

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

УДК 621.317.783-026.61

ОРЕХОВ
Артем Константинович

**МЕТОДИКИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ
ХАРАКТЕРИСТИК ИЗМЕРИТЕЛЕЙ ОПТИЧЕСКОЙ МОЩНОСТИ В
ИНФОКОММУНИКАЦИОННЫХ СЕТЯХ**

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 электросвязь переживает период бурного роста и радикальных качественных изменений. Развитие инфокоммуникационных сетей является фактором, определяющим общий уровень материальной культуры.

Для того, чтобы решить задачи своевременного обнаружения и локализации неисправностей, а также прогнозирование возможного ухудшения качества, необходимо иметь в составе каждого звена аппаратуры систем передачи аппаратуру контроля состояния цифрового тракта и качества, передаваемого по нему сигнала. Таким образом, при создании любой сети, будь то локальная сеть или магистральная транспортная сеть, проблемы ее обслуживания, в том числе создания соответствующего комплекса контрольно-измерительной аппаратуры являются весьма актуальными, приобретают первостепенное значение.

Современные волоконно-оптические линии связи (ВОЛС) характеризуются широкой номенклатурой, диапазонами, разными параметрами и характеристиками. Эти параметры и характеристики необходимо контролировать на всех этапах их жизненного цикла (разработка, строительство, эксплуатация). Для контроля этих характеристик необходимы средства измерений (СИ), которые обладают широкими функциональными возможностями, малыми погрешностями, высокой степенью автоматизации измерений. Большинству из этих требований удовлетворяет оптический тестер ОТ-2-8. В свою очередь для его применения необходимо периодически контролировать метрологические характеристики (МХ) данного прибора, которые определяются при его поверке и калибровке. Важной составной частью методики калибровки являются методики оценки неопределенности измеряемых параметров.

Следовательно разработка методик определения МХ оптических СИ и методик оценки неопределенности измерений является весьма важными и актуальными 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».

Работа выполнялась в учреждении образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники».

Цель и задачи исследования

Целью настоящей диссертационной работы является разработка методик определения метрологических характеристик (методик поверки и калибровки) средств измерений оптической мощности в инфокоммуникационных сетях (ИКС).

Для достижения поставленной цели в диссертации решены следующие задачи:

- проведен обзор и анализ современных методов и СИ оптической мощности в ИКС;
- выбрано современное средство измерений оптической мощности, обладающее широкими функциональными возможностями и высокими МХ, проанализировано и описано его устройство и порядок проведения измерения с его помощью;
- разработаны методики поверки и калибровки оптического тестера ОТ-2-8;
- проведены экспериментальные исследования метрологических характеристик оптического тестера ОТ-2-8 с использованием разработанных методик.

Основные результаты работы:

- разработаны методики поверки и калибровки оптического тестера ОТ-2-8;
- предложены алгоритмы обработки результатов экспериментальных исследований МХ ОТ-2-8, а также методика оценки неопределенностей результатов измерений оптической мощности и затухания с помощью калибруемого прибора.

Практическая ценность работы заключается в том, что разработанные методики поверки и калибровки оптического тестера являются основой для написания методик поверки и калибровки оптических тестеров конкретных типов и исследования их метрологических характеристик.

Личный вклад соискателя ученой степени

Содержание диссертации отображает личный вклад автора. Он заключается в разработке и обосновании методик определения МХ СИ оптической мощности в ИКС, методик оценки неопределенности измерений,

разработке алгоритмов обработки результатов измерений при поверке и калибровке СИ оптической мощности, экспериментальному исследованию их МХ, 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. Результаты диссертационной работы планируется использовать в практической деятельности Могилевского филиала РУП «Белтелеком»

Опубликование результатов диссертации

По результатам исследований, представленных в диссертации, опубликовано 4 печатных работы, в том числе: 2 статьи и 2 тезиса доклада в сборниках и материалах конференций.

Структура и объем диссертации

Диссертационная работа состоит из введения, общей характеристики работы, четырех разделов с выводами по каждому разделу, заключения, библиографического списка, презентации.

Общий объем диссертационной работы составляет 84 страницы, из них 74 страницы текста, 12 рисунков на 11 страницах, 37 таблиц на 34 страницах, список использованных библиографических источников (30 наименований на 2 страницах), список публикаций автора по теме диссертации: 4 наименования.

Проверка на уникальность

Проведена экспертиза диссертации Орехова Артема Константиновича «Методики определения метрологических характеристик измерителей оптической мощности в инфокоммуникационных сетях» на корректность использования заимствованных материалов с применением сетевого ресурса «Антиплагиат» (адрес доступа: <https://antiplagiat.ru>) в on-line режиме 21 апреля 2024 г. В результате проверки установлена корректность использования

заимствованных материалов (оригинальность диссертационной работы составляет 79,74 %).

КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении рассмотрены проблемы необходимости разработки методик определения метрологических характеристик (методики поверки и методики калибровки) средств измерений оптической мощности в инфокоммуникационных сетях.

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

В первом разделе «Обзор и анализ современных методов и средств измерения оптической мощности инфокоммуникационных устройств, сетей и систем». Рассмотрены современные методы и средства измерения оптической мощности инфокоммуникационных устройств, сетей и систем.

