

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

УДК 621.396.43-047.48(075.8)

Козакевич
Евгений Николаевич

Повышение эффективности систем радиорелейной связи

АВТОРЕФЕРАТ

на соискание степени магистра технических наук

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

Научный руководитель
Липкович Эдуард Борисович
доцент кафедры СТК

Минск 2016

Библиотека БГУИР

Нормоконтроль
Ткаченко Анатолий Пантелеевич

ВВЕДЕНИЕ. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Цифровые радиорелейные системы передачи (ЦРРСП) относятся к классу систем фиксированной наземной службы и широко используются для организации местных, ведомственных, технологических, зонавых и магистральных радиолиний. Их применение особенно эффективно, если прокладка кабеля затруднена или требует больших материальных затрат, времени и технических средств. Для многих стран особенно со сложным рельефом местности, с заболоченными или горными территориями радиорелейные линии (РРЛ) на базе ЦРРСП являются важным звеном в телекоммуникационной инфраструктуре. Посредством ЦРРСП организуют также беспроводные соединения между вычислительными центрами, узловыми АТС и оборудованием удалённых телефонных станций. РРЛ используют в качестве вставок в линии национальных и международных трактов.

Заметный удельный вес цифровых РРЛ среди других наземных телекоммуникационных средств доставки информации объясняется высоким качеством передаваемых сигналов, гибкостью решений при организации радиосвязи и значительной рентабельностью при их развертывании. Строительство и ввод в эксплуатацию одно- и двухпролётных РРЛ осуществляется достаточно быстро, особенно если антенны имеют небольшие размеры, объединены с приёмопередающим блоком и могут располагаться на технических зданиях или существующих антенно-мачтовых опорах.

С развитием сотовых технологий значимость ЦРРСП существенно возросла. Широкое применение для организации связи между базовыми станциями и центром коммутации получили системы в полосах частот: 10,7...11,7; 12,7...13,2; 14,5...15,35; 17,7...19,7; 21,2...23,6; 25,25...27,5; 37...40 ГГц. На коротких пролётах, характерных для радиолиний сотовой связи, преимущественное положение заняли простые ЦРРСП с низким потреблением электроэнергии и отсутствием устройств частотного и пространственного разнесения. Необходимость в устройствах разнесения возникает на протяжённых интервалах с недостаточной устойчивостью связи.

Основными задачами диссертационной работы является поиск путей повышения помехоустойчивости и энергетической эффективности многофункциональных ЦРРСП, а также их качественных характеристик в реальных условиях эксплуатации.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Цифровые радиорелейные системы передачи (ЦРРСП) совершенствуются как в части функциональных возможностей, так и в части технических и качественных показателей. К настоящему времени существенно улучшена чувствительность приемных устройств за счет использования двухблочного способа построения, исключающего волноводный тракт с потерями. Снижена выходная мощность передатчика станций и повышена достоверность приема

благодаря применению помехоустойчивых кодов с высокой исправляющей способностью. В ряде моделей ЦРРСП применены адаптивные методы борьбы с потерями на радиоприемах из-за погодных условий приема путем изменения параметров кодирования под требуемые значения отношений несущая/шум на входе приемного устройства. В соответствии с общей тенденцией улучшения характеристик станций ставится задача улучшения кроме энергетических также и качественных показателей, таких как: достоверность приема, готовность оборудования, показатели по ошибкам.

В диссертационной работе излагаются основные положения по структуре построения модемного и передающего блоков оконечных цифровых многофункциональных станций, исследуются пути борьбы с многолучевостью на радиотрассах и как следствие – с межсимвольной интерференцией. Приводятся теоретические положения по вопросам помехоустойчивого кодирования и многопозиционной модуляции, разрабатываются математические модели расчета помехоустойчивости приемных систем, выполняются расчеты графических зависимостей для различных форматов модуляции, дается оценка качественным показателям.

