

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

УДК 621.396.9

Нгуен
Куок Дай

Синтез и анализ ансамбля шумоподобных сигналов с фазовой манипуляцией

АВТОРЕФЕРАТ

на соискание степени магистра
по специальности 1-39 80 01 «Радиосистемы и радиотехнологии»

Научный руководитель
КАРПУШКИН Эдуард Михайлович
Доцент кафедры ИРТ БГУИР
Кандидат технических наук, доцент

Минск 2023

ВВЕДЕНИЕ

В современных радиосистемах передачи информации всё большей акцент делается на широкополосные радиосистемы (ШПРС). ШПРС позволяет существенно улучшить такие показатели качества как помехозащищенность, скрытность действия возможность борьбы с многолучевостью и замираниями, возможность работы в одной и той же полосе частот множеству других радиосистем в том числе и узкополосных.

Одним из наиболее распространенных типов сигналов, используемых в ШПРС, являются шумоподобные сигналы. Шумоподобные сигналы - это тип сигналов, которые имеют структуру, похожую на случайный шум. Они обладают следующими основными характеристиками: широкий спектр, низкая спектральная плотность, высокая помехозащищенность, скрытность действия, возможность обнаружения.

В данной диссертации рассматриваются основы синтеза и анализа нового ансамбля шумоподобных сигналов с фазовой манипуляцией, даны их основные принципы формирования и анализа шумоподобных сигналов с ФМн. Разработан алгоритм формирования ансамбля ортогональных шумоподобных сигналов с ФМн на основе метода, использующего ортогональность и дополненность базисных функций. Проведен анализ корреляционно-спектральных характеристик ансамбля сигналов, полученных в результате применения разработанного алгоритма.

В работе использованы методы теории сигналов и обработки данных, включая анализ спектральных характеристик сигналов, а также методы математического моделирования и численного анализа.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования

На современном этапе получили активное развитие широкополосные системы передачи цифровой информации, которые существенно улучшают такие качественные показатели систем связи как помехоустойчивость, помехозащищенность, скрытность действия, эффективную борьбу с замираниями и многолучевостью, возможность работы в одной и той-же полосе частот множеству радиосистем различного назначения и другие. Это достигается при использовании ансамбля ортогональных шумоподобных сигналов. Отсюда вытекает актуальность разработки алгоритмов и способов формирования таких сигналов с заданными характеристиками. Синтез и анализ характеристик таких сигналов и позволяет оценить потенциальные возможности радиосистемы, использующей такие сигналы.

Цель работы

Применительно к радиосистемам передачи цифровой информации предложить новый алгоритм формирования ансамбля ортогональных шумоподобных сигналов с фазовой манипуляцией (ФМн) и провести анализ их корреляционно-спектральных характеристик.

Задачи исследования

1. Предложить основные направления обеспечивающие шумоподобность сигналов.
2. Предложить основные направления обеспечивающие взаимную ортогональность сигналов в ансамбле.

Объект исследования

Объект исследования – шумоподобные сигналы с ФМн в широкополосных радиосистемах передачи информации.

Предмет исследования

Ансамбли информационных сигналов с заданными корреляционно-спектральными характеристиками.

Текст обоснования

В современных радиосистемах передачи информации используются шумоподобные сигналы. Предпочтение отдают шумоподобным сигналам, обеспечивающих минимальный уровень корреляционных шумов. Основные достоинства таких систем: высокие помехоустойчивость и помехозащищенность, эффективное использование выделения полосы частот, скрытность действия (энергетическая и структурная), возможность борьбы с замираниями и многолучевостью и др. Отсюда вытекает актуальность формирования ансамбля шумоподобных сигналов с заданными корреляционно-спектральными характеристиками. В данной работе рассматриваются алгоритмы и спектрально-корреляционные характеристики шумоподобных сигналов с ФМн.

Область исследования

Содержание диссертационной работы соответствует образовательному стандарту высшего образования второй ступени (магистратуры) специальности 1-39 80 01 «Радиосистемы и радиотехнологии».

