

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

УДК \_\_\_\_\_

Лапицкий  
Павел Александрович

Методы формирования радиосигналов с многопозиционной модуляцией

**АВТОРЕФЕРАТ**

на соискание степени магистра технических наук

по специальности 1-45 80 01 «Системы, сети и устройства  
телекоммуникаций»

---

Научный руководитель:  
Тарченко Надежда Владимировна  
к.т.н., доцент

---

Минск 2016

## ВВЕДЕНИЕ. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Актуальность использования многопозиционных сигналов в системах передачи информации обусловлена, в первую очередь, развитием современных средств телекоммуникаций и, в связи с этим, предъявляемым к ним повышенным требованиям как по качеству связи, так и по скорости передачи информации при заданной полосе частот и энергии передатчика.

В канале с ограниченной полосой частот при заданной мощности передатчика единственным возможным способом повышения скорости передачи информации с сохранением приемлемого качества при некоторых энергетических затратах является использование многопозиционных видов модуляции, не требующих расширения полосы частот, в сочетании с помехоустойчивым кодированием. С другой стороны, если существуют ограничения на мощность передатчика, а полоса частот достаточно широкая, то достичь более высоких скоростей передачи информации с требуемым качеством можно, но при использовании многопозиционной частотной модуляции и помехоустойчивого кодирования. С третьей стороны, современные методы многопозиционной модуляции в соответствии с теоремой Шеннона могут рассматриваться и как способ кодирования данных сообщений в символы канала.

Целью магистерской диссертации является анализ методов формирования радиосигналов с многопозиционной модуляцией. На основании данной цели при написании работы определены следующие задачи:

- а) рассмотрение особенностей наиболее популярных способов многопозиционной цифровой модуляции;
- б) на основании патентного поиска рассмотрение вариантов структурного построений многопозиционного модулятора на примере QAM;
- в) реализация модулятора QAM с режимами работы QAM – 16 ... QAM – 1024

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Для развития человеческого общества необходимы материальные, инструментальные, энергетические и другие ресурсы, в том числе информационные. Настоящее время характеризуется небывалым ростом объема информационных потоков. Это относится практически к любой сфере деятельности человека. Наибольший рост объема информации наблюдается в промышленности, торговле, финансово-банковской и образовательной сферах. Например, в промышленности рост объема информации обусловлен увеличением объема производства, усложнением выпускаемой продукции, используемых материалов, технологического оборудования, расширением внешних и внутренних связей экономических объектов в результате концентрации и специализации производства.

Информация представляет собой один из основных, решающих факторов, который определяет развитие технологии и ресурсов в целом. С развитием технологии большую популярность приобретают цифровые системы передачи, а вместе с ними, как шлейф, тянутся и ряд трудностей. К самым значительным из них можно отнести: широкий спектр сигнала, подверженность помехам. Для решения этих задач и применяется кодирование и многопозиционная цифровая модуляция. Учитывая роль многопозиционной цифровой модуляции и основные тенденции развития средств связи в диссертационной работе предлагается 1 из многих подходов применяемый при построении любого типа многопозиционных модуляторов.

Так в качестве основных этапов для подхода выделим следующие:

1. Выбор типа модуляции и определение правил построения констелляционного созвездия.
2. Определение структурной схемы конечного модулятора. Для этого определяются промежутки схемы, на каких осуществляется обработка сигнала в аналоговом, а на каких в цифровом виде.
3. Построение основных функциональных блоков, с последующим делением их на субблоки.
4. Объединение функциональных блоков и субблоков в единую функциональную схему.
5. Реализация функциональной схемы.

В диссертационной работе предлагается реализация устройства на основе ПЛИС. Листинг кода представлен в приложении.

## КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

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.

В первом разделе «Основы цифровой модуляции» представлено описание основных популярных видов цифровой манипуляции.

В подразделе 1.1 «Классификация цифровых видов модуляции» проводится аналогия цифровых и аналоговых способов преобразования сигнала. Приводятся общие характеристики спектров .

В подразделе 1.2 «Ключевые подходы при построении многопозиционных модуляторов» показаны 2 способа математического представления многопозиционного сигнала и сложности, возникающие при их реализации.

