Бла бла название работы

**Слайд 2 - Введение**

Целью данной работы является

1. Исследование влияния нелинейности УМ на различные типы сигнала, используемые в стандарте 5G NR
2. Разработка модели УМ для миллиметрового диапазона 100-200 ГГц
3. Разработка метода компенсации нелинейных искажений усилителя мощности на приемнике, в частности для сигнала DFT-s-OFDM.

**Слайд 3 - Актуальность**

Стандарт мобильной связи пятого поколения 5G New Radio тесно связан с технологией Интернета Вещей. В частности, высокая скорость, надежность сети и возможность массового подключения «умных» устройств являются ключевыми требованиями для создания связной инфраструктуры.

По данным на 2018 год, количество iot-устройств составляло 8 млрд, в 2021 году их уже 12 млрд.

При этом одни из последних релизов стандарта 5G – релиз 15 и 16, обеспечивают поддержку несущих частот до 52.6 ГГц, однако уже ведутся исследования с целью расширить диапазон FR2 до 114 ГГц, т.е. миллиметровый диапазон.

Соответственно направление стремительно развивается, количество устройств увеличивается, технология позволит использовать более высокие частоты для увеличения потока данных.

Проблема заключается в высокой частоте – на данный момент электроника пока не очень хорошо справляется с высокими частотами. В частности, это касается усилителей мощности, один из ключевых элементов передающей цепи, который и рассматривается в данной работе.

**Слайд 4 – Нелинейность УМ**

Усилитель мощности является ключевым компонентом передатчика, отвечающий за повышение мощности сигнала, передаваемого устройством или базовой станцией. На схеме он находится между антенной и блоком повышения частоты. За счет внешнего источника питания, усилитель увеличивает амплитуду, соответственно и мощность передаваемого сигнала. Усилитель характеризуется при помощи амплитудной характеристики – зависимость выходной амплитуды от входной. В случае идеального усилителя, характеристика представляет прямую – коэффициент усиления постоянен. Но ни что не идеально и в реальности эта характеристика больше похожа на график справа. Присутствует уровень насыщения.

**Слайд 5 – Искажение сигнала**

Рассмотрим как именно искажается сигнал. Приведена характеристика нелинейного усилителя, на оси х – входная амплитуда усиливаемого сигнала. В случае линейной характеристики, сигнал усиливается и не искажается, в соответствии с пунктирной линией. При использовании нелинейной характеристики, сигнал искажается – в частности, при подаче высокой мощности\амплитуды, выходная мощность меньше, чем в случае линейной характеристики, происходит сжатие пиков. Чем больше средняя подаваемая мощность, тем больше искажается сигнал, и тем ближе выходная мощность к уровню насыщения.

**Слайд – Отступы**

Для уменьшения степени искажения среднюю входную мощность уменьшают. Называют по разному в зависимости от того, от чего делают отступ - OBO и IBO. …

**Слайд 6 – Модель Раппа**

Для описания и моделирования искажения сигналов при использовании усилителя существует множество моделей. Мы остановились на модели Раппа, включенной в спецификацию 3GPP.

Функция Famam описывает амплитудное искажение, х – входная амплитуда, famam – выходная амплитуда. G – коэффициент усиления слабого сигнала, V\_sat – напряжение насыщения

Fampm описывает фазовые искажения, а именно сдвиг фазы выходного сигнала относительно входного в зависимости от амплитуды.

Для примера здесь показан график амплитудной характеристики в зависимости от параметра р. Чем больше значение р, тем ближе усилитель к линейному.

В качестве базовых параметров модели были выбраны предложенные Нокиа в одном из исследований для диапазона 30-70 ГГц. Соответствующие значения параметров приведены в углу.

**Слайд 7 – модель 100-200**

В связи с расширением диапазона FR2 в миллиметровые волны, модель Нокиа не покрывает все интересующие нас частоты. Необходима модель для 100-200 ГГц. Нами были исследованы последние работы в области создания твердотельных усилителей мощности.

На графике приведены характеристики усилителей для различных значений несущей частоты из разных работ.

Про модель 100-200 ГГц…..

**Слайд 8 – LLS**

Для моделирования системы использовался симулятор канального уровня LLS на Matlab. Обобщенная схема симулятора приведена на слайде.

Описание ЛЛС…

Описанная ранее модель усилителя была имплементирована в симулятор.

**Слайд 9 - Сигналы**

Для симуляций были выбраны два основных сигнала – OFDM и DFT-s-OFDM. Принципиальная схема генерации этих сигналов приведена на слайде. Дфтс отличается от офдм сигнала наличием предварительного кодирования при помощи фурье преобразования на ограниченном количестве поднесущих.

**Слайд 10 - Искажения**

В результате реализации усилителя в LLS были получены следующие результаты.

Описание искажения сигналов…..

**Слайд 11 – обзор методов компенсации**