Научная новизна

- даны алгоритмы формирования ансамбля шумоподобных сигналов с фазовой манипуляцией;
- даны числовые характеристики достоинства и недостатки объекта исследования.

Основные положения диссертации, выносимые на защиту

- обзор литературы по широкополосным системам;
- синтез алгоритм формирования ансамбля шумоподобных сигналов с фазовой манипуляцией;
- анализ корреляционных характеристик широкополосных сигналов;
- анализ спектральных характеристик широкополосных сигналов.

Апробация диссертации и информации об использовании ее результатов

Результаты исследований, вошедшие в диссертацию, докладывались и обсуждались на 58-й и 59-й научных конференциях студентов, магистрантов и аспирантов БГУИР.

Публикации

Основные положения работы и результаты диссертации изложены в 3 опубликованных работах, представленных в материалах международных научно-практических и научно-технических конференций. Общий объем публикаций 11 страниц.

Структура и объем работы.

Диссертация состоит из введения, общей характеристики работы, четыре раздела, заключения, библиографического списка и приложений.

В первом раздел рассматриваются обзор литературы по широкополосным системам.

Во втором раздел проведен синтез алгоритмов формирования ансамбля ортогональных шумоподобных сигналов с фазовой манипуляцией.

В третьем раздел проведен анализ корреляционных характеристик широкополосных сигналов.

В четвертом раздел проведен анализ спектральных характеристик широкополосных сигналов.

Общий объем диссертационной работы составляет 76 страниц. Из них 45 страниц основного текста, 37 иллюстраций, 2 таблицы, библиографический список из 35 наименований, список собственных публикаций соискателя из 3 наименований, 2 приложений.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во **введении** рассмотрены краткие характеристики широкополосных радиосистем и шумоподобных сигналов (ШПРС). ШПРС позволяет существенно улучшить такие показатели качества как помехозащищенность, скрытность действия возможность борьбы с многолучевостью и замираниями, возможность работы в одной и той же полосе частот множеству других радиосистем в том числе и узкополосных. Шумоподобные сигналы - это тип сигналов, которые имеют структуру, похожую на случайный шум. Они обладают следующими основными характеристиками: широкий спектр, низкая спектральная плотность, высокая помехозащищенность, скрытность действия, возможность обнаружения.

В первом разделе рассматривается обзор литературы по широкополосным системам, который включает широкополосные системы связи (ШСС), помехоустойчивость ШСС, скрытность системы связи, эффективность использования отведенной полосы частот, борьба с многолучевостью и электромагнитная совместимость. На рисунке 1 приведена структурная схема ШПРС:

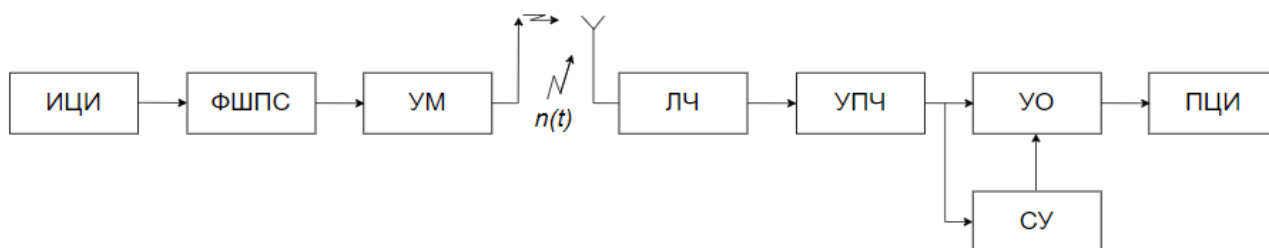


Рисунок 1 – Обобщенная структурная схема ШПРС

Во втором разделе рассматривается синтез алгоритмов формирования ансамбля шумоподобных сигналов с ФМн, который включает шумоподобные сигналы с дискретной фазовой, М-последовательности, четверично-кодированные последовательности, структурная схема формирователя ШПС с ФМн и компьютерное моделирование генератора ЧКП. На рисунке 2 приведена структурная схема формирователя ПС-сигнала с ФМн:

