

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

УДК \_\_\_\_\_

Архипенков  
Дмитрий Владимирович

Сверхширокополосные радиосистемы 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 2018

## ВВЕДЕНИЕ

Интерес к созданию систем передачи информации с сверхширокополосным (СШП) сигналами обусловлен рядом преимуществ, которыми они обладают по сравнению с существующими системами связи. Их основным преимуществами являются скрытность и устойчивость к подавлению. Приемники обычных радиосистем воспринимают СШП сигнал как случайные помехи, которые к тому же нередко оказываются и по амплитуде полностью скрыты в естественных шумах. Различные сверхширокополосные системы используют разные алгоритмы построения кодирующих псевдослучайных последовательностей, общее число которых, в принципе весьма велико. Поэтому случайные совпадения кодов у разных систем практически исключены, а целенаправленный подбор кода представляет собой весьма сложную задачу. Даже если принцип обнаружения СШП передачи будет известен, трудно будет выполнить систему подавления из-за широкой полосы рабочих частот.

Характерной особенностью, присущей системам связи на основе сверхширокополосного сигнала, является высокая электромагнитная совместимость с существующими системами связи. Малые уровни сигналов, использование кодирования и шумоподобная структура СШП систем практически не создает помех для других устройств, что позволяет в большинстве случаев работать на безлицензионной основе. Также для данных систем характерна оперативность перестройки по частоте.

Еще одним преимуществом данной системы по сравнению с обычными узкополосными является их слабая чувствительность к искажениям в условиях многолучевого распространения радиоволн. Данный эффект, обусловленный поступлением на приемную антенну как прямого сигнала от передатчика, так и сигналов, отразившихся от окружающих предметов, является одним из важнейших факторов, ухудшающих условия радиоприема в любых системах. Образование искажений в таких каналах связано с наложением одного сигнала на другой с примерно равной амплитудой, но отличающегося по фазе. В результате происходит частичное или полное подавление одного луча другим. В настоящее время ни одна из традиционных технологий не способна бороться с отраженными сигналами, имеющими задержку в единицы наносекунд.

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

*Цель данной работы:* разработка оптимального с точки зрения оперативности перестройки радиоприемного тракта с сверхширокополосным преселектором.

*Задачи исследования:* анализ методов формирования и приема сверхширокополосного сигнала. Оптимизацию коэффициента шума, увеличение динамического диапазона по  $IP_3$ , влияние частоты дискретизации и разрядности на коэффициент шум АЦП.

*Объект исследования:* методы формирования сверхширокополосных сигналов, сверхширокополосные системы передачи и извлечения информации.

*Предмет исследования:* радиоприемный тракт с сверхширокополосным преселектором.

Личный вклад автора выражен в самостоятельном исследовании:

- анализ широкополосных видов модуляции и современных широкополосных систем передачи и приема информации;
- сравнительный анализ существующих сверхширокополосных систем извлечения информации, используемых в пеленгации и радиолокации.

Результатом произведенного анализа, расчетов и оптимизации явилась разработка эскизного проекта радиоприемного тракта с сверхширокополосным преселектором включающего:

- обобщенную структуру радиоприемного тракта с сверхширокополосным преселектором;
- выбор элементной базы функциональной схемы на основе *МММС*;
- расчет частотного плана функциональной схемы с возможностью оперативной перестройки;
- расчет системных параметров приемного тракта;
- методику увеличения динамического диапазона по  $IP_3$ ;
- оптимизацию системных параметров на основе выбора структур нескольких преселекторов приемного тракта и элементной базы;
- выведена зависимость коэффициента шума АЦП от разрядности и частоты дискретизации.

Значимость результатов диссертации состоит в увеличении полосы анализа широкополосных сигналов, методики увеличения динамического диапазона по  $IP$ , скорости перестройки по частоте.

Материалы диссертации выкладывались в тезисном виде на 54-й научной конференции аспирантов, магистрантов и студентов БГУИР.

## КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

В введении показано, в чем заключается преимущество использования сверхширокополосного сигнала.

