

На рубеже веков - новые задачи.

В современном мире важнейшим фактором успешного развития стран, регионов, и компаний является эффективное использование передовых информационных технологий.

Редакция в рамках комплексной программы улучшения информационного обслуживания наших читателей поставила перед собой задачу существенно повысить качество информационного бюллетеня «Фотон-Экспресс».

В первую очередь это сказалось на объёме предоставляемой информации. С 8 полосного издания мы перешли на 16 полосный, а начиная с этого номера, – на 20 полосный выпуск.

В 2000 году планируется выход следующих тематических номеров:

№18 «Методы измерений в ВОЛС»

№19 «Оптические волокна, кабели и муфты»

№20 «Монтаж и практика измерений в ВОЛС»

№21 «Современные ВОЛС»

№22 Итоговый выпуск

К написанию информационных материалов привлекаются ведущие специалисты в области волоконно-оптической техники, в том числе специалисты ВНИИОФИ, ИРЭ РАН, Санкт-Пете-

рбургского университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича. Начиная с этого номера, мы будем знакомить читателей с нашими авторами.

«Фотон-Экспресс» открыт для высказывания различных точек зрения по проблемам, обсуждаемым на страницах бюллетеня. Мы ждём от наших читателей материалы по актуальным проблемам волоконно-оптической техники.

В этом номере представлен обзор новостей, материалы, связанные с вопросами метрологического обеспечения измерений и измерением общих потерь в ВОЛС. В статье, посвящённой защите информации в ВОЛС, рассматриваются возможности повышения надёжности передачи информации за счёт контроля параметров ВОЛС.

Еще раз напоминаем читателям о возможностях сетевой конференции «Диалог со специалистом»: на нашем сайте www.telserv.ru вы сможете задать вопросы по волоконно-оптической тематике, на которые Вам ответят ведущие специалисты ОАО «Мостелефонстрой», ЗАО «НФ Электропровод», ВНИИОФИ, ЦНИИС, ИРЭ РАН.

Волоконно-оптическая связь на рубеже тысячелетий

Информационный мир, с наступлением 3-го тысячелетия, вступает в эру терабитных скоростей передачи и обработки информации.

Потапов В. Т.

Главный редактор, доктор технических наук

ПОСЛЕДНИЕ десятилетия XX века характеризовались бурным ростом спроса на услуги связи и передачи информации. Согласно статистике

объём передаваемой в мире информации и оказываемых услуг связи увеличивались по экспоненциальному закону, при этом реальный спрос постоянно превышал прогнозируемый. Судя по всему, такая же тенденция сохранится и на ближайшие годы. Очевидно,

что сложившаяся ситуация эффективно стимулировала и стимулирует исследования и разработки по совершенствованию систем связи и телекоммуникаций, приводя к появлению новых, более совершенных технологий. Одной из таких технологий, рожденных в конце последнего столетия, явилась передача оптических сигналов по волокну или волоконно-оптическая связь.

В настоящее время волоконно-оптическая связь занимает значительную долю рынка телекоммуникаций (уже более

10%). При этом существует большой нереализованный потенциал в части повышения скорости передачи информации по оптическим волокнам и снижения стоимости услуг в расчете на бит передаваемой информации. На реализацию этого потенциала направлены последние разработки сверхскоростных волоконно-оптических линий связи и систем обмена информацией на их основе.

Как отмечалось в предыдущем номере «Фотон-Экспресс» со ссылкой на труды Международной Конференции по волоконно-оптической связи (OFC '99), в последнем году этого тысячелетия уже продемонстрирована возможность передачи информации по единичному волокну со скоростью 3 Тбит/с на расстояние 40 км. По мнению специалистов, уже в ближайшие годы возможна практическая реализация таких ВОЛС и их применение в современных телекоммуникационных сетях, а в лабораторных условиях будут продемонстрированы возможности создания ВОЛС на скорости передачи информации в десятки Тбит/с.

Наряду с магистральными системами связи, важнейшими потребителями таких ВОЛС будут системы связи, обеспечивающие передачу данных во всемирной сети Интернет и телеконференций, трафик которых возрастает более чем на 200% в год!

Практическая реализация сверхскоростных ВОЛС и сис-

тем на их основе связана с решением целого ряда научных и инженерно-технических проблем.

В настоящее время в мире созданы и функционируют коммерческие ВОЛС, в которых за счет применения технологии временного уплотнения сигнала (TDM) скорость передачи информации по одному волокну составляет десятки Гбит/с. Сообщается о готовности к запуску в коммерческую эксплуатацию ВОЛС на скорости до 1 Тбит/с на основе технологии спектрального (или частотного) уплотнения (DWDM).

Основным препятствием на пути реализации таких скоростных ВОЛС, помимо создания волоконно-оптического кабеля (ВОК) с малым затуханием и разработки быстродействующей оконечной аппаратуры, является дисперсия света в волокне – зависимость скорости распространения света от длины волны. Вследствие этой зависимости, а также конечной ширины линии генерации источника излучения, различные спектральные составляющие сигнала распространяются с различными скоростями, что приводит к уширению световых импульсов на выходе; большая дисперсия может вызвать перекрытие импульсов и, как следствие, ошибки в передаче информации.

В одномодовом оптическом волокне имеет место хроматическая дисперсия, которая состоит из материальной и волноводной составляющих, и по-

ляризационно-модовая дисперсия (ПМД). Материальная составляющая хроматической дисперсии (или материальная дисперсия) определяется зависимостью показателя преломления материала волокна (кварца) от длины волны света, а волноводная зависит от распределения показателя преломления по диаметру волокна.

Материальная дисперсия стандартного кварцевого волокна со ступенчатым профилем показателя преломления обращается в нуль в диапазоне длин волн $\lambda=1,272\pm 1,308$ мкм в зависимости от степени легирования и типа легирующей примеси световедущей жилы; она является положительной при $\lambda>1,27\pm 1,3$ мкм и отрицательной при $\lambda<1,27\pm 1,3$ мкм.