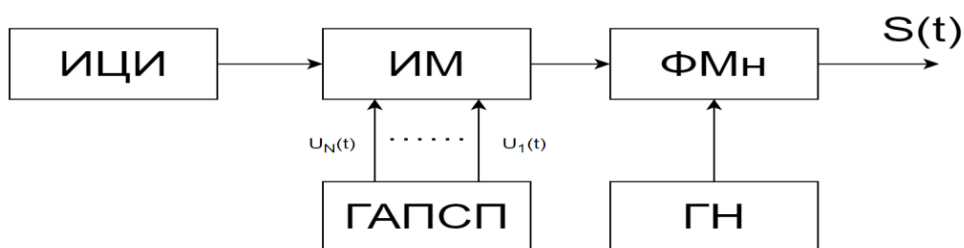


Рисунок 2 – Структурная схема формирователя ПС-сигнала с ФМн

В третьем разделе проведен анализ корреляционной характеристики ШПС с ФМн, который включает корреляционная функция сигнала и результаты компьютерного моделирования для АКФ и ВКФ сигналов. Приведенные на следующих рисунках формы одиночных и периодических АКФ ЧКП вычислена при $N=16$ в среде Симулинке:

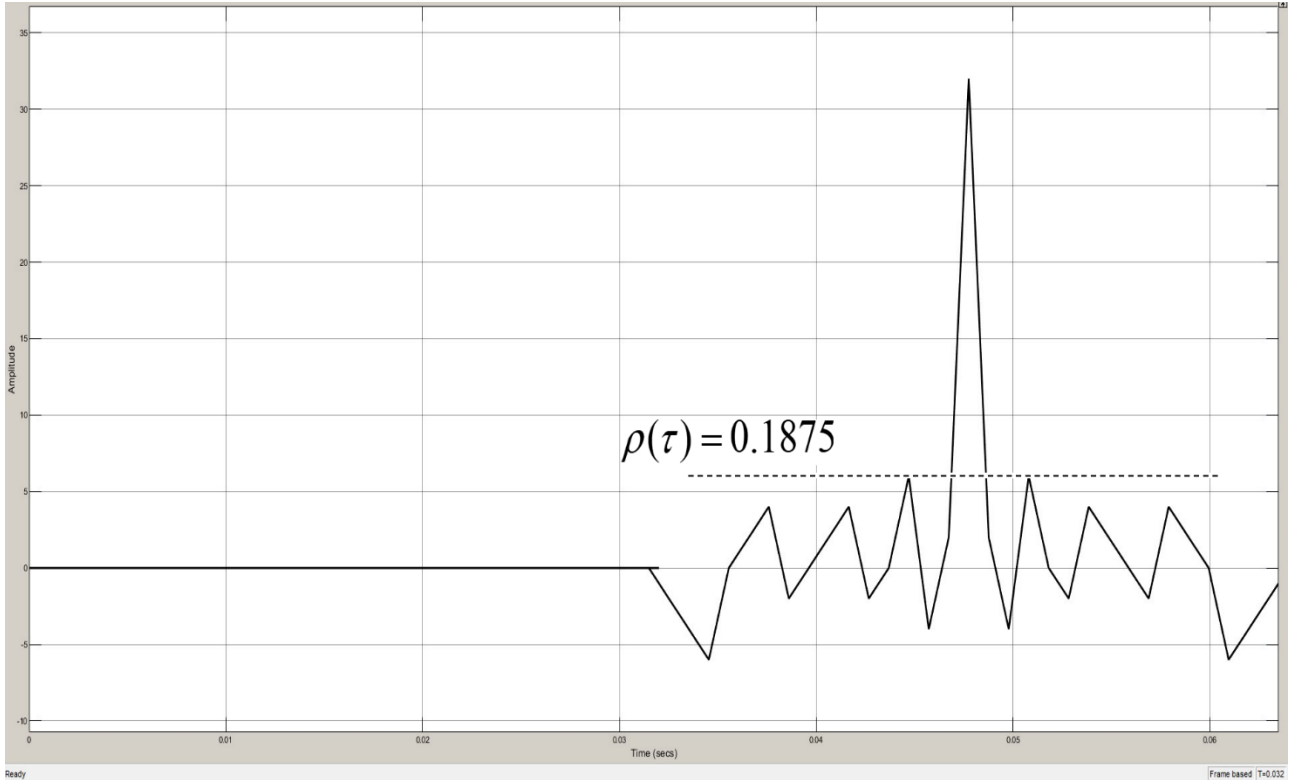


Рисунок 3 – Одиночная АКФ ЧКП A_0^4

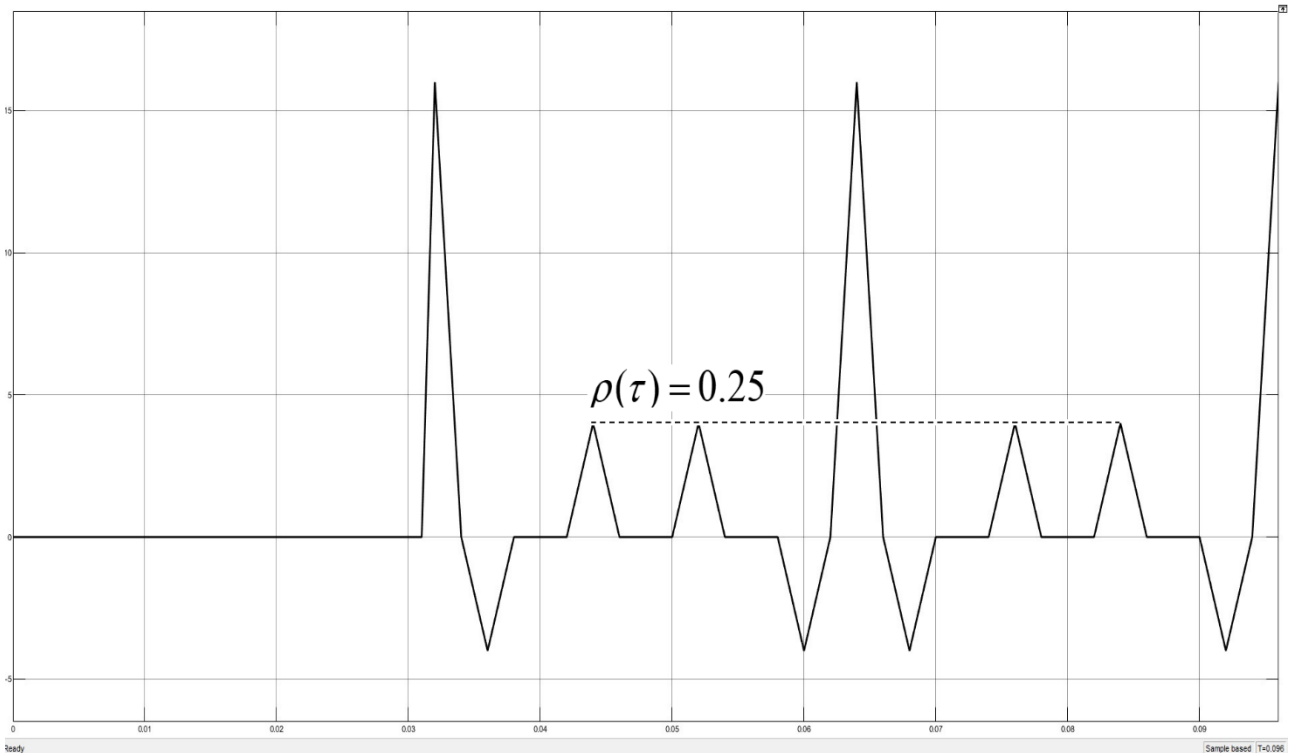


