

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

УДК 621.317.783:681.782.473

ВАЛОВА
Инна Николаевна

**МЕТОДИКИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ КАБЕЛЬНЫХ
ИНФОКОММУНИКАЦИОННЫХ СЕТЕЙ**

Автореферат
на соискание степени магистра
по специальности 1–45 80 01 Системы и сети инфокоммуникаций

Научный руководитель
кандидат технических
наук, доцент
БЕЛОШИЦКИЙ
Анатолий Павлович

Минск 2024

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время происходит модернизация и оптимизация сетей связи. Но по причине отсутствия технической возможности, высокой стоимости, долгой окупаемости и других причин – на некоторых телекоммуникационных сетях еще используются медные кабели. Особенно в частном секторе, который имеется почти в каждом районе города.

Медные кабели, которые еще недавно составляли основу телекоммуникационной сети города, и сейчас используется для предоставления простых, но востребованных услуг телефонии и передачи данных посредством организации прямых связей МЧС, МВД, НГТРК, для государственных и частных организаций, не имеющих возможности проложить оптическую линию связи.

Метрологическое обеспечение означает совокупность подходов к организации измерений, конкретных методик, обработки результатов, а также измерительных приборов необходимых для контроля эффективной работы кабельных ИКС. В свою очередь контроль метрологических характеристик (МХ), используемых измерительных приборов – одна из важнейших задач МО. Этот контроль осуществляется при проведении государственных испытаний, поверки, калибровки и метрологической экспертизы средств измерений с помощью специально разработанных методик. Следовательно разработка методик поверки и методик измерения параметров кабельных ИКС являются актуальными и важными задачами.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Связь работы с крупными научными программами

Тема диссертационной работы соответствует основополагающим тезисам указа Президента Республики Беларусь от 7 апреля 2022 г. №136 «Об органе государственного регулирования в сфере цифрового развития и вопросах цифровизации» а также утверждённой государственной программе «Цифровое развитие Беларуси» на 2021-2025 гг. утверждённой постановлением Совета Министров Республики Беларусь № 66 от 2 февраля 2021г. «О государственной программе «Цифровое развитие Беларуси» на 2021-2025 годы».

Цель и задачи исследования

Целью настоящей диссертационной работы является разработка методик определения метрологических характеристик (МХ) средств измерений (СИ) параметров кабельных инфокоммуникационных сетей и методик измерения параметров этих сетей.

Для достижения этой цели поставлены и решены следующие задачи:

- проведен анализ современных методов и СИ параметров кабельных инфокоммуникационных сетей (ИКС);
- выбрано универсальное СИ, позволяющее измерять большинство параметров и характеристик кабельных ИКС и их компонентов, описано его устройство, принцип действия, МХ и порядок проведения измерений;
- разработана и обоснована методика определения МХ выбранного СИ;
- разработаны и обоснованы методики измерения параметров и характеристик кабельных ИКС;
- проведено экспериментальное опробование разработанных методик.

Основные результаты работы:

- разработана и обоснована методика поверки прибора кабельного ИРК-ПРО Гамма;
- разработаны методики измерения параметров и характеристик ИКС;
- предложены и обоснованы алгоритмы обработки результатов экспериментальных исследований МХ прибора кабельного ИРК-ПРО Гамма, а также методики оценки неопределенности измерений параметров кабельных ИКС.

Практическая ценность работы заключается в том, что разработанная методика поверки является основой для написания методик поверки измерительных приборов для измерения параметров кабельных ИКС и исследования их метрологических характеристик. Разработанные методики измерения параметров кабельных ИКС с оценкой неопределенности этих измерений могут быть использованы в практической деятельности при строительстве и эксплуатации кабельных ИКС.

Личный вклад соискателя ученой степени

Содержание диссертации отображает личный вклад автора. Он заключается в разработке методик определения метрологических характеристик СИ параметров кабельных инфокоммуникационных сетей, методик измерения параметров этих сетей с оценкой неопределенности измерений, экспериментальному исследованию их метрологических характеристик, оценке эффективности разработанных алгоритмов, обработке и анализе полученных результатов, формулировке выводов.

Определение целей и задач исследований, интерпретация и обобщение полученных результатов проводились совместно с научным руководителем к.т.н., доцентом А.П. Белошицким.

Апробация диссертации и информация об использовании ее результатов

Основные положения и результаты диссертационной работы докладывались и обсуждались на: 59-й Научной конференции аспирантов, магистрантов и студентов «Информационная безопасность» – БГУИР (Минск, 17-23 апреля 2023г.), 60-й Научной конференции аспирантов, магистрантов и студентов «Информационная безопасность» – БГУИР (Минск, 22-26 апреля 2024г.) и опубликованы в материалах этих конференций, IV международной научно-практической конференции «Качество образовательного процесса: проблемы и пути развития» – военный факультет БГУИР (Минск, 16 мая 2024г.).

