

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

УДК 621.376:519.6(043)

Рыжков  
Степан Андреевич

Моделирование сигналов цифровой амплитудной модуляции

**АВТОРЕФЕРАТ**

на соискание степени магистра технических наук

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

---

Научный руководитель:  
Ильинков Валерий Андреевич  
кандидат технических наук, старший  
научный сотрудник, доцент

---

Минск 2017

## ВВЕДЕНИЕ. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Конец XX века, начало XXI ознаменовались для телекоммуникаций интенсивным переходом на цифровые методы передачи данных, с использованием высокоэффективных способов модуляции, применением помехоустойчивого кодирования. Цифровые методы увеличили интерактивность предоставляемых услуг, позволили передавать большее количество информации, уменьшить мощности передатчиков и сделали возможным процесс конвергенции телекоммуникационных сетей.

Системы телекоммуникаций (СТК) характеризуются совокупностью существенных признаков.

1. Наиболее динамично развивающаяся область науки и техники, следствием чего является быстрое увеличение объёма информации и малое время жизни производимых моделей.

2. Многообразие систем и устройств различного функционального назначения.

3. Совместное использование широкополосных и узкополосных сигналов.

4. Широкий диапазон применяемых в СТК рабочих частот.

5. Многообразие методов и устройств формирования, передачи, распределения, приема и обработки сигналов.

6. Многообразие приемов схемотехнической реализации используемых в СТК преобразований сигналов.

7. Широкое использование последних достижений информатики, радио и информатики, радио и микроэлектроники, включая использование микропроцессоров и цифровой обработки сигналов.

8. Сложность и большое число преобразований сигналов и, как следствие, ориентация на применение больших и сверхбольших интегральных схем.

9. Высокие требования к параметрам качества систем и устройств телекоммуникаций.

При проектировании систем передачи данных, в том числе телевизионных, наиболее перспективным является метод математического моделирования. Он обеспечивает существенную интенсификацию процессов разработки, позволяет решать задачи нереализуемые другими методами. Многократно снижает экономические, интеллектуальные и временные затраты на разработку.

В СТК методы модуляции играют весьма значительную роль. Помимо своей основной функции – преобразование символ – сигнал – процесс модуляции является составной частью общего процесса согласования сигнала с характеристиками канала. Современные методы многопозиционной модуляции в полном соответствии с теоремой Шеннона могут рассматриваться и как способ кодирования данных сообщений в символы канала.

Целью диссертации будет разработка математических моделей преобразований при формировании сигналов цифровой амплитудной модуляции и разработка на их основе программы математического моделирования.

Для достижения поставленной цели будут использованы методы теории комплексного переменного, теории цепей и сигналов, частотные и временные методы анализа сигналов и звеньев систем телекоммуникаций, математическое моделирование.

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Телекоммуникации являются наиболее динамичной областью науки и техники, которая, в частности, характеризуется использованием современных методов формирования, модуляции и передачи сигналов, все большим расширением функциональных возможностей и уменьшением времени жизни производимых моделей телекоммуникационной техники. С учетом сформировавшихся тенденций развития, основным методом исследования, проектирования и разработки систем телекоммуникаций (СТК) является математическое моделирование.

Известные программы математического моделирования сигналов цифровой модуляции (общего и специального назначения) обладают рядом существенных недостатков, не позволяющих полноценно применять их в научных исследованиях и учебном процессе. Поэтому весьма актуально создание программы математического моделирования основных функциональных преобразований при формировании сигналов цифровой модуляции, которые весьма широко применяются в современных СТК.

В диссертационной работе произведен сравнительный анализ видов цифровой угловой и цифровой амплитудной модуляции сигналов, сравнительный анализ методов и программ математического моделирования сигналов в системах телекоммуникаций. Разработаны математические модели основных функциональных преобразований при формировании сигналов цифровой амплитудной модуляции.

Разработаны схема программы-оболочки и схемы всех программ-процедур, в соответствии с которыми разработана сама моделирующая программа (в системе программирования C#). Выполнено математическое моделирование сигналов цифровой амплитудной модуляции при конкретных значениях параметров.