Волноводная дисперсия зависит от профиля показателя преломления волокна и также может иметь различные знаки. Это открывает возможности для сдвига области нулевой дисперсии волокна в нужный диапазон длин волн за счет выбора профиля показателя преломления и соответствующей технологии.

Таким образом были реализованы оптические волокна и кабели со «смещенной» дисперсией на длине волны 1,55 мкм, которые использовались на протяженных высокоскоростных линиях связи в Японии, Италии, США. Эти волокна оптимизированы на одну рабочую длину волны $\lambda=1,55$ мкм, и в ВОЛС на их основе могут ус-

Высокие технологии для ВОЛС

Телеком Комплект Сервис

Приглашает Вас посетить свою экспозицию на выставке «НОРВЕКОМ 2000». Выставка пройдет с 15 по 19 февраля в г. Санкт-Петербурге. Место проведения:

Выставочный комплекс Ленэкспо в Гавани, Большой проспект Васильевского Острова, 103, павильон №2, стенд 211



Новый малогабаритный универсальный рефлектометр

AQ7250



Самая привлекательная цена

Основные характеристики

- Динамический диапазон 41,5/39,5 дБ (1,31/1,55 мкм), диапазон измеряемых длин трасс до 240 км.
- Ускоренная обработка сигнала позволяет измерить неоднородность 0,5 дБ на конце 70 км кабеля за 20 с.
- Режим стабилизированного источника излучения.
- Дополнительный блок измерителя оптической мощности обеспечивает точность измерений полных потерь трассы до 0,1 дБ.
- Более 10,000 рефлектограмм могут быть сохранены на жестком сменном диске PCMCIA объемом в 260 МВ. Данные могут быть экспортированы в формат соответствующий стандарту Bellcore GR-196-CORE.
- Дополнительно встраиваемый принтер позволяет распечатать рефлектограмму менее чем за 10 с.
- Ni - ME батарея обеспечивает непрерывную работу прибора в течение 8 ч, время подзарядки не превышает 4 ч.
- При размерах 290 мм x 194 мм x 75 мм прибор имеет массу всего 3 кг.
- Руссифицированное меню экранных команд.
- Программное обеспечение для PC.

пешно применяться методы временного уплотнения (мультиплексирования) сигналов – TDM технологии на одной длине волны $\lambda=1,55$ мкм.

Для создания сверхскоростных ВОЛС, в которых реализуется многоканальная передача информации на нескольких длинах волн (вплоть до 40) с применением технологии спектрального мультиплексирования (DWDM), такие волокна оказались непригодными. Поэтому рядом ведущих фирм (Lucent Technology, Fujikura, Corning) были разработаны специальные одномодовые волокна на диапазон длин волн 1,5÷1,6 мкм с ненулевой смещенной дисперсией (NZDS волокно).

Основным свойством таких волокон является то, что они имеют некоторую ненулевую правильно подобранную величину хроматической дисперсии, которая, с одной стороны, позволяет передавать сигналы без искажения в достаточно широкой спектральной полосе на большие расстояния, а с другой стороны, позволяет избежать наводок и шумов, вызываемых соседними спектральными каналами вследствие нелинейных эффектов, то есть перекрестных помех в линии.

NZDS-волокна могут быть изготовлены как с положительной, так и отрицательной величиной дисперсии, что позволяет компенсировать дисперсию в ВОЛС без применения дополнительных компенсаторов. Принципы компенсации (балансировки) дисперсии и основные свойства и характеристики NZDS волокон достаточно полно были описаны «Фотон-Экспресс» №15 за 1999 год.

Таким образом, с появлением NZDS-волокон были сняты ограничения на скорости передачи информации по ВОЛС, обусловленные хроматической дисперсией в волокне, и открыты возможности для практической реализации многоканальных ВОЛС на основе технологии DWDM в полосе усиления эрбиевых волоконно-оптических усилителей света ($\lambda=1,5\div 1,6$ мкм). В этом направлении сосредоточены сейчас основные усилия разработчиков ВОЛС и соответствующей аппаратуры. На этом этапе освоения ВОЛС важную роль начинают играть уже другие фундаментальные характеристики оптического волокна и остальных элементов ВОЛС, а именно: поляризационная модовая дисперсия (ПМД) волокна и полоса усиления эрбиевых волоконно-оптических усилите-

лей света. Состояние исследований в области ПМД волокна, волоконно-оптических усилителей и перспективы решения имеющихся проблем будут рассмотрены в следующих номерах «Фотон-Экспресс».

В заключение мы хотели бы обратить внимание на следующее обстоятельство. Очевидно, что с ростом количества ВОЛС, увеличением скорости передачи информации по ВОЛС и их протяженности на одно из первых мест выходит проблема надежности ВОЛС. Решение этой проблемы напрямую связано с развитием существующих и разработкой новых методов и устройств для измерения и контроля характеристик ВОЛС: полного затухания в трактах с определением мест повышенных потерь; дисперсии, в том числе и ПМД; рабочего состояния усилителей света и регенераторов сигналов; мультиплексоров и демультиплексоров.

Потапов Владимир Тимофеевич, доктор технических наук, профессор.
Область научных интересов: оптоэлектроника и волоконная оптика. Имеет более 100 научных трудов.

«ТКС-Информ» открыл цикл семинаров 2000 года.

С 17 января консультативно-информационный центр «ТКС-Информ» открыл цикл обучающих семинаров 2000 года.

Н. М. Волкова, «ТКС-Информ»

НАИБОЛЬШЕЙ популярности среди слушателей пользуется семинар «Монтаж и измерения ВОЛП». В 1999 году обучение на этом семинаре прошли более 50 слушателей, в том числе специалисты из Москвы, регионов России и Украины.