Рисунок 4 – Периодическая АКФ ЧКП A_0^4

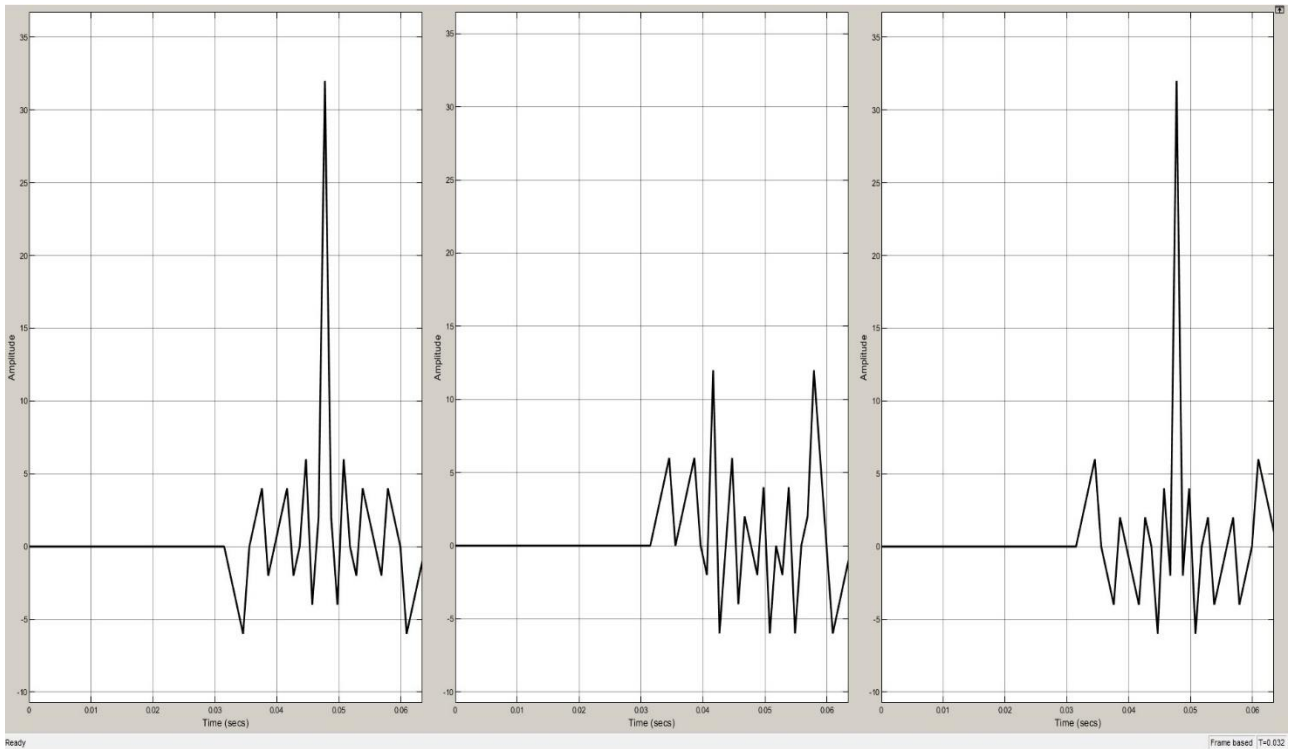


Рисунок 5 – ВКФ ЧКП $A_0^4 * A_1^4$

В четвертом разделе проведен анализ спектральных характеристик ШПС с ФМн, который включает энергетический спектр и результаты компьютерного моделирования.