В диссертационной работе ставятся и решаются следующие задачи:

- сравнительный анализ видов модуляции сигналов в системах телекоммуникаций;
- сравнительный анализ программ и методов математического моделирования сигналов в системах телекоммуникаций;
- разработка математических моделей основных преобразований сигнала-

лов при формировании цифровой амплитудной модуляции;

– разработка схемы программы-оболочки и схемы всех программ процедур;

– разработка программы моделирования основных функциональных преобразование при формировании сигналов цифровой амплитудной модуляции.

## 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 «Сравнительный анализ видов модуляции сигналов в системах телекоммуникаций» включает в себя сравнительный анализ различных видов цифровой амплитудной и угловой модуляции.

Раздел 1.1 «Сравнительный анализ видов угловой модуляции» состоит из двух подразделов «Цифровая частотная модуляция» и «Цифровая фазовая модуляция». Каждый из подразделов содержит теоретическую основу, перечисление основных недостатков и преимуществ каждого из видов.

В разделе 1.2 «Цифровая амплитудная модуляция» рассматривается цифровая амплитудная модуляция, дается теоретическая основа, перечисляются основные преимущества и недостатки данного вида модуляции.

В разделе 1.3 «Квадратурная амплитудная модуляция» рассматривается квадратурная амплитудная модуляция, дается теоретическая основа, перечисляются основные преимущества и недостатки данного вида модуляции.

Вторая глава «Сравнительный анализ методов и программ математического моделирования сигналов систем телекоммуникаций» включает в себя сравнительный анализ методов и программ математического моделирования сигналов систем телекоммуникаций.

В разделе 2.1 «Сравнительный анализ методов математического моделирования» дается теоретическая основа, перечисляются основные преимущества и недостатки и недостатки каждого из методов.

В разделе 2.2 «Сравнительный анализ программ математического сигналов систем телекоммуникаций» дается общее описание, описание интерфейса, перечисление основных модулей, основных недостатков и преимуществ, а также приводятся системные требования каждой из рассмотренных программ.

Третья глава «Разработка математических моделей основных преобразований при формировании сигналов цифровой амплитудной модуляции» включает в себя разработку и описание математических моделей основных преобразований при формировании сигналов цифровой амплитудной модуляции.

В четвертой главе разработаны и приведены схема программа-оболочки и схемы всех программ-процедур.

В пятой главе дается краткое техническое описание разработанной моделирующей программы, дается описание её интерфейса и приводятся системные требования.

В шестой главе проводится моделирование сигналов цифровой амплитудной модуляции во временной области с помощью разработанной программы. Результаты расчетов совпали с ожидаемыми, что позволяет назвать разработанные математические модели адекватными.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной магистерской был проведен сравнительный анализ видов цифровой угловой и цифровой амплитудной модуляции сигналов, сравнительный анализ методов и программ математического моделирования сигналов в системах телекоммуникаций. Разработаны математические модели основных функциональных преобразований при формировании сигналов цифровой амплитудной модуляции, обеспечивающие программно-аппаратную реализацию многофункционального цифрового амплитудного модулятора.

Разработаны схема программы-оболочки и схемы всех программ-процедур, в соответствии с которыми разработана сама моделирующая программа (в системе программирования C#). Выполнено математическое моделирование сигналов цифровой амплитудной модуляции при конкретных значениях параметров.

Разработанная программа пригодная для самостоятельного применения и в составе пакета программ моделирования систем телекоммуникаций в целом. Программа может быть использована как в научно-исследовательской деятельности, так и в обучении.

## СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ

[А-1] Рыжков, С.А. Моделирование функциональных преобразований при формировании сигналов цифровой амплитудной модуляции / С.А. Рыжков // 53-ая научная конференция аспирантов, магистрантов и студентов БГУИР, 2-6 мая 2017 г., г.Минск. – Минск.: УО БГУИР, 2017.