На семинаре большая роль отводится практическим занятиям. Обучающиеся проводят монтаж и сварку оптического кабеля в муфтах, имитируя линию связи, а затем с помощью рефлектометров фирмы «ANDO» измеряют затухание в сварных соединениях и с помощью мультиметра проверяют затухание всей смонтированной линии связи. Слушатели семинара получают весь пере-



чень исполнительной документации, необходимой при сдаче линейной связи в эксплуатацию, документы по технике безопасности при работе на ВОЛС. Слушателей знакомят с большим объемом

измерительного оборудования различных фирм производителей, которое встречается на отечественном рынке волоконно-оптической техники. Это позволяет специалистам грамотно сделать выбор необходимого им оборудования и решить технические вопросы, возникающие при измерении ВОЛС.

Этот семинар фирма «Телеком Комплект Сервис» проводит совместно с ОАО «Мостелефонстрой» и АО «Связьстройдеталь». По окончании семинара выдаются свидетельства о прохождении обучения на сварочном оборудовании фирмы «FUJIKURA» и измерительном оборудовании фирмы «ANDO», удостоверение на монтаж муфт АО «Связьстройдеталь» и удостоверение ОАО «Мостелефонстрой» на право проведения строительно-монтажных работ.

Волкова Наталья Михайловна, руководитель консультативно-информационного центра «ТКС-Информ». Область научных интересов: волоконно-оптические линии связи, аналоговые и цифровые системы передачи информации. Имеет 5 научных трудов.

Новые технологии при строительстве и эксплуатации ВОЛП

- ♦ Новая система контроля надежности оптического кабеля с помощью бриллюэновской рефлектометрии.
- ♦ Новые типы оптических волокон для высокоскоростных систем связи.
- ♦ Особенности строительства волоконно-оптических линий передач в ПВХ трубах.
- ♦ Технология строительства ВОЛП с использованием подвешенного и самонесущего кабеля.
- ♦ Типы и конструкции оптических муфт.
- ♦ Обзор рынка сварочного и измерительного оборудования.
- ♦ Требования, предъявляемые Госсвязьнадзором при сдаче и в процессе эксплуатации ВОЛП.

Участникам семинаров предоставляется нормативно-методическая литература, удостоверения и свидетельства на право проведения строительно-монтажных работ.

Монтаж и измерение линейных сооружений ВОЛП

- ♦ Принцип действия, типы и режимы работы оборудования для сварки оптических волокон.
- ♦ Приборы, применяемые для измерения и контроля волоконно-оптических линий. Методика проведения измерений.
- ♦ Практические занятия по сварке и измерениям.
- ♦ Монтаж городских и магистральных оптических муфт.

Вопросы технической эксплуатации современных систем передачи для ВОЛП

- ♦ Существующие и перспективные сетевые технологии.
- ♦ Оборудование линейного тракта для ВОЛП. Оптические усилители и мультиплексоры.
- ♦ Концепция технической эксплуатации современных ВОСП.
- ♦ Принципы организации систем технической эксплуатации и управления сетью электросвязи.

Принять правильное решение в условиях непрерывно развивающегося технического прогресса Вам помогут наши



ТЕЛЕКОМПЛЕКТ
Сервис

Москва, пр. Мира 125.
Тел: (095)181-13-55;
факс: 742-80-52;
эл. почта: info@telserv.ru

GTS и FLAG Telecom решили прокладывать новый трансатлантический кабель

Компании **Global TeleSystems Group (GTS)** и **FLAG Telecom** объявили о предстоящем создании совместного предприятия для построения и эксплуатации первой в мире двойной трансокеанской кабельной системы. Она будет предназначена для передачи речи, данных и видео на скоростях до 1,28 Тбит/с (за одну секунду можно будет передать видеосборник приблизительно на сто часов показа).

Построение первой очереди **FLAG Atlantic-1**, с пропускной способностью 160 Гбит/с, обойдется приблизительно в 1 млрд долл. В дальнейшем по мере необходимости наращивание пропускной способности сможет осуществляться шагами по 160 Гбит/с.

Система **FLAG Atlantic-1**, спроектированная исходя из современных требований к скорости и надежности передачи, будет использовать лазерный источник излучения для передачи цифровой информации по четырем парам оптических волокон. Кабельная система будет построена по схеме синхронной цифровой иерархии (SDH) и использовать технологию разделения по длине волны с высокой плотностью каналов (**dense wave division multiplexing, DWDM**).

ВОПРОСЫ МЕТРОЛОГИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ИЗМЕРЕНИЙ В ОБЛАСТИ ВОСП

к.т.н. В.Е.Кравцов, д.т.н. С.В.Тихомиров
ВНИИОФИ Госстандарта РФ

В НАСТОЯЩЕЙ статье на основе многолетнего опыта ВНИИ оптико-физических измерений, головного института Госстандарта России в данной области, рассматриваются состояние и проблемы метрологического обеспечения измерений в области волоконно-оптических систем передачи информации (ВОСП) и их компонентов; анализируются возможные подходы к их решению, основные методы и средства, разработанные в России к настоящему времени. Рассматриваются вопросы их дальнейшего развития. Более подробная информация по ряду рассматриваемых вопросов содержится в [1 – 3].

Правовую основу в данной области составляют Законы Российской Федерации «Об обеспечении единства измерений», «О сертификации продукции и услуг», «О связи» (для отрасли «Связь»), а также ряд нормативных документов государственного и ведомственного уровня. Обусловленное указанными документами отнесение задач в данной отрасли, так же как и оборонных и ряда других задач, к сферам государственного контроля и надзора делает необходимым проведение обязательной сертификации, включающей испытания для целей утверждения типа ряда средств измерений (СИ), как отечественных, так и ввозимых по импорту, с внесением их Госстандартом в Государственный Реестр СИ РФ и с последующим проведением первичной и периодических поверок. Испытания СИ для целей утверждения типа проводятся на базе головных метрологических институтов Госстандарта, в данном случае – ВНИИОФИ. В связи с отменой ГОСТ 8.326-89 даже вновь представляемые единичные образцы подобных СИ, для которых ранее можно было провести метрологическую аттестацию, в настоящее время также должны проходить испытания и

включаться в Реестр; только после этого они могут поверяться в соответствующих организациях. В отрасли «Связь» наличие документов, подтверждающих проведение этих работ, контролируется органами «Госсвязьнадзора».

