

ОТЗЫВ

официального оппонента кандидата технических наук Векшина Юрия Евгеньевича на диссертационную работу Степанец Ирины Валерьевны «Исследование и разработка методов расчёта пропускной способности радиорелейных линий с адаптивной модуляцией», представленную на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.2.13 – Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения

Актуальность темы диссертации. Постоянный рост объёма передаваемой информации формирует требования к современным технологиям связи. Например, требуемые значения пропускной способности сетей доступа подвижной связи пятого поколения (5G) достигают более 10 Гбит/с на одно покрытие (соту), что означает, что транспортная сеть, включая беспроводный сегмент на основе радиорелейных линий (РРЛ), должны обеспечить ещё более высокую пропускную способность (от 10 до 100 Гбит/с). Достижение заданных значений пропускной способности РРЛ, как системы, обеспечивается внедрением новых технологий передачи данных, а также освоением новых участков миллиметрового диапазона радиочастот. Одним из эффективных способов повышения пропускной способности является применение квадратурной амплитудной модуляции высоких порядков. Применение адаптивной модуляции (АМ) с высокими уровнями модуляции позволяет эффективно использовать доступные радиоресурсы, увеличивая пропускную способность РРЛ как системы за счёт автоматически подстраиваемых параметров передачи радиорелейной станции. Повышение пропускной способности обеспечивается также благодаря передаче информации в более высоком миллиметровом диапазоне радиоволн.

Однако, существующие рекомендации и методики расчёта радиорелейных линий не учитывают режимов адаптивной модуляции и не в полной мере учитывают особенности миллиметрового диапазона волн.

Исходя из вышеизложенного, тема диссертационной работы Степанец И.В. «Исследование и разработка методов расчёта пропускной способности радиорелейных линий с адаптивной модуляцией» является актуальной и имеет практическую значимость.

Характеристика содержания диссертационной работы, степень её завершенности и качество оформления.

Диссертационная работа изложена на 173 страницах и включает введение, четыре основные главы, заключение, список сокращений, перечень библиографических ссылок, состоящий из 147 источников, и три приложения.

Целью диссертации является повышение пропускной способности РРЛ за счёт использования адаптивной модуляции и количественного обоснования режимов работы радиорелейных станций при планировании и оптимизации РРЛ с АМ. Научной задачей работы автор определил разработку метода и методики расчёта пропускной способности радиорелейной линии с адаптивной модуляцией при планировании и оптимизации радиорелейных линий в различных условиях применения с учётом особенностей распространения радиоволн в миллиметровом диапазоне.

В первом разделе решение указанной задачи диссертации автор начинает с анализа условий функционирования и тенденций развития радиорелейной связи в транспортном сегменте сетей подвижной связи. В первом разделе также проведён сравнительный анализ существующего научно-методического аппарата и специализированного программного обеспечения для планирования и оптимизации радиорелейной связи, в ходе которого выявлены противоречия на предмет учёта характеристик современных средств радиорелейной связи и тенденций их развития.

Во втором разделе диссертационной работы изложены результаты исследования особенностей реализации адаптивной модуляции в современных радиорелейных станциях и инерционности процесса переключения между уровнями модуляции, а также представлены результаты разработки математической модели РРЛ с АМ в условиях быстрых и медленных замираний.

В третьем разделе автор проводит анализ статистических данных о влиянии метеоусловий на замирания сигналов на интервалах радиорелейной линии с адаптивной модуляцией в диапазоне E-band и на основе результатов этого анализа разрабатывает метод расчёта пропускной способности РРЛ с АМ с учётом особенностей распространения радиоволн в миллиметровом диапазоне. Приводится сравнение результатов расчёта пропускной способности РРЛ с АМ в диапазоне E-band известными и предложенными методами с результатами измерений и обосновывается достоверность результатов, полученных предложенным методом.

В четвёртом разделе автор представляет разработанную методику расчёта пропускной способности РРЛ с АМ и излагает разработанные предложения по программной реализации предложенных метода и методики расчёта пропускной способности РРЛ с АМ в программном комплексе ONEPLAN RPLS-DB Link.

В заключении автор подводит итог полученных результатов исследования и рассматривает их новизну, теоретическую и практическую значимость, а также намечает перспективы для будущих исследований.