Результаты диссертационной работы планируется использовать в учебном процессе Белорусского государственного университета информатики и радиоэлектроники.

Опубликование результатов диссертации

По результатам исследований, представленных в диссертации, опубликованы 3 печатных работы, в том числе: 3 статьи в сборниках и материалах конференций.

Структура и объем диссертации

Диссертационная работа состоит из введения, общей характеристики работы, четырех глав с выводами по каждой главе, заключения, библиографического списка, восьми приложений.

Общий объем диссертационной работы составляет 106 страниц, из них 74 страницы текста, 36 рисунков на 32 страницах, 27 таблиц на 24 страницах, список использованных библиографических источников (42 наименования на 3 страницах), список публикаций автора по теме диссертации (3 наименования на 2 страницах), 2 приложения на 12 страницах, графический материал на 21 странице.

Проверка на уникальность

Проведена экспертиза диссертации ФИО «Название магистерской диссертации» на корректность использования заимствованных материалов с применением сетевого ресурса «Антиплагиат» (адрес доступа: <https://antiplagiat.ru>) в on-line режиме 24.05.2024 г. В результате проверки установлена корректность использования заимствованных материалов (оригинальность диссертационной работы составляет 72 %).

КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении рассмотрены современные проблемы необходимости разработки методик определения метрологических характеристик средств измерения в инфокоммуникационных сетях.

В общей характеристике работы показана связь диссертации с приоритетными направлениями научных исследований, приведены цели и задачи исследования, личный вклад соискателя ученой степени, апробация результатов работы.

В первом разделе «Обзор и анализ современных методов и средств измерения параметров и характеристик кабельных инфокоммуникационных сетей» рассмотрены современные методы измерения параметров кабельных инфокоммуникационных сетей, описаны виды измерений.

Приводятся результаты анализа современных методов измерения следующих параметров кабельных линий связи: индуктивности, ёмкости, сопротивления изоляции; а также вторичных параметров: волнового сопротивления, коэффициента затухания, коэффициента фазы.

Рассмотрены существующие современные средства измерения параметров кабельных ИКС и приведена их характеристика.

Во втором разделе «Устройство, принцип действия и метрологические характеристики прибора кабельного ИРК-ПРО Гамма» рассмотрен состав, метрологические характеристики и порядок выполнения измерений с помощью этого прибора.

Прибор кабельный ИРК-ПРО Гамма предназначен для измерения расстояния до понижения изоляции кабеля, определения места обрыва или перепутывания жил кабеля, измерения сопротивления изоляции, шлейфа, омической асимметрии, электрической емкости всех типов кабелей.

В третьем разделе «Методика поверки прибора кабельного ИРК-ПРО Гамма» приводится описание разработанной методики поверки (МП). МП включает в себя определение следующих метрологических характеристик прибора:

- определение абсолютной погрешности измерения сопротивления изоляции;
- определение абсолютной погрешности измерения сопротивления шлейфа;
- определение абсолютной погрешности измерения расстояния до места повреждения изоляции кабеля;
- определение абсолютной погрешности измерения электрической емкости кабеля;
- определение погрешности частоты следования калибровочных меток;

– определение погрешности измерения расстояния рефлектометром.

Определены значения поверяемых точек. Для каждой МХ приведены и описаны методики проведения измерений и проведена разработка алгоритмов обработки результатов измерений для оценки погрешности измерений.

В четвертом разделе «Методика измерения параметров кабельных линий связи» приведены разработанные методики измерения электрической емкости и сопротивления изоляции абонентского кабеля.

Для каждого измеряемого параметра разработана и описана методика оценивания неопределенности измерений. При этом использовались следующие модели измерений:

1 Для электрической емкости кабеля:

$$C = C_{изм} + \Delta_C + \Delta_{счит}$$

где $C_{изм}$ – значение электрической емкости, измеренное прибором, нФ;

Δ_C – поправка на погрешность прибора, нФ;

$\Delta_{счит}$ – поправка на дискретность измерений, нФ.

2 Для сопротивления изоляции кабеля:

$$R = R_{изм} + \Delta_R + \Delta_{Rсчит}$$

где $R_{изм}$ – значение сопротивления изоляции, измеренное прибором, МОм;

Δ_R – поправка на погрешность прибора, МОм;

$\Delta_{Rсчит}$ – поправка дискретность измерения, МОм.

Обработка результатов измерений состоит из оценки значения измеряемой физической величины и расчета неопределенности результата измерения – параметра, характеризующего дисперсию значений, которые могут быть обоснованно приписаны измеряемой величине.

Для доказательства эффективности разработанной методики измерения электрической емкости кабельных линий связи описана методика определения повторяемости, прецизионности, и точности разработанной методики.