В соответствии с практикой и существующими ГОСТ можно выделить три важнейших группы параметров ВОСП, которые в настоящее время необходимо измерять как в процессе разработки и сдачи систем, так и в процессе эксплуатации:

1. Энергетические параметры и, прежде всего, средняя мощность оптического излучения (относительный и абсолютный уровень).

2. Параметры, характеризующие распространение излучения в волоконно-оптическом тракте: затухание и расстояние до места повреждения (неоднородности).

3. Достоверность передачи информации.

Исходя из этого, можно выделить три основные группы приборов, определяющих соответствие ВОСП существующим Государственным стандартам и однозначно подпадающим под государственный контроль в соответствии с п. 13 Закона «Об обеспечении единства измерений»:

1. Измерители мощности и оптические тестеры, измерительные генераторы (и источники уровня), оптические аттенюаторы с нормируемым вносимым затуханием.

2. Оптические рефлектометры.

3. Измерители коэффициента ошибок. (Анализаторы протоколов)

Указанный перечень согласован Госстандартом и метрологической службой Госкомсвязи.

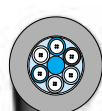
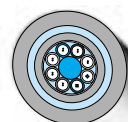
Другие типы средств измерений различных характеристик и параметров ВОСП (а их для ВОСП и их элементов насчитывается не один десяток, в т.ч. спектральных, пространственных, временных и др.) в зависимости от места и области применения могут подлежать как поверке,

ТЕЛЕКОМПЛЕКТ
Сервис

ОКА-М...
САМОНЕСУЩИЙ ПОЛНОСТЬЮ
ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ

ОК-М...
ГОРОДСКОЙ
НЕБРОНИРОВАННЫЙ

ОК-М2(2,9/0,9)...
ДУПЛЕКСНЫЙ
СОЕДИНИТЕЛЬНЫЙ



САМЫЕ НИЗКИЕ ЦЕНЫ

ПОСТАВКА В КРЕДИТ

Оптический кабель Телеком Комплект Сервис - Ваш выбор

**ПРОВЕРЕННЫЕ ПРАКТИКОЙ
КОНСТРУКЦИИ**

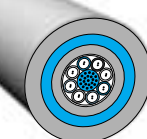
**ОПТИЧЕСКОЕ ВОЛОКНО
ВЫСШЕЙ КАТЕГОРИИ
КАЧЕСТВА**



ОКБ-М...
МАГИСТРАЛЬНЫЙ БРОНИРОВАННЫЙ
СТАЛЬНЫМИ ПРОВОЛОКАМИ



ОКВО-М...
ВНУТРИОБЪЕКТОВЫЙ



ОКС-М...
ГОРОДСКОЙ БРОНИРОВАННЫЙ
СТАЛЬНОЙ ЛЕНТОЙ



ТЕЛ./ФАКС: (095) 956-7687
e-mail: info@telserv.ru
Интернет: www.telserv.ru

так и калибровке.

При постановке в 1980-х годах перед ВНИИОФИ задач метрологического обеспечения измерений в данной области было решено создать по основным видам измеряемых физических величин традиционную иерархию СИ, регламентированную в общем виде соответствующими поверочными схемами. Возглавлять поверочную схему должны эталоны, либо исходные высокоточные СИ (в ранге рабочего эталона или установок высшей точности УВТ), от которых соответствующий размер единицы передается ко вторичным стандартам (ранее – образцовым СИ) и далее к рабочим СИ. Такая работа проводилась в части ВОСП первого поколения в соответствии с утвержденной межведомственной программой.

На основе анализа методов воспроизведения и возможностей их реализации во ВНИИОФИ были разработаны эталонные СИ и УВТ, возглавляющие соответствующие поверочные схемы для основных величин, определяющих:

а) энергетические и динамические характеристики источников и приемников излучения и систем в целом – эталон единицы средней мощности, обеспечивающий калибровку в динамическом диапазоне от $1 \cdot 10^{-12}$ до $1 \cdot 10^{-2}$ Вт (по средней мощности)

в спектральной области 0,85 мкм; 1,3 мкм; 1,55 мкм. (ГОСТ 8.275-91); эталон максимальной мощности и динамических параметров (ГОСТ 8.198-85), работающий в диапазоне $10^{-4} \div 10^{-2}$ Вт.

б) характеристики световодных компонентов – УВТ для поверки СИ затухания, расстояния до места повреждения; полосы пропускания; числовой апертуры; профиля показателя преломления.

Совместно с другими органи-

зациями разработаны Рабочие места поверителей СИ средней мощности и оптических рефлектометров. Разработаны также Поверочная схема (МИ 2559-99) и Методики поверки (МИ 2505-98) для СИ средней мощности оптического излучения и для оптических рефлектометров (МИ 1907-99) в ВОСП.

Проводятся разработки исходных СИ для поверки измерителей параметров одномодового оптического волокна.

ТЕЛЕКОМПЛЕКТ
Сервис

Услуги по метрологическому обеспечению

Сервис-центр ТКС наряду с предпродажной подготовкой оборудования, его гарантийным обслуживанием, модернизацией и ремонтом также оказывает услуги по метрологической аттестации приборов для своих клиентов. По вопросам метрологического обеспечения измерительного оборудования мы тесно сотрудничаем с ВНИИОФИ и ВНИИФТРИ, аккредитованными на право поверки и сертификации изделий в данной области. ВНИИОФИ по договорам, заключенным с Сервис-центром ТКС, осуществляет для наших клиентов первичные и периодические метрологические поверки, проводит работы по утверждению типа единичных образцов СИ. Причем для наших постоянных клиентов эти услуги осуществляются не только для оборудования, купленного у нас, но и у других фирм. На сегодняшний день фактически всё поставляемое фирмой ТКС в Россию оборудование проходит первичную метрологическую поверку и сертификацию на утверждение типа СИ.