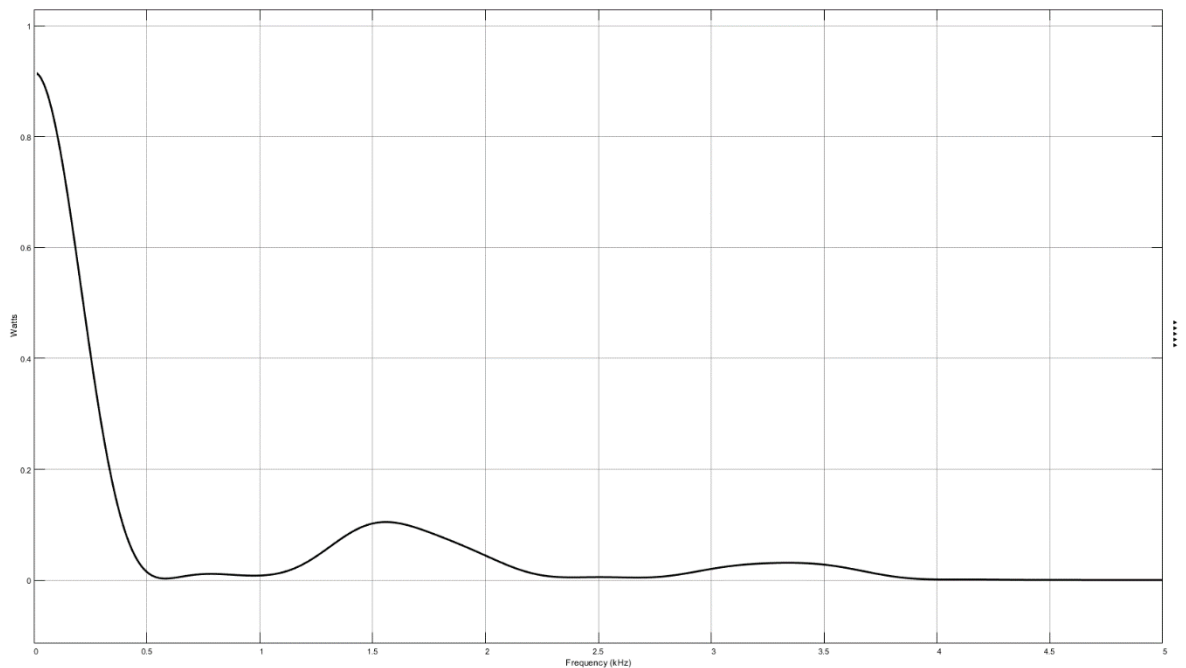


Рисунок 6 – Спектр ЧКП A_0^4

Приложения содержат графический материал (в случае электронной презентации) и копии авторских публикаций по теме диссертации.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В диссертации исследованы новый алгоритм формирования ансамбля ортогональных шумоподобных сигналов с ФМн и проведен анализ их корреляционно-спектральных характеристик. Смоделирована система в среде Симулинк и исследованы корреляционно-спектральных характеристик и ансамбля сигналов. Разработаны структурные схемы широкополосных систем и формирователя шумоподобных сигналов с ФМн. С помощью теоретического анализа и результатов моделирования можно подтвердить эффективность радиосистем передачи информации используются ансамбль шумоподобных сигналов с ФМн:

- возможность повышения потенциальной помехоустойчивости системы без снижения скорости передачи информации;
- возможность обеспечения энергетической скрытности передаваемого сообщения;
- возможность обеспечения структурной скрытности передаваемого сообщения за счет применения сложных, нелинейных алгоритмов формирования ПСП и программной смены форм ПСП;
- возможность эффективной борьбы с замираниями и многолучевыми (обеспечивается время корреляции ПСП, меньшее времени задержки лучей);
- возможность построения многостанционных систем (систем множественного доступа), в которых реализуется кодовое разделение каналов (CDMA).

СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ СОИСКАТЕЛЯ

Тезисы конференций

1. Нгуен, К. Д. Актуальность направлений, способствующих повышению эффективности работы широкополосных радиосистем передачи цифровой информации / Нгуен К. Д., Фам К. Б. // Радиотехника и электроника : сборник тезисов докладов 58-й научной конференции аспирантов, магистрантов и студентов, Минск, апрель 2022 / Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники. – Минск, 2022. – С. 190–192.

2. Нгуен, К. Д. Шумоподобные сигналы с дискретной фазовой модуляцией (ДФМ) в широкополосных радиосистемах передачи цифровой информации / Нгуен К. Д., Карпушкин Э. М. // Информационные радиосистемы и радиотехнологии 2022 : материалы научно-технической конференции, Минск, 29–30 ноября 2022 г. / Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники ; редкол.: В. А. Богуш [и др.]. – Минск : БГУИР, 2022. – С. 155–159.