

Министерство образования Республики Беларусь
Учреждение образования
Белорусский государственный университет
информатики и радиоэлектроники

УДК 621.391.037

Артемьев
Роман Дмитриевич

Сверхузкополосные системы передачи данных

АВТОРЕФЕРАТ

на соискание степени магистра технических наук

по специальности 1-39 80 02 «Радиотехника, в том числе системы и
устройства радионавигации, радиолокации и телевидения»

Научный руководитель:
Забеньков Игорь Иванович
Доктор технических наук, профессор

Минск 2019

ВВЕДЕНИЕ. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

В настоящее время, очень остро стоит задача обмена информацией, ее своевременной и достоверной передачи. Большинство разработок в этой области направлено на увеличение скорости передачи и повышению криптостойкости (технологии ZigBee, WiFi и т.д.) Однако, существует ряд применений, не требующих высокой скорости передачи данных (от единиц до сотни бод), для которых гораздо более важными параметрами являются дальность связи и достоверность приема. К таким применениям относятся задачи телеметрии, удаленного контроля и управления, охраны и т.д.

В нашей стране широко распространены системы охранной сигнализации, содержащие пульт централизованного наблюдения (ПЦН) и установленные на объектах наблюдения датчики, связанные через объектовые оконечные устройства и каналы связи с ПЦН.

Недостатками вышеуказанных систем являются сложность, высокая стоимость, обусловленные относительно высокой (единицы Ватт) мощностью излучения и самое главное, отсутствие возможности использования в нелицензируемом диапазоне частот. В условиях городской застройки мощностям равным десятки милливатт соответствуют дальности действия 50-200 м. Очевидно, что при таких значениях дальности действия радиосигнальной системы централизованная охрана становится невозможной.

Отслеживая логику развития систем беспроводной передачи данных последних лет, можно предположить, что появление альтернативного решения позволяющего решить поставленную задачу более эффективным путем. Это обусловлено всеобщей тенденцией к разработкам направленных на увеличение скорости передачи, снижение уровня энергопотребления, повышение криптостойкости канала связи, и т. д., и практически полному игнорированию низкоскоростных применений с обеспечением высокой дальности связи. Вопреки тому, что сфера применения подобного рода устройств довольно широка.

Основной задачей диссертационной работы является разработка сверхузкополосного низкоскоростного радиотракта при условии обеспечения требуемых электрических характеристик.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

В радиотракт беспроводного устройства входят все функциональные блоки между антенной и цифровой системой обработки сигнала основной частоты.

Основным назначением радиотракта является детектирование и обработка радиоволн, переданных на определенной частоте или в диапазоне частот и имеющих известный тип модуляции. Для детектирования радиоволн приемник должен быть настроен в резонанс с частотой или частотами передачи. Эти принятые сигналы фильтруются от ненужных сигналов и помех, а затем усиливаются. После усиления происходит процесс демодуляции, во время которого полезная информация извлекается из радиосигнала.

Благодаря успехам в разработке и производстве интегральных схем, некоторые традиционные задачи аналоговой обработки сигнала промежуточной частоты (ПЧ) могут быть решены с помощью цифровых схем. Так, например, фильтрация и преобразование частоты сигнала могут быть выполнены цифровыми фильтрами и цифровыми сигнальными процессорами (ЦСП).

В данной диссертационной работе объединены известные знания о современных сверхузкополосных низкоскоростных радиоприемных систем с использованием протокола LPWAN. Разработаны общая структурная схема радиотракта приемного и передающего устройства, ее основные элементы, описан принцип их действия. Детально рассмотрены узкополосные фильтры и термостабильные кварцевые усилители, были произведены расчеты требуемых параметров для элементов схемы.

При проектировании радиоприемных трактов стандартами не предъявляются строгие рекомендации для разработки схемы, что дает волю разработчикам использовать различные реализации.

В диссертации в результате выполнения исследований получены следующие результаты:

- выполнен анализ существующих систем беспроводной низкоскоростной сверхузкополосной передачи данных;
- произведен выбор и обоснование узкополосных функциональных элементов электрической схемы приемника и передатчика;
- разработаны структурные схемы узкополосных систем передачи данных;
- произведен расчет таких параметров системы передачи данных как дальность радиосвязи, чувствительности, допустимой нестабильности полосы пропускания;
- произведено моделирование узкополосного ЛЧМ сигнала под действием шумов.

