

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

УДК 621.396.4

Юхневич  
Александр Егорович

**Оборудование радиорелейной системы передачи для сотовых сетей  
третьего и четвертого поколений**

**АВТОРЕФЕРАТ**

на соискание степени магистра техники и технологии  
по специальности 1-45 81 01  
«Инфокоммуникационные системы и сети»

Научный руководитель  
Мищенко Валерий Николаевич  
кандидат технических наук, доцент

Минск 2017

## **ВВЕДЕНИЕ**

Радиорелейные системы передачи занимают одно из важнейших мест в системах средств передачи информации. Быстрое развитие технологии открывает новые возможности в этой области. Потребность в недорогих и надежных цифровых радиорелейных линиях (ЦРРЛ) с относительно небольшой протяженностью и емкостью стремительно возрастает. Для построения сотовых сетей связи третьего и четвертого поколения (3G и 4G) разработано и имеется на рынке большое количество типов оборудования как отечественного, так и зарубежного производства.

Конструктивно, такое оборудование часто выполняется в виде моноблоков, когда приемопередающая аппаратура и антенна составляют единое целое. Это дает возможность строить на линиях связи простые необслуживаемые промежуточные станции с относительно недорогими антенными опорами. Многие системы полностью автоматизированы, и управляются микропроцессорными или компьютерными устройствами, имеют гибкую структуру и обеспечивают реализацию различных конфигураций сетей.

Рабочие частоты радиорелейного оборудования обычно находятся в диапазоне от 2 до 40 ГГц и жестко регламентируются внутри каждой полосы рекомендациями ИТУ (Международного союза электросвязи). На частотах выше 10 ГГц уменьшается допустимое расстояние между станциями из-за роста затухания радиоволн в атмосфере и значительных замираний при осадках. На частотах 60 ГГц наблюдается полная непрозрачность атмосферы из-за поглощения радиоволн в атомах кислорода.

Актуальностью данной работы является: широкое применение радиорелейного оборудования для построения соединительных линий между базовыми станциями и контроллером базовых станций сотовых систем связи. Использование радиорелейных линий целесообразно в условиях густонаселенных городских районов. Это связано с низкой стоимостью оборудования и высокой скоростью развертывания РРЛ-пролетов, по сравнению с линиями связи других видов, что является достойной альтернативой проводным и ВОЛС линиям.

## **ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ**

Диссертация: 88 страниц, 28 иллюстрации, 6 таблиц, использованных источников 31 наименование.

Ключевые слова: радиорелейная система передачи, сотовая связь, стандарт UMTS, сеть радиодоступа, цифровая радиорелейная линия.

Целью данной работы является проектирование сети радиодоступа для сотовых сетей третьего поколения на примере сотовой связи города Витебска, и разработка цифровой радиорелейной системы передачи для этой сети.

Предмет исследования – сеть радиодоступа стандарта UMTS.

Объектом исследования была выбрана сотовая связь третьего поколения для города Витебска и его окрестностей.

В магистерской диссертации произведен:

– анализ радиорелейного оборудования для сотовых сетей третьего и четвертого поколений, на основании результатов которого будут разработаны структурные схемы внешнего и внутреннего блоков цифровой радиорелейной системы передачи.

– исследование принципа организации связи в сети радиодоступа UTRAN с помощью радиорелейных систем передачи.

– спроектирована сеть радиодоступа, сотовой сети города Витебска.

– расчет цифровой радиорелейной линии, включающий, построение профиля пролета по известным высотным отметкам, определение высоты подвеса антенны, определение минимального радиуса зоны Френеля, расчет запаса на замирание, расчет времени ухудшения связи из-за дождя, расчет качественных показателей проектируемой РРЛ.

## КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

В магистерской диссертации рассмотрены общие принципы и особенности построения радиорелейной системы передачи. В первой главе рассмотрена общая структурная схема построения радиорелейной линии связи, а также структурные схемы оконечной, промежуточной и узловой станций. Представлены существующие два плана распределения частот в РРЛ прямой видимости, для ствола: двухчастотный план и четырехчастотный план. Также произведен анализ расположения РРЛ станций на местности, и приведены планы распределения частот, для того чтобы свести к минимуму интерференционные помехи в многоствольных РРЛ. Которые возникают при одновременной работе нескольких приемников и передатчиков на общий антеннофидерный тракт. На основании представленной главы, можно сделать вывод, что смена непрерывного времени на дискретное привело к повсеместному переходу к цифровым методам передачи и широкому применению цифровой обработки сигналов. Что позволило в свою очередь перейти к программно-аппаратной реализации основных узлов радиорелейного оборудования на основе программируемой логики, задействования спецвычислителей для автоматизации основных технологических процессов формирования и обработки сигналов.

Во второй главе работы представлены понятия и характеристики сотовых поколений связи. Так же рассмотрены этапы развития стандартов различных поколений от (аналоговых) 1G до 4G. Характеристики сведены в таблицу в подразделе 2.1. Исходя из того, что в данной работе проектируется сеть радиодоступа для систем сотовой связи третьего поколения, наибольшее внимание уделено стандартам и особенностям 3G. Представлена упрощенная структура сети UMTS. По своим функциям элементы сети подразделяются на

сеть радиодоступа (UTRAN), базовую сеть (CN). Основными элементами UTRAN являются контроллер базовых станций RNC и сами базовые станции NodeB.