Проведенные в диссертационной работе исследования носят системный характер. Полученные при этом научные результаты характеризуются новизной, что подтверждается новыми постановками задач и математическими методами их решения, новыми математическими и имитационными моделями процессов функционирования и алгоритмов управления адаптивной модуляцией на радиорелейной линии.

Диссертация и автореферат полностью завершены, их структура и оформление соответствует ГОСТ Р 7.0.11-2011. Автореферат адекватно и в полной мере отражает основные научные результаты и положения, содержит краткое изложение материалов диссертации.

Новизна научных положений, теоретическая и практическая значимость работы.

Анализ материалов диссертационной работы и автореферата показывают, что новизной обладают все положения, выносимые на защиту, а именно:

1. Новизна математической модели радиорелейной линии с адаптивной модуляцией заключается в том, что она, в отличие от известных, включает аналитические зависимости показателей качества, определяющих пропускную способность РРЛ с учётом специфики передачи двух типов пакетного трафика (непрерывного и прерывистого), от технических характеристик РРС и параметров условий распространения радиоволн, характеризующихся быстрыми и медленными замираниями в используемых диапазонах волн.

2. Новизна разработанного метода расчёта пропускной способности радиорелейной линии с АМ заключается в том, что он, в отличие от известных, опирается на новое более точное математическое выражение, описывающее распределение вероятностей глубины замираний в миллиметровом диапазоне волн.

3. Новизна разработанной методики расчёта пропускной способности радиорелейной линии при планировании и оптимизации РРЛ заключается в том, что она, в отличие от известных, учитывает особенности замираний в различных диапазонах волн и их влияние на адаптивное изменение пропускной способности, распределяемой между двумя типами мультимедийного трафика (непрерывного / real-time и прерывистого / not real-time).

Теоретическая значимость первого положения, выносимого на защиту, заключается в дальнейшем развитии и совершенствовании методов моделирования РРЛ, мультисервисных сетей связи, построенных на РРЛ с АМ, в виде согласованной совокупности математических зависимостей показателей достоверности, устойчивости и пропускной способности данных сетей от заданных параметров обслуживаемого мультимедийного трафика, контролируемых параметров нестационарных условий распространения радиоволн и управляемых параметров алгоритмов адаптивной модуляции.

Теоретическая значимость второго положения, выносимого на защиту, заключается в дальнейшем развитии и совершенствовании методов расчёта показателей качества адаптивных радиолиний при прохождении радиосигналов через различные среды.

Теоретическая значимость третьего положения заключается в дальнейшем развитии и совершенствовании методов расчёта показателей качества цифровых РРЛ на основе учёта изменения пропускной способности и устойчивости РРЛ с АМ в условиях замираний при обслуживании разноприоритетного трафика с учётом используемых алгоритмов АМ.

Практическая значимость полученных результатов первого положения заключается в возможности её использования для обоснования новых технологических решений в области адаптивных пакетных радиорелейных линий. Кроме того, данная модель может быть использована сотрудниками телекоммуникационных компаний, выполняющими расчёты характеристик проектируемых РРЛ с АМ для обоснования целесообразности предлагаемых ими решений.

Практическая значимость полученных результатов второго положения, выносимого на защиту, заключается в возможности его применения в составе специализированного программного комплекса планирования и оптимизации радиорелейных линий с АМ в миллиметровом диапазоне радиоволн.

Практическая значимость полученных результатов третьего положения заключается в том, что методика расчёта пропускной способности РРЛ с АМ доведена до программной реализации в составе специализированного программного комплекса, используемого при планировании и оптимизации РРЛ с АМ в различных условиях применения.

Представленные в работе результаты использованы в разработке программного комплекса ONEPLAN RPLS-DB Link и учебном процессе ФГБОУ ВО СПбГУТ на кафедре Радиосистем и обработки сигналов, что отмечено соответствующими актами о внедрении.

Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертационной работе, подтверждается:

1. Корректным использованием математического аппарата, в том числе аппарата теории вероятностей для получения функций распределения и функций плотности вероятности квадрата случайной величины в виде мощности сигнала.