Разработанные модели могут использоваться при проектировании радиоприемного оборудования, а также в учебном процессе.

БАЗОВЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ, ВЫНОСИМЫЕ НА ЗАЩИТУ

Во введении обосновывается актуальность выбранной темы, даётся краткая характеристика её разработанности, определяются объект и предмет исследования, цель и задачи, указана теоретико-методологическая основа, формулируются основные положения диссертации, выносимые на защиту.

Первая глава «Анализ современных технологий беспроводной сверхузкополосной передачи данных» включает в себя различные вариации существующих систем беспроводной передачи данных и их техническое обоснование и состоит из группы подразделов.

В подразделе 1.1 «Типы беспроводных систем передачи данных» вкратце рассматриваются существующие системы и протоколы беспроводной передачи данных. Приводятся основные требования к их реализации.

В подразделе 1.2 «Низкоскоростные сверхузкополосные технологии передачи данных» рассматриваются отечественные и зарубежные технологии для передачи информации в «Интернете вещей», такие как СТРИЖ, LoRaWAN, Sigfox, Weightless P, NB-IoT.

В каждой из частей подраздела приводятся изображения со структурой и топологией описываемых систем, описываются их электрические и технические характеристики.

В течение представления различных систем сравниваются методы достижения минимальной полосы пропускания, и предоставляются достоинства и недостатки той или иной системы.

Для представленных систем обосновывается достижение высоких значений параметров и характеристик приемопередатчика, а также экономическая выгода при их реализации.

В подразделе 1.3 «Сравнение сверхузкополосных низкоскоростных LPWAN систем» приводится таблица со сравнением технических характеристик LPWAN систем. Произведен анализ таблицы и выбрана оптимальная по техническим и экономическим характеристикам система для сверхузкополосной передачи данных

Вторая глава «Разработка и обоснование электрических структурной и функциональной схем приемника и передатчика для сверхузкополосной передачи данных» включает в себя разработку структурной и функциональной схем узкополосных приемника и передатчика. Представлены основные технические требования к разрабатываемой системе, исходя из ее назначения. На основе выбранных технических характеристик производится выбор элементов электрической схемы

Третья глава «Расчет электрических характеристик приемника и передатчика» включает в себя расчет основных электрических характеристик узкополосного приемника и передатчика в соответствии с подразделом 2.1. произведен

расчет таких параметров как: дальность радиосвязи, чувствительность приемника, расчет допустимой нестабильности полосы частот, выражена зависимость коэффициента шума и чувствительности.

В главе 4 «Обоснование и выбор узкополосных элементов электрической схемы приемника и передатчика» выбирается части радиоприемного тракта, отвечающих за ширину полосы сигнала. В данном подразделе рассматриваются такие элементы как узкополосные фильтры и опорные генераторы. Рассмотрены различные виды фильтров и опорных генераторов, произведен анализ и подведен итог, в котором принимается решение использовать кварцевые опорные генераторы и керамические узкополосные фильтры, т.к. такие типы фильтров и опорных генераторов обладают максимальной стабильностью в заданной в соответствии с подразделом 2.1 полосе частот.

В главе 5 производится анализ узкополосного ЛЧМ сигнала, который используется в описанной ранее системе LoRa. Произведено моделирование такого сигнала и его спектра. Произведено моделирование узкополосного ЛЧМ сигнала под действием аддитивного белого Гауссовского шума с его последующим детектированием.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной диссертационной работе объединены известные знания о современных сверхузкополосных низкоскоростных радиоприемных системах с использованием протокола LPWAN. Разработаны общая структурная схема радиотракта приемного и передающего устройства, ее основные элементы, описан принцип их действия. Детально рассмотрены узкополосные фильтры и термостабильные кварцевые генераторы, были произведены расчеты требуемых параметров для элементов схемы. Произведено моделирование в системе Matlab ЛЧМ сигнала под действием аддитивного Гауссовского белого шума с последующим детектированием

При проектировании радиоприемных трактов стандартами не предъявляются строгие рекомендации для разработки схемы, что дает волю разработчикам использовать различные реализации.

Разработанные модели могут использоваться при проектировании радиоприемного оборудования, а также в учебном процессе.

СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ

Неконтактные датчики летательных устройств с инициализацией на заданной высоте. 55-я научная конференция аспирантов, магистрантов и студентов БГУИР, 2019