В настоящее время ВНИИО-ФИ имеет соответствующую базу и аккредитован на право поверки средств измерений, а также в качестве Государственного Центра сертификации светотехнической и оптической продукции и Государственного Центра испытаний средств измерений. Это позволяет проводить работы по поверке и сертификации изделий в данной области, в том числе импортных. На сегодняшний день с использованием разработанных методов и оборудования во ВНИИОФИ проведены поверки и аттестации различных видов СИ (оптических тестеров и рефлектометров, измерительных комплексов, источников и приемников излучения) фирм «Ando», «Anritsu», «Hewlett-Packard», «Wandel&Goltermann», «Wavetek», «York Technology» и других.

С целью обеспечения единства и достоверности результатов измерений в данной области ВНИИОФИ провел работы по сличению эталонных СИ с метрологическими центрами ряда ведущих стран, в частности с

NIST(США) и PTB (Германия).

В заключение можно сформулировать основные задачи метрологического обеспечения ВОСП:

1. Модернизация, развитие и комплексирование эталонной базы в данной области с целью расширения номенклатуры измеряемых параметров, расширения динамических диапазонов и уменьшения погрешностей воспроизведения и передачи размеров единиц, и проведение международных сличений с ведущими метрологическими институтами.

2. Создание и оснащение государственных и ведомственных метрологических служб автоматизированными многофункциональными рабочими местами для поверки и калибровки СИ и аккредитация этих служб на рассматриваемые виды деятельности. Организация при их участии сервисных центров по обслуживанию СИ, в т.ч. импортных.

3. Переработка существующих и разработка новых нормативных документов с учетом современных требований и гармо-

НОВОСТИ

Госстандарт России и Agilent Technologies подписали соглашение о сотрудничестве

Agilent Technologies (бывшее отделение измерений HP) поставит в Россию оборудование для калибровки на общую сумму 1,5 млн долларов США. Соглашение об этом заключили Госстандарт России и подразделение контрольно-измерительного оборудования компании Agilent Technologies. Договор предусматривает создание в Москве на базе Всероссийского НИИ физико-технических и радиотехнических измерений (ВНИИФТРИ) Центра калибровки, в котором будет размещено это оборудование. В Центре будут проводиться испытания и калибровка контрольно-испытательного оборудования, которое используется в России.

Источник: Newsbytes Fujitsu демонстрирует терабитную передачу данных через оптоволокно длиной 10000 км.

Японская компания Fujitsu Laboratories впервые в мировой практике продемонстрировала передачу данных через оптоволокно длиной 10 000 км со скоростью в 1 Tbit/s.

Уважаемые читатели!

Публикуем последние данные о спросе и предложениях по оборудованию, бывшему в употреблении.

Предложения:

Минирефлектометр Ando AQ-7220 - 1 шт
Сварочный аппарат Fujikura FSM-15S - 1 шт

Спрос:

Сварочный аппарат Fujikura FSM-20CSII - 1 шт
(в любом состоянии)

За дополнительными сведениями, а также для размещения своей информации обращайтесь по тел.:

(095) 956-76-87

e-mail: comm@telserv.ru

ТЕЛЕКОМ П Л Е К Т
СЕРВИС

низацией с международными стандартами и нормами, но не безоговорочного их признания.

4. Углубление сотрудничества и кооперации с метрологической службой Госкомсвязи РФ и ее базовыми организациями по рассматриваемому направлению, а также метрологическими службами предприятий связи других ведомств и организаций, занимающихся ВОСП (МО, МПС, Газпром, РАО ЕЭС и др.). Координация и согласование деятельности с Госсвязьнадзором.

5. Легализация (т.е. проведение испытаний с последующей поверкой) большого количества находящихся в эксплуатации у различных потребителей, ранее ввезенных импортных СИ, по упрощенной процедуре (возможно, аналогично ГОСТ 8.326-89) с одновременным признанием их в системе сертификации «Электросвязь».

Литература:

1. Г.А.Бубук Об основных результатах деятельности метрологической службы Госкомсвязи России и ее ближайших задачах. Метрология и измерительная техника в связи. 1998, №1, с. 2-4.

2. В.С.Иванов, В.Е.Кравцов, С.В.Тихомиров Измерительная техника 1999, №10, с. 24.

3. В.Е.Кравцов, А.М.Лукьянов, Л.В.Подюкова, С.В.Тихомиров. Современные оптические рефлектометры: вопросы метрологического обеспечения Метрология и измерительная техника в связи. 1999, №2, с. 38.

Тихомиров Сергей

Владимирович, д.т.н, нач. лаб. ВНИИОФИ Госстандарта РФ. Область научных интересов: метрология в области лазерного излучения и волоконно-оптических систем. Имеет более 100 научных трудов.

Кравцов Владимир

Евгеньевич, к.т.н., нач. сект. ВНИИОФИ Госстандарта РФ. Область научных интересов: метрология в области лазерного излучения и компонентов волоконно-оптических систем. Имеет более 80 научных трудов.

От редакции

Внимание наших читателей хотим обратить на то, что в современных условиях проблема выбора средств измерений (СИ) для ВОЛС, с учетом современных особенностей метрологического обеспечения этих СИ, не имеет однозначного решения.

С одной стороны, СИ может быть внесено в Госреестр СИ РФ при утверждении типа (например, OFR 13 OFR14 - Grahnert PRECITRONIC и др.), что обеспечивает возможность последующих поверок любого СИ данного типа.

С другой стороны, в Госреестр могут быть внесены и отдельные СИ и партии (например, AQ7220, AQ7250, AQ2150-фирмы Ando), что также дает возможность в дальнейшем беспрепятственно поверять эти приборы.

И, наконец, не стоит забывать, что средства измерений, кроме сертификации в органах Госстандарта (и соответственно внесения в Госреестр СИ РФ), должны проходить сертификацию в Госкомсвязи России.