Характерной особенностью, присущей системам связи на основе сверхширокополосного сигнала, является высокая электромагнитная совместимость с существующими системами связи. Малые уровни сигналов, использование кодирования и шумоподобная структура СШП систем практически не создает помех для других устройств, что позволяет в большинстве случаев работать на безлицензионной основе.

В главе 1 описываются современные широкополосные системы передачи и извлечения информации. Рассмотрен телевизионный стандарт *DVB*, как способ формирования и приема данного сигнала. Рассмотрена широкополосная технология *Wi-Fi* на основе различных стандартов и способы увеличения скорости передачи в зависимости от используемых видов модуляции. Рассмотрена широкополосная система *WiMAX* на основе различных стандартов и способы увеличения скорости передачи в зависимости от используемых видов модуляции.

В главе 2 описываются виды широкополосных сигналов: широкополосная частотная модуляция, линейно-частотная модуляция, *OFDM*. Для каждой модуляции рассмотрены методы формирования сигнала. Для *OFDM* рассмотрены достоинства и недостатки, а также рассмотрена *OFDM* с *IOTA* фильтром, который повышает пропускную способность сигналов с *OFDM* модуляцией. На основе первой и второй главы представлена постановка задачи.

В главе 3 приведены технические характеристики современных систем извлечения информации, перекрывающие различные диапазоны частот, в качестве обзора рассмотрим некоторые из них, используемые в пеленгации и радиолокации.

В главе 4 представлена разработанная сверхширокополосная система извлечения информации с техническими характеристиками приемного устройства. Результатом произведенного анализа, расчетов и оптимизации явилась разработка эскизного проекта радиоприемного тракта с сверхширокополосным преселектором включающего:

- обобщенную структуру радиоприемного тракта с сверхширокополосным преселектором;
- выбор элементной базы функциональной схемы на основе *ММС*;
- расчет частотного плана функциональной схемы с возможностью оперативной перестройки;
- расчет системных параметров приемного тракта;
- методика увеличения динамического диапазона по *IP3*;

– оптимизацию системных параметров на основе выбора структур нескольких преселекторов приемного тракта и элементной базы.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результатом проведенного исследования широкополосных сигналов и современных систем передачи и приема информации явилась разработка приемного тракта на основе инфрадиной структуры с сверхширокополосным преселектором, работающим в частотном диапазоне 1..18 ГГц, включающего:

- обобщенную структуру радиоприемного тракта с сверхширокополосным преселектором;
- выбор элементной базы функциональной схемы на основе *ММІС*;
- расчет частотного плана функциональной схемы с возможностью оперативной перестройки;
- расчет системных параметров приемного тракта;
- методика увеличения динамического диапазона по *ІРЗ*;
- оптимизацию системных параметров на основе выбора структур нескольких преселекторов приемного тракта и элементной базы.

В исследованиях было установлено, что основной вклад в коэффициент шума приемного устройства вносят первые каскады, для уменьшения коэффициента шума был предложен метод построения широкополосного приемного тракта, который начинается с малошумящего усилителя с повышенными параметрами нелинейной избирательности (*OP1* и *OIP3*). В результате расчетов коэффициент шума приемного устройства был уменьшен на 2 дБ.

При исследовании коэффициента шума АЦП было установлено, что при увеличении в 6 раз частоты дискретизации коэффициент шума уменьшается примерно на 8 дБ, а при уменьшении разрядности АЦП на 2 бита коэффициент шума увеличивается на 12 дБ.

## СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ

[1-А.] Архипенков Д.В. Радиосистема передачи сверхкороткого импульса синхронизации оптико-электронного комплекса наведения. // Д.В. Архипенков, И.И. Забеньков. // 52-я научная конференция аспирантов, магистрантов и студентов БГУИР.

[2-А.] Забеньков, И.И. Архипенков, Д.В. Применение сверхширокополосных систем передачи данных для мониторинга природных и техногенных объектов. // И.И. Забеньков, Д.В. Архипенков // Минск, Доклады БГУИР. –2018. – №1(111)– С.99-102.