частот, сигналов различной скорости и модуляции для различных стандартов связи. Технология SDR является ключевой в предполагаемом развитии радиооборудования, в частности когнитивном радио, которое включает в контур автоматического управления системой радиосвязи не только оборудование радиостанций, но и доступ к среде распространения радиоволн.

В настоящем учебном пособии рассматриваются принципы построения и аппаратная реализация высокочастотной части приемопередатчиков, которые удовлетворяют основным требованиям программно-конфигурируемого радио.

В первой главе рассматриваются общие требования к приемопередатчикам систем радиосвязи как устройств программно-конфигурируемого радио. Приводятся базовые функциональные схемы приемников и передатчиков, реализующих широкополосный режим работы с сигналами различной скорости и модуляции. Сравнительный анализ функциональных схем приемников и передатчиков основан на выполнении требований стандарта электромагнитной совместимости и параметрах современных микросхем.

Анализ принципиально нелинейных устройств, (усилитель, смеситель, модулятор/демодулятор) основан на полиномиальной модели, предназначенной для анализа во временной области стационарного режима нелинейных устройств «без памяти» в высокочастотном и baseband диапазонах. В высокочастотной области определяется амплитуда и комбинационные частоты сигналов, генерируемых на нелинейности устройства. В baseband-диапазоне модель определяет искажение информации в модулированном сигнале как следствие внесенной паразитной амплитудной АМ/АМ и угловой АМ/ФМ модуляции. Показаны источники нелинейных искажений и методы линеаризации усилителей,

в основном системные. Для устройств преобразования частоты (смесителя, модулятора, демодулятора) определены ожидаемый спектральный состав и вносимые искажения.

Раздел генераторов монохроматических колебаний в основном содержит анализ распределения шумов в спектре генератора на основе расширенной формулы Лисона.

Функционирование аналого-цифровых устройств, таких как ЦАП/АЦП, синтезатор частоты, система автоматического регулирования в приемнике и передатчике, показано в единой модели систем автоматического управления. На основе фундаментального уравнения САУ получены характеристики преобразователей и синтезатора частоты в частотной и временной области. Для стационарного режима определяется распределение шумов в спектре выходного сигнала, управление и стабилизация режима работы. Описание преобразователей и синтезатора частоты включает развернутое представление цифровой части, в частности, дробного делителя частоты, сигма-дельта модулятора. Отдельно рассмотрена работа синтезатора частоты с полностью цифровой петлей ФАПЧ. В разделе систем автоматического регулирования показан принцип работы базовых компонентов: логарифмического усилителя и детектора действительной мощности.

В заключительной главе кратко приведена концепция когнитивно-го радио (Cognitive Radio – CR). Показана аппаратная и алгоритмическая реализация ключевого компонента CR – анализатора занятости эфира для определения временно свободных/занятых участков спектра.

Современная аппаратура связи массового применения основана на использовании высокочастотных интегральных микросхем средней и высокой степени интеграции, а также многофункциональных процессоров. Поэтому каждое устройство (ЦАП/АЦП, синтезатор, модулятор/демодулятор, усилитель) рассматривается, прежде всего, как функционально законченный элемент (микросхема), реализация которого не является основной задачей разработчика радиоаппаратуры. Анализ компонентов приемопередатчика проводится, прежде всего, с системной точки зрения: принцип работы, функциональная схема, основные параметры, сопряжение с другими компонентами устройства. Важно понимание границ применимости микросхем, соотношения параметров микросхем, приведенных в технических условиях, и в условиях реальной эксплуатации.