С учетом вышесказанного проблема выбора СИ сильно усложняется. Часть СИ, сертифицированных в Госстандарте, не имеет сертификата Госкомсвязи (например, SI 7780/7920 - Wavetek, OFR 13 OFR14 - Grahnert PRECITRONIC и др.) Обратная ситуация, СИ не прошедшие утверждение типа в Госстандарте имеют сертификат Госкомсвязи (AQ2150, AQ7220, AQ7210-Ando / см. «Технология и средства связи» №4, 1998 г). Последняя ситуация более проста и соответственно предпочтительна, т. к. внесение сертифицированного в Госкомсвязи прибора в Госреестр СИ менее хлопотное дело, чем сертификация в Госкомсвязи прибора, занесенного в Госреестр СИ.

НОВОСТИ

Трансроссийская ВОЛС "Москва-Хабаровск" готова к эксплуатации

Компания "Ростелеком" сдала в эксплуатацию последний участок магистральной ВОЛС "Москва-Хабаровск". Тем самым она завершила создание цифровой транспортной телекоммуникационной линии, связывающей регионы России и имеющей выход на крупнейших операторов Европы и Азии. Магистраль общей протяженностью более 9400 км проходит по территориям 21 субъекта Российской Федерации. На всем своем протяжении она резервируется построенной в 1996 году радиорелейной линией.

Крупнейшая выставка мира откроется в Ганновере в феврале 2000 года

Москва, 17 ноября /«Монитор»/. «Открывающаяся в конце февраля 2000 года в германском городе Ганновере Всемирная выставка CeBIT станет крупнейшей экспозицией мира».

Основными темами CeBIT-2000 станут новые информационные технологии, компьютерные сети, автоматизация сбора данных, программное обеспечение, электронный бизнес и услуги, телекоммуникации, автоматизация офиса, техника для банков и сберкасс, карточные технологии и техника безопасности, а также научные исследования и передача данных.

Измерение общих потерь ВОЛС.

А. Н. Сергеев

Государственный Университет телекоммуникаций
им. проф. М.А.Бонч-Бруевича

КАК и обычные средства проводной связи, волоконно-оптические линии связи (ВОЛС) нуждаются в поддержании технических параметров, а, следовательно, и в периодических измерениях своих характеристик, на основании которых и делаются выводы о состоянии тех или иных ее участков и магистрали в целом. Что же необходимо измерять в процессе строительства и эксплуатации волоконно-оптических линий связи?

Во-первых, это общие потери оптической мощности в волокне, во-вторых, это дисперсия (изменение формы оптического сигнала, проявляющееся в виде уширения импульса), в-третьих, это распределение потерь по длине оптической магистрали. В данной статье мы остановимся на особенностях измерения общих потерь мощности в световоде.

Что же подразумевается под термином «общие потери»? Потери оптической мощности есть отношение мощностей переданного и принятого сигналов, определяемое затуханием в световоде и различными потерями в устройствах ввода, местах сращивания, ответвителях и в других элементах линии. Основные причины потерь мощности в световоде – это поглощение и рассеяние энергии. Затухание за счет поглощения определяется собственным поглощением материала световода, а также поглощением на примесях и атомных дефектах. Наличие примесей ионов металлов, таких, как Fe, Cu, V, Cr и примесей гидроксильной группы OH, может приводить к резкому увеличению затухания в отдельных участках спектрального диапазона. Атомные дефекты и вызванное ими поглощение возникают под действием тепловой обработки световода

или его интенсивным облучением. Собственное поглощение в материале особенно сильно проявляется на длинах волн свыше 1,6 мкм. Основной резонанс поглощения из-за наличия примесей наблюдается на длине волны около 2,7 мкм и (принимая во внимание гармоники) является причиной значительного ослабления на длинах волн: 1,35, 0,95, 0,75 мкм.

Затухание за счет рассеяния бывает двух видов: линейное рассеяние и нелинейное рассеяние. При линейном рассеянии потери пропорциональны мощности падающей волны. К ли-

нейным относятся собственное (рэлеевское) рассеяние и рассеяние Ми. Рэлеевское рассеяние обусловлено малыми по сравнению с длиной волны флуктуациями концентрации атомов стекла. Затухание за счет рэлеевского рассеяния не зависит от интенсивности света и уменьшается обратно пропорционально четвертой степени ее длины волны. Рассеяние Ми обусловлено рассеянием на неоднородностях, размеры которых соизмеримы с длиной падающей волны.

К нелинейным относятся спонтанное рамановское и мандельштам-бриллюэновское рассеяния, которые проявляются в виде возникновения излучения с другими длинами волн. При передаче сигналов по одномо-

НОВОСТИ

Среди событий прошедшего 1999 года хотелось бы особенно отметить одну из последних выставок - "Ведомственные и корпоративные сети связи", проходившей в Москве 22-26 ноября на ВВЦ.

Фирма ТКС участвовала в выставке совместно с заводом "НФ Электропровод" и заводом "Связьстройдеталь".

На стенде был организован постоянно действующий семинар "Актуальные проблемы волоконно-оптической связи".

В рамках программы поддержки отечественного потребителя, предлагалась поставка оптического кабеля, оптических муфт и измерительной техники.

Активное участие в выставке принимали специалисты Сервисного центра и Информационно-консультативного центра ТКС.



За время проведения выставки стенд посетил порядка 500 посетителей, в основном являющимися представителями естественных Российских монополистов: МПС, Газпром, РАО ЕЭС.

довому волокну на большие расстояния эти явления определяют верхний предел передаваемого уровня мощности.

Кроме приведенных выше основных причин потерь оптической мощности, существуют еще и дополнительные потери, вызванные соединением световодов друг с другом. Вообще, создание надежного оптического контакта до сих пор является одной из наиболее сложных задач ВОЛС. Когда свет выходит из торца волокна, образуется световой пучок, соот-

ветствующий апертурному углу приблизительно $\pm 12^\circ$. Это соответствует числовой апертуре 0,2. Если к торцу волокна присоединить другое волокно с такими же размерами, то свет должен был бы передаваться без потерь из одного волокна в другое. Однако существует несколько причин, вследствие которых происходят потери световой энергии.