2. Адекватностью результатов обработки статистических данных, а именно исследованием влияния метеоусловий на мощность принимаемого сигнала и на переключение уровней модуляции на РРЛ с АМ.

3. Шестнадцатью публикациями в отраслевых журналах, в том числе рекомендованных ВАК (6 публикаций) и индексируемых Scopus (5 публикаций).

4. Апробацией результатов диссертации на российских и международных научно-технических конференциях.

Замечания по содержанию и оформлению диссертации.

Отмечая несомненную теоретическую и практическую значимость диссертационной работы, необходимо сделать ряд замечаний:

1. Автором отмечено, что в ходе моделирования результатов использовался ряд специализированных пакетов (MATLAB, Mathcad и Python). Такое разнообразие средств моделирования, как правило, на практике приводит к избыточной сложности и, следовательно, низкому уровню автоматизации, поэтому автору следовало проводить моделирование только с помощью одного средства.

2. Статистические данные представлены автором в работе в виде графиков. Для более точного и детального представления следовало бы оформить те же данные в численном виде в форме таблиц.

3. В первом разделе при описании проекта X-Haul следовало бы уточнить – каких именно ключевых показателей эффективности функционирования распределительной транспортной сети требуется достичь в концепции взаимосвязи backhaul и fronthaul.

4. Во втором разделе упоминается двухлучевая модель с диффузным замиранием мощности сигнала, но при разработке модели радиорелейной линии с адаптивной модуляцией она не учитывается.

5. В третьем разделе для проверки допустимости гипотезы автор использует критерий согласия Колмогорова, но не приводит обоснования выбора именно этого способа и его отличий от каких-либо других критериев, например, критерия согласия Пирсона.

6. В разделе 3.3 автор выводит уравнение (3.5) для оценки затухания $A_{0,01}$ (дБ) от дождя относительно p (функции распределения вероятности), отсутствующее в рекомендации МСЭ (ITU-R 530), но приводит уже готовое решение без описания шагов вывода уравнения.

Отмеченные недостатки не носят принципиального характера, поэтому не влияют на общую высокую положительную оценку диссертационной работы.

Соответствие содержания научной специальности.

Работа соответствует пунктам 2, 8 и 13 паспорта специальности 2.2.13. «Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения».

Заключение.

Диссертацию Степанец Ирины Валерьевны «Исследование и разработка методов расчёта пропускной способности радиорелейных линий с адаптивной модуляцией», представленную на соискание учёной степени кандидата технических наук, следует рассматривать как законченную научно-квалификационную работу. В ней решена актуальная научная задача разработки метода и методики расчёта пропускной способности радиорелейной линии с адаптивной модуляцией в различных условиях применения с учётом особенностей распространения радиоволн в миллиметровом диапазоне.

Диссертация имеет теоретическую и практическую ценность. Основные результаты, полученные И.В. Степанец, несомненно обладают научной новизной. В работе изложены новые научно обоснованные технические решения, внедрение которых позволит внести значительный вклад в развитие и укрепление обороноспособности страны.

На основании изложенного, считаю, что представленная диссертация соответствует критериям, предъявляемым в отношении кандидатских диссертаций, которые установлены п.п. 9-14 Положения о присуждении ученых степеней (утв. Постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 № 842), а её автор Степанец Ирина Валерьевна заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.2.13 – Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения.

Ведущий научный сотрудник 2 управления,
кандидат технических наук



(подпись)

Векшин Юрий Евгеньевич

« 17 » 05 2024 г.

Организация: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ "16 ЦЕНТРАЛЬНЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ИСПЫТАТЕЛЬНЫЙ ОРДЕНА КРАСНОЙ ЗВЕЗДЫ ИНСТИТУТ ИМЕНИ
МАРШАЛА ВОЙСК СВЯЗИ А.И.БЕЛОВА" МИНИСТЕРСТВА ОБОРОНЫ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Почтовый адрес: 141006, Московская область, г.Мытищи, 1-й Рупасовский
переулок

Телефон: +7(495) 693 43 00

Подпись Ю.Е.Векшина заверяю:

Врио начальника отдела кадров и строевого
ФГБУ "16 ЦНИИИ" Минобороны России



А.Фролов

« 17 » 05 2024 г.