Приводятся результаты анализа следующих современных методов измерения оптической мощности инфокоммуникационных устройств, систем и сетей:

- 1 Метод измерения вносимых потерь оптических элементов.
- 2 Метод измерения возвратных потерь.
- 3 Метод измерения мощности на выходе оптических волокон.
- 4 Метод измерения мощности на выходе одномодовых и многомодовых оптических волокон.
- 5 Метод измерения абсолютной мощности.

Описаны современные средства измерений параметров ИКС: оптических измерителей мощности, оптических тестеров и оптических рефлектометров. Проанализированы их МХ и функциональные возможности.

Для поведения дальнейших исследований выбран оптический тестер ОТ-2-8. Приводится его МХ, описание структурной схемы и порядок работы с прибором.

Во втором разделе «Методика поверки оптического тестера ОТ-2-8» приводится описание разработанной методики поверки (МП). МП включает в себя определение следующих метрологических характеристик:

- определение относительной погрешности измерения для опорного уровня оптического излучения 1 мВт на длинах волн калибровки;
- определение относительной погрешности измерения относительных уровней мощности оптического излучения;

- определение мощности источника оптического излучения;
- определение нестабильности мощности источника оптического излучения.

Для определения этих МХ были выбраны следующие эталонные СИ:

- оптический генератор ОГ 2-1;
- оптический тестер ОТ 2-3А.

Для каждой МХ приведены и описаны методики проведения измерений и алгоритмы обработки результатов измерений для оценки погрешности измерений.

В третьем разделе «Методика калибровки оптического тестера ОТ-2-8» приводится описание разработанной методики калибровки. Методика включает в себя операции и средства калибровки, условия калибровки и подготовка к ней, процедуру измерений и методику оценки неопределенности определения метрологических характеристик прибора.

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

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

- для оценки отклонения измерения оптической мощности

$$\Delta P = P_T - P_э - \Delta_э + \Delta_k, \text{ мВт},$$

где P_T – показание калибруемого тестера, мВт

$P_э$ – показание эталонного тестера, мВт;

$\Delta_э$ – поправка на погрешность эталонного тестера;

Δ_k – поправка на погрешность калибруемого тестера.

- для определения отклонения измерения затухания

$$\Delta_A = A_T - A_э - \Delta_э + \Delta_k, \text{ дБ},$$

где Δ_A – оцениваемое отклонение измерения затухания;

A_T – показание калибруемого тестера, дБ;

$A_э$ – показание эталонного тестера, дБ;

$\Delta_э$ – поправка на погрешность эталонного тестера;

Δ_k – поправка на погрешность калибруемого тестера.

В четвертом разделе «Результаты экспериментальных исследований метрологических характеристик оптического тестера ОТ-2-8» приведены результаты экспериментальных исследований МХ оптического тестера с использованием разработанных методик поверки и калибровки.

Полученные результаты экспериментальных исследований хорошо согласуются с параметрами установленными в эксплуатационной документации на этот тестер.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведен анализ современных методов и средств измерений оптической мощности, используемых в сетях и системах инфокоммуникаций. Описаны основные измеряемые параметры ИКС и приведены результаты анализа современных методов и средств измерений оптической мощности в ИКС.

Рассмотрен принцип действия, структурная схема, режимы работы оптического тестера ОТ-2-8, а также порядок работы с ним и его метрологические характеристики.

Приведена разработанная методика поверки оптического тестера ОТ-2-8. 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. Методика поверки оптического тестера ОТ-2-8 разработана в соответствии с Постановлением Государственного комитета по стандартизации Республики Беларусь 21 апреля 2021 г. № 40 «Об осуществлении метрологической оценки в виде работ по государственной поверке средств измерений».

Приведена разработанная методика калибровки оптического тестера ОТ-2-8. Предложены и описаны методики оценки неопределенности измерений калибруемых параметров. Методики разработаны в соответствии с требованиями Постановления Государственного комитета по стандартизации Республики Беларусь 23 апреля 2021 г. № 42 «Об утверждении Правил осуществления метрологической оценки в виде работ по калибровке средств измерений».

Приведены результаты экспериментальных исследований МХ оптического тестера ОТ-2-8 с использованием разработанных методик.

Полученные результаты хорошо согласуются с МХ тестера заявленных производителем.

Практическая ценность работы заключается в том, что разработанные методики поверки, калибровки и методики оценивания неопределенностей носят универсальный характер и могут быть использованы на практике для разработки методик поверки и калибровки оптических измерителей мощности других типов измерителей оптической мощности.

СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ СОИСКАТЕЛЯ

1–А Орехов, А. К. Методика поверки оптического тестера ОТ-2-8/ Орехов А. К., Ковалёв Д. В. // «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. 59-62.

2–А Ковалёв, Д. В. Методика выполнения измерений оптической длины линии (волокна) оптическим рефлектометром МТР 6000/ Ковалёв Д. В., Орехов А. К. // «ИНФОРМАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ» 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. 101-103.

3–А Ковалёв, Д. В. Методика определения абсолютной погрешности измерений расстояний оптическим рефлектометром МТР 6000/ Ковалёв Д. В., Орехов А. К. // «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. – Принята к публикации.

4–А Орехов, А. К. Методики выполнения измерений затухания оптических волокон и кабелей оптическим тестером ОТ-2-8/ Орехов А. К., Ковалёв Д. В. // «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. – Принята к публикации.