Во-первых, это качество торцевых поверхностей волокна. Если торцы не идеальны и не перпендикулярны оси волокна,

то появляются линзовый и (или) призматический эффекты, которые приводят к изменению траекторий лучей, вышедших с торца первого световода (для многомодовых систем). Часть из них изменяется настолько сильно, что сразу после попадания в другой световод они покидают сердечник и поглощаются в оболочке. Другие становятся более пологими. Такие потери называются потерями из-за преобразования мод. Ниже приведены их разновидности:

ТЕЛЕКОМ КОМПЛЕКТ
Сервис



Набор инструментов для монтажа оптического кабеля



Оптические соединительные кабели с коннекторами FC, SC, ST

Телеком Комплект Сервис

предлагает Вам

полный спектр волоконно-оптических компонентов.

Любые типы коммутационно-распределительных устройств, муфт, адаптеров и коннекторов, ответвителей и мультиплексоров, инструментов для разделки кабеля и аксессуаров для монтажа коннекторов, аттенюаторов и т. д.

Гарантия качества.



Коммутационно-распределительное устройство настенного типа

Адаптер FC



Адаптер FC D-типа



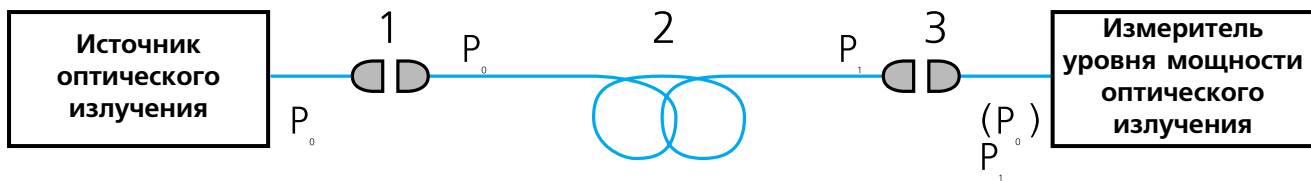
Адаптер SC



Адаптер ST

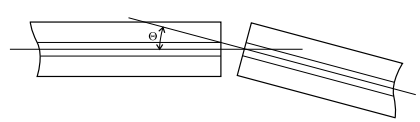


Скидки до 10% для покупателей оптического кабеля

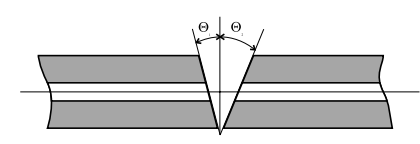


1 и 3 - оптические разъемы, 2 - измеряемое волокно.

1. Потери от углового смещения:



2. Потери из-за непараллельности торцов (потери зависят от $\Theta_1 + \Theta_2$):



3. Потери от шероховатости торцов (зависят от величины шероховатости);

4. Потери от несовпадения числовой апертуры (определяются отношением N_{A2}/N_{A1});

Кроме этих потерь необходимо учитывать и потери от неидеальной юстировки осей волокон:

5. Потери от поперечного смещения (зависят от отношения величины смещения осей к диаметру волокна);

6. Потери от продольного смещения (зависят от отношения величины продольного смещения к диаметру волокна).

На практике встречаются иногда и потери, связанные с частицами пыли, попадающими между соединяемыми концами волокон.

В местах соединения волокон могут присутствовать потери на отражение, достигающие до 4% на каждое соединение. Они возникают в местах, где свет переходит из плотной оптической среды в воздух и обратно.

Существуют еще дополнительные потери мощности из-за изменений размеров попереч-

ного сечения волокна, микроизгибов, присутствия неоднородностей на границе раздела «сердечник-оболочка», достигающие в совокупности 0,5 дБ/км. При прокладке волокна появляются потери из-за преобразования мод, связанные с изгибами световода, а при эксплуатации ОВ происходит постепенное ухудшение передаточных характеристик из-за помутнения волокна и образования микротрещин.

Измерение потерь в световоде представляет собой достаточно сложную задачу. Полное затухание определяется коэффициентом затухания по формуле

$$\alpha = 10 \lg(P_0/P_1), \text{ дБ} \quad (1)$$

выше:

Работа по проведению измерения затухания проводится в два этапа. Сначала к оптическому разъему источника подключается короткий отрезок волокна, другой конец которого подключается к оптическому разъему измерителя уровня оптической мощности, и измеряется уровень опорного сигнала P_0 . Затем этот кусок волокна отключается от измерителя и подключается к измеряемому волокну. К другому концу измеряемого волокна подключается тот же самый измеритель и производится замер уровня P_1 . После этого по разности уровней рассчитывается коэффициент затухания. Это так называемый

двухточечный метод измерения, наиболее широко распространенный на практике ВОЛС. Иногда применяется и метод замещения, когда измеренное затухание сравнивается с затуханием обратного рэлеевского рассеяния.

В погрешность измерений основной вклад вносят нестабильность источника излучения и нелинейность логариф-

Все потери оптической мощности можно разделить на несколько групп:

- а) собственные потери, связанные с поглощением и рассеянием;
- б) потери, возникающие при изготовлении, транспортировке и эксплуатации световодов;
- в) потери из-за отражений;
- г) потери при вводе излучения в световод.