В пятом разделе «Результаты экспериментальных исследований» приведены результаты измерения электрической емкости и сопротивления изоляции линии связи с использованием разработанных методик измерения. Произведен сравнительный анализ результатов измерений. Определена прецизионность полученных результатов.

Экспериментальные исследования проводились по методикам, изложенным в разделе 4.

В ходе проведенных экспериментальных исследований получены следующие результаты:

– результат измерения электрической емкости $R_{из}=(23,4 \pm 1,6)$ МОм, $p = 0,95$, $k = 2$;

– результат измерения сопротивления изоляции $C=(394,5 \pm 2,8)$ нФ, $p = 0,95$, $k = 2$.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В диссертационной работе проведен анализ современных методов и средств измерений, используемых в сетях и системах инфокоммуникаций. Описаны основные измеряемые параметры и характеристики методов измерений в сетях и системах инфокоммуникаций.

Рассмотрен принцип действия, режимы работы прибора кабельного ИРК-ПРО Гамма, а также порядок работы с ним и его метрологические характеристики. Описанный прибор обладает широкими функциональными возможностями, позволяющими не только проводить измерения, а также проводить статическую обработку информации по проведенным измерениям, автоматический учет коррекции результатов измерения и обмен информации с внешними устройствами через интерфейс USB.

Приведена разработанная методика поверки прибора кабельного ИРК-ПРО Гамма. При разработке методики поверки были определены основные метрологические характеристики, которые необходимо контролировать при поверке, а также значение поверяемых точек. Выбраны эталонные средства измерений, с помощью которых возможно контролировать эти метрологические характеристики. В разработанной методике поверки составлены и описаны схемы подключений средства измерений, а также алгоритмы обработки результатов измерений. Приведена методика поверки для прибора кабельного ИРК-ПРО Гамма, в соответствии с Постановления Госстандарта № 44 от 24 апреля 2021 года.

Приведены разработанные методики измерений электрической емкости и сопротивления изоляции с помощью прибора кабельного ИРК-ПРО Гамма. Предложены и описаны методики оценивания неопределенностей измеряемых параметров.

Разработанная методика поверки носит универсальный характер и может быть использована на практике для поверки рефлектометров различных марок и производителей.

Разработанные методики проведения измерений параметров инфокоммуникационных сетей и методики оценки неопределенностей

измерений этих параметров позволяют контролировать указанные параметры с требуемой точностью и достоверностью.

Приведены результаты экспериментальных исследований метрологических характеристик прибора кабельного ИРК-ПРО Гамма. При проведении экспериментальных исследований была использована разработанная методика поверки. При обработке результатов поверки подтверждены метрологические характеристики прибора, заявленные производителем и произведена оценка неопределенности результатов измерений, составлен бюджет неопределенности.

Основные положения и результаты диссертационной работы докладывались и обсуждались на: 59-ой научной конференции аспирантов, магистрантов и студентов «Информационная безопасность» – БГУИР (Минск, 17–21 апреля 2023г.), 60-й научной конференции аспирантов, магистрантов и студентов «Информационная безопасность» – БГУИР (Минск 22-26 апреля 2024г.), IV международной научно-практической конференции «Качество образовательного процесса: проблемы и пути развития» – БГУИР (Минск 16 мая 2024г.).

СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ СОИСКАТЕЛЯ

Статьи конференций

1-А. Валова И.Н. Методика поверки прибора кабельного ИРК-ПРО Гамма /И.Н.Валова, Белошицкий А.П./«РАДИОТЕХНИКА И ЭЛЕКТРОНИКА» сборник материалов 59-я научной конференции аспирантов, магистрантов и студентов 17–21 апреля 2023 года «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники», 17-23 апреля 2023 г., БГУИР, Минск, Беларусь: сборник материалов. – Мн. – 2023. –С. 92-95.

2-А. Валова И.Н. Методика поверки измерителя параметров кабельных линий ДЕЛЬТА-ПРО+ /И.Н.Валова, Белошицкий А.П./ «ИНФОРМАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ» сборник материалов 60-я научной конференции аспирантов, магистрантов и студентов 22-26 апреля 2024 года «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники», 22-26 апреля 2024 г., БГУИР, Минск, Беларусь: сборник материалов. – Мн. – 2024. –С. 101-103.

3-А. Валова И.Н. Лабораторная работа по приборам, используемым для измерения параметров кабельных линий связи /И.Н.Валова/ «КАЧЕСТВО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА: ПРОБЛЕМЫ И ПУТИ РАЗВИТИЯ»

сборник материалов IV международной научно-практической конференции 16 мая 2024года «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники», 16 мая 2024 г., БГУИР, Минск, Беларусь: сборник материалов. – Мн. – 2024. –С. 79-80.