В данной диссертации разработана радиорелейная линия связи между этими элементами со следующими параметрами:

Длина пролета 3 км;

Диапазон частот 7,1-7,7 ГГц;

Уровень мощности передатчика 23 дБ;

Чувствительность приемника -92 дБ;

Коэффициент усиления 30,8 дБ;

Коэффициент системы 115 дБ;

Так же данная глава раскрывает понятие и основные принципы технологий LTE. В подразделе 2.3 представлена архитектура сетей LTE, физический уровень, структуру кадров и характеристику канального ресурса.

Третья глава посвящена разработке цифровой радиорелейной системы передачи, для её использования в сети радиодоступа системы сотовой связи третьего поколения.

Рассмотрен принцип организации связи с помощью радиорелейных систем передачи. А именно – на каждом пролете должен быть установлен комплект оборудования для организации связи, который обычно включает в себя внутренний блок, внешний модуль и излучающая параболическая антенна. Внутренний модуль устанавливается в аппаратной, в непосредственной близости к телекоммуникационному оборудованию, либо в специальный термоизоляционный контейнер. Он выполняет задачи коммутации и мультиплексирования нескольких сигналов в один, модуляцию сигнала на промежуточную частоту, управление внешним модулем, а также отвечает за переключение на резерв, если это предусмотрено конструкцией РРЛС. Внутренний модуль может обслуживать от одного до нескольких комплектов внешнего оборудования (внешний модуль + антенна). Внешний модуль представляет собой преобразователь, который переносит сигнал с промежуточной частоты, полученный от внутреннего модуля на основную частоту, лежащую в пределах 6-38 ГГц. Это его главная функция. Внутренний и внешний модули соединяются, обычно, коаксиальным кабелем. После перемодуляции сигнала во внешнем модуле сигнал излучается через параболическую антенну. С противоположной стороны должен быть установлен аналогичный комплект оборудования.

В подразделах 3.2 – 3.4 приводятся следующие разработанные структурные схемы :

– обобщенная структурная схема ЦРРСП;

– структурная схема внешнего блока ЦРРСП;

– структурная схема внутреннего блока ЦРРСП;

А также освещается принцип работы этих блоков.

В четвертой главе приводится расчет проектируемой сети радиодоступа для сотовой сети третьего поколения. Объектом исследования выбрана сеть сотовой связи города Витебска. Выполнен расчет прямого и обратного канала.

На основе расчетов радиуса соты, построен пример размещения базовых станций разрабатываемой сети радиодоступа для сотовой сети третьего поколения в городе Витебске.

Так же в четвертой главе рассчитана ЦРРЛ, которая удовлетворяет условия неустойчивости и неготовности.

ЦРРЛ считается неготовой (непригодной к эксплуатации), если в одном или двух направлениях передачи за последовательные 10 сек выполнены два условия:

- цифровой сигнал прервался (включая выравнивание скоростей и временную потерю синхронизации);

- вероятность ошибки составляет более чем  $10^{-3} \dots 10^{-4}$ .

Готовность ЦРРЛ считается восстановленной, если за 10 сек в обоих направлениях восстанавливается передача, т.е. выполняется два условия:

- цифровой сигнал восстановился, т.е. произошло выравнивание скоростей и восстановление синхронизации;

- вероятность ошибки стала меньше  $10^{-3} \dots 10^{-4}$ .

Процент неготовности рассчитывается исходя из запаса на замирания  $F_t = 58,7$  дБ.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В магистерской диссертации выполнены следующие задачи:

- рассмотрены общие принципы и особенности построения радиорелейной системы передачи.

- спроектирована сеть радиодоступа для сотовых сетей третьего поколения на примере сотовой связи города Витебска,

- построен пример размещения базовых станций разрабатываемой сотовой сети в городе Витебске.

- рассчитана цифровая радиорелейной системы передачи для исследуемой сети радиодоступа

В процессе расчета ЦРРСП, были получены следующие результаты:

- построен профиль пролета по известным высотным отметкам;

- определены высоты подвеса антенны;

- определен минимальный радиус зоны Френеля;

- рассчитан запас на замирание;

- рассчитано время ухудшения связи из-за дождя;

- рассчитаны качественные показатели проектируемой РРЛ.

Таким образом, приведенные расчеты показали, что все качественные показатели проектируемой ЦРРЛ отвечают соответствующим нормам, установленным Рекомендациями МСЭ, а значит ЦРРЛ будет работать в устойчивом режиме.

Общая цель проектирования – определение и обеспечение оптимальных характеристик и показателей радиорелейного оборудования, для сотовых сетей 3G и 4G, обеспечивающих достаточную эффективность функционирования сети радиодоступа при конкретных ограничениях характеристик и параметров проектирования, была достигнута.

## СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ

1-А. Юхневич, А.Е. Анализ отказов и методов прогнозирования долговечности печатных плат и защитных покрытий оборудования радиорелейных систем передачи / А.Е. Юхневич, А.Н. Коробов // Сборник материалов Международного научно-технического семинара: Телекоммуникации: сети и технологии, алгебраическое кодирование и безопасность данных, Минск, 2016 г. (в редакции)