В диссертационной работе ставятся и решаются следующие задачи:

- разработка структуры построения многофункциональной ЦРРСП устойчивой к негативным явлениям (многолучевость, субрефракция интерференция) на РРЛ;
- разработка математических моделей при расчете помехоустойчивости ЦРРСП с многопозиционными видами модуляции и помехоустойчивым кодированием;
- получение расчетных формул для определения информационной эффективности и выигрыша от применения сверточного кодирования;
- исследование методов оценки качественных характеристик радиоканалов и трактов;
- анализ показателей готовности оборудования и уровня ошибок при наличии субрефракции, дождей и тропосферной многолучевости.

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, отмечены элементы научной новизны, формулируются основные положения диссертации, выносимые на защиту.

Первая глава «Общие принципы организации цифровой радиорелейной связи» включает общие положения по состоянию в области радиорелейной связи и состоит из группы подразделов.

В подразделе 1.1. «Назначение, классификация и функциональные особенности цифровых систем радиосвязи» производится классификация радиосистем передачи данных по основным признакам. Приводятся основные достоинства и недостатки цифровых радиорелейных систем передачи.

В подразделе 1.2. «Действующие цифровые радиорелейные станции и их анализ» проводится сравнительный анализ оборудования, которое присутствует на рынке от различных производителей таких как *Pasolink* (фирма «NEC»), *Mini-Link* («Ericsson»), *SRALXD* («Siemens»), *FlexiHopper* («Nokia»), *CFM-LM* («SAFTehnikaAS»), Мик-РЛ («Микран»), Радан («Радан»).

В подразделе 1.3. «Основы построения цифровых радиорелейных станций» рассматриваются возможные варианты построения и размещения окончательного оборудования ЦРПС на станциях приемопередачи.

В подразделе 1.4. «Базовые показатели цифровых радиосистем» рассмотрены основные показатели ЦРПС, которые чаще всего приводятся в спецификациях на аппаратуру, а также указаны их возможные значения в соответствии с использованием.

В подразделе 1.5. «Помехоустойчивость и энергетическая эффективность цифровых радиосистем» рассмотрены параметры $P_{\text{ОШ}}$, h_0 , γ_c , на основе которых осуществляется выбор конкретного вида модуляции, способов кодирования, демодуляции и декодирования.

В подразделе 1.6. «Виды модуляции и способы кодирования в цифровых радиорелейных системах» проводится сравнение видов КАМ-модуляции, а также проводится анализ возможного выигрыша в помехоустойчивости от применения различных сверточных кодов.

В подразделе 1.7. «Принципы передачи многочастотных сигналов с кодированием» рассмотрена возможность использования ортогонального частотного разделение каналов с кодированием, в качестве основного метода борьбы с возникновением многолучевости при передаче радиосигналов.

Вторая глава «Сценарии построения оконечной цифровой радиорелейной станции» включает состав и структуру построения оконечных станций с двухблочной архитектурой реализации и состоит из группы подразделов, в которых излагаются основы построения и функционирования ЦРПС.

Третья глава «Определение энергетической эффективности систем с многопозиционной фазовой модуляцией» носит научно-теоретический характер и состоит из трех подразделов, в которых рассматриваются вопросы помехоустойчивого кодирования с многопозиционной квадратурной амплитудной модуляцией. Показано, что для выполнения инженерных расчетов по помехоустойчивости в присутствии аддитивного белого гауссовского шума (АБГШ), необходимы аналитические выражения, которые получены в этой главе.

В подразделе 3.1. «Помехоустойчивость систем при отсутствии кодирования» представлена методика получения расчетных формул для определения порогового отношения h_0^{M-KAM} и отношения средней мощности несущей к мощности шума на входе приемника (ОНШ) ρ_0^{M-KAM} , при которых обеспечиваются заданная вероятность ошибки $P_{ош}$ на выходе декодера. С помощью полученных выражений построены зависимости $\rho_0^{M-KAM} = f(P_{ош})$ и $h_0^{M-KAM} = f(P_{ош})$ для различных порядков модуляции. Если сравнивать результаты расчета по полученным формулам с результатами, полученными путем компьютерного моделирования, то можно утверждать, что разработанные математические модели расчета верны и дают высокую точность.

В подразделе 3.2. «Помехоустойчивость систем при наличии сверточного кодирования» определяются расчётные формулы для h_k^{M-KAM} , ρ_k^{M-KAM} в случае различных форматов модуляции.

