

## Отзыв

научного руководителя  
на диссертационную работу Манониной Ирины Владимировны  
на тему: «Методика обработки данных измерений параметров линий связи с применением вейвлет-анализа к рефлектометрическим измерениям»,  
представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.12.13 – Системы, сети и устройства телекоммуникаций

Диссертация состоит из списков сокращений и обозначений, введения, четырех глав, заключения, библиографии (144 источника на русском и английском языках) и 3 приложений. Основные результаты изложены на 166 страницах, в том числе на рисунках и в таблицах.

**Во введении** показана актуальность работы, сформулированы цель и задачи исследования, показана научная новизна исследований, сформулированы положения, выносимые на защиту, теоретическая и практическая значимость полученных результатов, кратко изложено содержание глав диссертации.

**В первой главе** анализируется современное состояние исследуемой проблемы. Показано, что повышение точности, качества и оперативности проведения измерений является основой для обеспечения высоких технических и экономических показателей телекоммуникаций. Отмечается, что наибольшую информацию при измерениях на кабельных (металлических и оптических) линиях может дать рефлектометр. Но «классические» рефлектометры в силу ряда анализируемых в работе факторов обладают значительной погрешностью, поэтому необходимо совершенствовать методы измерений с использованием современных методик обработки данных рефлектометров.

**Во второй главе** рассматриваются методы обработки данных с целью выбора математического аппарата для анализа рефлектограмм. Показаны недостатки Фурье преобразования (классического и оконного) и возможности вейвлет-преобразования. Обосновывается применение вейвлет-преобразования для обработки рефлектограмм, которое позволяет после удаления шумов из рефлектограммы производить её реконструкцию с высокой точностью. Показано, что после дискретного вейвлет-преобразования следует использовать пороговую обработку. Предложена т.н. жесткая и мягкая пороговая обработка, оцениваются риски пороговой обработки. Вейвлет-анализ позволяет разложить отраженный сигнал рефлектометра на коэффициенты, локализованные в пространстве и времени и, таким образом, позволяет локально характеризовать регулярность сигналов. Математическая регулярность и сингулярность (а значит возможность локального неоднородности линии) сигнала характеризуется показателем Липшица.

Вывод главы – предложение применять современную методику на основе вейвлет-анализа, которая позволит повысить точность определения неоднородностей.

**В третьей главе** определены критерии анализа рефлектограмм. Построена математическая модель рефлектограммы, на базе которой разработан оригинальный метод и алгоритм удаления шума и эхо-сигналов, снижающий



погрешность при диагностике различных повреждений линии связи. Математическая модель рефлектограммы представляет собой сумму неслучайной функции, зависящей от времени, и случайного шума.

Важным и конструктивным достоинством работы является разработка метода определения сингулярности рефлектограмм, основанный на анализе детализирующих вейвлет-коэффициентов, позволяющий существенно повысить локализацию повреждений и неоднородностей линии.

Результаты исследований, приведенные в третьей главе, показали, что применение предложенных методов определения и уменьшения влияния эхо-импульсов, а также удаления шума с помощью пороговой обработки вейвлет-коэффициентов даёт возможность восстановить «идеальную» рефлектограмму, а предложенный метод определения сингулярности рефлектограммы позволяет точнее локализовать повреждения и неоднородности на линиях связи по сравнению с применяемыми в современных рефлектометрах методами.

**Четвертая глава** посвящена исследованию и определению оптимальных качественных показателей для вейвлет-обработки рефлектограмм с целью повышения точности результатов измерений. К таким показателям относятся: базисный вейвлет для дискретного вейвлет-преобразования и обратного дискретного вейвлет-преобразования для удаления шума из рефлектограммы; тип пороговой обработки; метод расчета оценки дисперсии; базисный вейвлет для определения сингулярности рефлектограммы.

Для определения оптимального базового вейвлета оценивались 10 распространенных вейвлетов, выбор которых обоснован тем, что за счет своих особенностей они облегчают анализ рефлектограмм и позволяют восстанавливать рефлектограммы с высокой точностью. Для выбора способа пороговой обработки сравнивались результаты, полученные с использованием мягкой и жёсткой пороговой обработки.

Сравнение восстановленной рефлектограммы с исследуемой проводилось по нескольким параметрам: критерий согласия Пирсона для проверки гипотезы о соответствии эмпирического распределения определенному теоретическому, среднеквадратическая погрешность на выбранном интервале в районе повреждения, процентное отклонение оценки риска и оптимальная оценка риска пороговой обработки. В работе приводятся данные обработки рефлектограмм, а результаты проиллюстрированы наглядными рисунками и численными оценками, показывающими, что предложенный в работе метод позволяет уменьшить погрешность определения или неоднородности в 1,5-2 раза, по сравнению с определяемыми по рефлектометру значениями.

**В заключении** сформулированы основные результаты, полученные в диссертационной работе.

Полученные в диссертационной работе результаты **использованы** в ПАО «МТС» в виде методики для локализации повреждений и неоднородностей линий связи, а также используются в курсе лекций «Направляющие среды электросвязи» кафедры Направляющих телекоммуникационных сред и в лабораторном практикуме «Методы и средства измерений в телекоммуникационных системах» кафедры Метрология, стандартизация и измерения в инфокоммуникациях



МТУСИ. Реализация результатов диссертации подтверждается соответствующими актами.

Основные результаты работы опубликованы в семи печатных работах, причем пять в рецензируемых периодических научных изданиях, входящих в перечень ВАК. Результаты работы докладывались и обсуждались на Отраслевой международной конференции «Телекоммуникационные и вычислительные системы» (2012 г.), Международной отраслевой научно-технической конференции «Технологии информационного общества» (2012, 2013, 2014, 2016 гг.).

Автореферат полностью отражает содержание диссертации.

Цель диссертационной работы - Исследование и разработка эффективной методики обработки данных измерений параметров линий связи с применением вейвлет-анализа к рефлектометрическим измерениям для повышения точности – достигнута.

В процессе работы над диссертацией Манонина Ирина Владимировна проявила высокую работоспособность и настойчивость в достижении поставленной цели, показала умение ставить и решать на высоком научном уровне с применением адекватного математического аппарата задачи высокой сложности в области метрологического обеспечения телекоммуникаций.

Диссертация Манониной Ирины Владимировны удовлетворяет требованиям Положения о порядке присуждения учёных степеней, является законченной научно-квалификационной работой, выполненной по специальности 05.12.13 – Системы, сети и устройства телекоммуникаций.

Профессор кафедры «Метрология,  
стандартизация и измерения в  
инфокоммуникациях» МТУСИ  
к.т.н., доцент



А.Л. Сенявский

Подпись А.Л. Сенявского заверяю.

Учёный секретарь Учёного совета университета Т.В. Зотова