В подразделе 1.3 «Многопозиционные форматы модуляции» рассматриваются основные форматы модуляции, описываются способы формирования созвездий, для каждого варианта. Здесь проводятся причинно-следственные связи по следующему принципу: проблема – способ решения. Такой подход позволяет увидеть «реальную картину» процесс развития цифровых модуляторов.

Подраздел 1.4 «Помехоустойчивость QAM модуляций» введен, для углубления в основы помехозащищенности QAM, так как в практической части диссертационной работы будет произведена разработка такого модулятора.

В подразделе 1.5 «Многочастотный способ модуляции» приводится пример модуляции, принцип работы которой заключается в интеллектуальном выборе рабочей частоты при передаче в ограниченном пространстве.

Второй раздел «Структуры QAM-модуляторов» предлагает рассмотреть варианты построения многопозиционных модуляторов. Данные способы могут быть применены для любого типа многопозиционных модуляций, так как основаны на способах математического формирования сигнала

Третий раздел «Разработка структуры модулятора на основе стандарта EN 300429» предлагает анализ сигнального созвездия, определение основных функциональных блоков, описание их назначения и проработку их структуры.

Подраздел 3.1 «Анализ правил формирования созвездия QAM для системы DVB-C» описывает правила формирования сигнальных точек созвездия и специфические особенности созвездия, описанного в стандарте EN 300429 по сравнению с другими системами.

В подразделе 3.2 «Разработка структурной схемы QAM-модулятора» представлена схема QAM-модулятора, на основании квадратурного представления сигналов. Данная схема в последующем используется для составления функциональной схемы оконечного модулирующего устройства.

В подразделе 3.3 «Блок предварительной обработки транспортного потока» внимание при разработке уделяется процессу разбиения входного транспортного потока и последующего формирования синфазной и квадратурной составляющей.

Подразделы 3.4 «Блок выбора рабочей четверти», 3.5 «Блок формирования», 3.6. «Блок преобразования кода», 3.7. «Каскад мультиплексоров/демуплексоров», 3.8. «Блок формирования контура», 3.9. «Компаратор для сравнения на больше», 3.10 «Сумматор» являются логическим путем решения проблем, поставленных в подразделе 3.3. А также в них описаны ключевые элементы, эффективность работы которых определяет успех реализации готового изделия

В подразделах 3.11 «Функциональная схема реверсивного счетчика», 3.12 «Функциональная схема генератора отсчетов синуса», 3.13 «Функциональная схема усилителя с переменным коэффициентом усиления» описывается последовательность формирования генератора синус/косинуса и смесителя. В конце подраздела 3.13 показаны сигналы на границе перехода символов.

В подразделе 3.14 «Оконечный сумматор» описан блок, осуществляющий суммирование сигналов с выходов соответствующих смесителей.

В подразделе 3.15 «Блок нормировки» сформулированы правила нормирования сигналов, для различных режимов QAM от 16 до 1024. В конце подраздела

3.15 показан сигнал, поступающий на вход ЦАП, доказывающий работоспособность разработанной схемы.

Приложение А является листингом кода всего устройства, написанное на языке VHDL в среде Active-HDL.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В процессе написания магистерской диссертации получены результаты, которые можно свести к следующему.

Представлен обзор многопозиционных способов цифровой модуляции. Из разнообразия способов следует вывод об актуальности проведения исследований в данной области. На основании патентного поиска рассмотрены варианты построения модуляторов QAM и в качестве примера приведен один из подходов при построении модулятора QAM для специфического констелляционного созвездия системы DVB-S на основании стандарта EN 300 429.

Благодаря правильной последовательности действий было получено четкое видение будущего устройства, что значительно упростило стадию разработки функциональных схем основных структурных блоков.

Для доказательства работоспособности подхода было произведено моделирование устройства в среде Active – HDL. Данная среда активно применяется для программирования ПЛИС.

## СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ

Таблица А.1 – Участие автора в научных конференциях

Дата	Название конференции	Тема выступления
26 апреля 2016	52-ая научно-техническая конференция аспирантов, магистрантов и студентов БГУИР	Методы формирования радиосигналов с многопозиционной модуляцией