В подразделе 3.2. «Энергетический выигрыш от кодирования» определяется важнейший показатель эффективности различных видов помехоустойчивого кодирования – энергетический выигрыш от кодирования (ЭВК) ΔG_K . Этот показатель характеризует меру снижения порогового отношения или ОНШ за счет применения кодирования при неизменных значениях M и $P_{ош.в}$.

Поведение ЭВК в функции $P_{ош.в}$ с ростом M из формульного представления не столь очевидно, таким образом в работе показаны зависимости $\Delta G_K^{M-KAM} = f(P_{ош.в})$ для различных M при $R_{ск} = 1/2, 2/3, 3/4, 5/6, 7/8$ при длине кодового ограничения $K = 7$ и 9 . По построенным графикам для системы с M -КАМ модуляцией можно сделать вывод, что в диапазоне рабочих значений при $P_{ош.в}$ в пределах от 10^{-4} до 10^{-7} увеличение M ведет к небольшому росту ЭВК, однако при дальнейшем снижении $P_{ош.в}$ кривые сливаются, стремясь к верхней границе. В частности при $P_{ош.в} = 10^{-4}$ и $K = 7$ изменение порядка модуляции от $M = 4$ до $M = 265$ приводит к изменению ΔG от 3,9 до 4,4 дБ. К тому же, из графиков следует, что с повышением длины кодового ограничения выигрыш от кодирования увеличивается на 0,3...0,5 дБ, а при одинаковых значениях K лучшими характеристиками обладают коды с меньшей кодовой скоростью.

Четвертая глава «Оценка показателя неготовности трактов радиолиний» посвящена исследованию качественных показателей каналов и радиотрактов ЦРРСП и состоит из четырех подразделов, в каждом из которых приводятся базовые положения и рассматриваются компоненты показателя готовности при различных негативных факторах воздействия.

Пятая глава «Расчёт показателей качества по ошибкам» включает вопросы снижения достоверности приема при наличии кратковременных помех и состоит из четырех подразделов. Каждый подраздел содержит общие положения и факторы, вызывающие простой оборудования.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Базируясь на выполненных в диссертационной работе теоретических исследованиях в направлении повышения спектральной, энергетической и информационной эффективностей радиорелейных систем передачи, можно сделать следующие выводы:

– разработана структура построения многофункциональной цифровой радиорелейной станции, обеспечивающей устойчивый прием в условиях изменяющихся параметров среды распространения, тропосферной многолучевости и наличия экранирования на интервалах;

– получены математические соотношения увязывающие энергетические показатели цифровых радиосистем с параметрами модуляции, сверточного кодирования и требуемой достоверности приема;

– получены расчетные формулы для определения энергетического выигрыша от кодирования сверточным кодом при использовании многопозиционной квадратурной модуляции;

– выполнен анализ качественны характеристик цифровых каналов и трактов по критериям готовности и качества по ошибкам;

Построены графические зависимости помехоустойчивости ЦРРСП по полученным соотношениям.

СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ

- Козакевич, Е.Н. Характеристика цифровой оконечной станции радиорелейной связи / Е.Н. Козакевич, Э. Б. Липкович // Современные средства связи. 14-15 октября 2014 г. XIX НТК – Минск : УО ВГКС, 2014. - 297с.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

Список использованных источников

- [1] Морелос-Сарагоса, Р. Искусство помехоустойчивого кодирования: методы, алгоритмы, применение / Р. Морелос-Сарагоса; пер. с англ. – М. : Техносфера, 2005. – 320 с.
- [2] Волков, Л. Н. Системы цифровой радиосвязи : базовые методы и характеристики : учеб. пособие / Л. Н. Волков, М. С. Немировский, Ю. С. Шинаков. – М. : Эко-Трендз, 2005. – 392 с.
- [3] Гаранин, М. В. Системы и сети передачи информации : учеб. пособие для вузов / М. В. Гаранин, В. И. Журавлев, С. В. Кунегин. – М. : Радио и связь, 2001. – 336 с.