Таким образом, измерив мощность на входе и выходе оптического световода, можно однозначно определить затухание в нём. Надо только не забыть учесть инструментальные погрешности средств измерения и внешние (а также внутренние) факторы, влияющие на значение затухания световода. Для многомодовых световодов необходимо, кроме того, обеспечить режим равновесия мод (энергетическое равновесие между отдельными модами). Схема измерения приведена

мического преобразования измерителя. Полупроводниковые лазеры имеют ограниченный срок службы, обусловленный постепенной деградацией, зависящей от плотности тока и скважности импульсов. Часто встречается перегрев лазерного диода, приводящий к разрушению торцов и выходу его из строя. Рабочие параметры лазера необходимо выдерживать с высокой точностью: при увеличении порогового уровня возрастает лазерный шум и снижается срок службы. Порог гене-

**Характеристики измерителей уровня
оптического излучения российского производства**

Производитель	Диапазон длин волн, мкм	Погрешность, дБ	Измеряемый диапазон мощностей, дБм	Наличие сертификата
КБ Волоконно-оптических приборов FOD 1202	0,85/1,3/1,55	0,25	+3...-60	+
Перспективные технологии ПТ 2000	0,85/1,3/1,55	0,2	+3...-60	+
НПФ «Оптические телекоммуникации» ОТУ-30-А	0,85/1,3/1,55	0,1	+3...-55	н/д
ЛОНИИР Алмаз-21	0,85/1,3/1,55	0,1	+3...-60	+

рации возрастает с температурой и со временем; кроме того, он меняется от лазера к лазеру. Поэтому в практических схемах вводят обратную связь по излучению и регулируют с ее помощью величину смещения и уровень модулирующего сигнала.

В последние годы на российском рынке измерительной техники появилось немало приборов западных фирм. Среди них имеются добротные и на-

дежные приборы, обладающие высокой точностью измерений, но встречается и техника, параметры которой не соответствуют продекларированным в документации на нее.

В качестве источников оптического излучения применяются светоизлучающие диоды и полупроводниковые лазеры. Рабочие длины волн этих приборов соответствуют окнам прозрачности оптических волокон, находящимся на 0,85 мкм, 1,3

мкм и 1,55 мкм. Отклонение рабочей длины волны у большинства приборов не превышает 30 нм при ширине спектра излучения 5-10 нм у лазеров и 50-200 нм у светодиодов при стабильности от 0,01 до 0,05 дБ/час. В качестве фотоприемников применяют фотодиоды на основе Si, Ge, InGaAs и InGaAsP. Динамический диапазон измеряемого излучения находится в промежутке от +3 до -70 дБ. Точность измерений - 0,15-0,25 дБ.

В последнее время наблюдается повышение активности отечественных производителей измерительного оборудования для ВОЛС. Основные параметры отечественных измерительных приборов приведены в таблицах.

Сергеев Алексей Николаевич, сотрудник Государственного университета телекоммуникаций им. проф. М.А.Бонч-Бруевича. Область научных интересов: приборостроение. Имеет 5 научных трудов.

Характеристики источников оптического излучения.

Производитель	Тип источника	Длина волны, мкм	Уровень выходной мощности, дБм	Нестабильность выходной мощности, дБ
КБ ВП				
FOD 2107	лазер	1,55	-3	±0,1
FOD 2108	лазер	1,31	0	±0,1
FOD 2109	светодиод	1,3	0	н/д
FOD 2110	светодиод	0,85	0	н/д
Перспективные технологии				
ПТ1011	лазер	0,85	-6	±0,1
ПТ1012	лазер	1,3	-6	±0,1
ПТ1022	лазер	1,3	-6	±0,1
ПТ1023	лазер	1,55	-6	±0,1
ОСИ СМ (Образцовое средство измерения)	лазер	0,85/1,3/1,55	-6	±0,1
НПФ «Оптические телекоммуникации»				
ОТ-30-0,85	лазер	0,85	-3	н/д
ОТ-30-1,30	лазер	1,3	-3	н/д
ОТ-30-1,31	лазер	1,31	-3	н/д
ОТ-30-1,55	лазер	1,55	-3	н/д
ЛОНИИР Алмаз-11	лазер	0,85/1,3/1,55	-3	±0,1

ОПТИЧЕСКИЕ МУЛЬТИМЕТРЫ ФИРМЫ "ANDO"

П. А. Клещев

Инженер Сервис Центра

Телеком Комплект Сервис

НА российском рынке оптического оборудования уже давно известна фирма «ANDO». Оптические тестеры «ANDO» в российских условиях зарекомендовали себя как надёжные и точные измерительные приборы. Особенностью мультиметров «ANDO» в отличие от приборов отечественного производства является их модульная конструкция, позволяющая гибко выбирать конфигурацию прибора для измеряемой трассы, а именно: можно установить блок источника, либо блок измерителя оптической мощности, либо и тот и другой одновременно в один основной блок. Приборы «ANDO» отличаются также наличием множества полезных сервисных функций, увеличивающих точность и облегчающих измерения. Среди таких специфических функций особо хотелось бы отметить режим быстрой компенсации шумового тока усилителя фотоприёмника, необходимый для проведения особо точных измерений в различных температурных условиях, а также наличие памяти для сохранения параметров из-

мерений и уровня опорного сигнала до следующего включения прибора. Мультиметры имеют малые размеры и вес и могут работать



как от сетевого блока питания, так и от батарей. Приборы могут комплектоваться как светодиодными, так и лазерными источниками излучения. Ниже приведена таблица основных параметров прибора.

Прибор имеет шкалу с шагом в 0,01 дБ и, как видно из таблицы, при использовании светодиодного источника позволяет измерять затухание высококачественных сварных соединений. Именно параметры временной стабильности источника радикально отличают «ANDO» от приборов отечественного производства, у которых этот параметр на порядок хуже. Параметры временной стабильности источника и приёмника выходят на первый план при проведении измерений на коротких линиях с небольшим общим затуханием, где нестабильность источника в 0,2 дБ приводит к недопустимо высоким погрешностям.

Важнейшим преимуществом мультиметров «ANDO» перед другими измерительными приборами зарубежного производства является высокое качество приборов и налаженное сервисное обслуживание. Из более чем 200 мультиметров AQ-2150, проданных в России за 5 лет работы, ни один прибор не вышел из строя. Все приборы производства «ANDO» проходят предпродажное тестирование, гарантийное и послегарантийное обслуживание в сервис-центре фирмы «Телеком Комплект Сервис», являющейся дилером «ANDO». Сервис-центр фирмы также обеспечивает проведение поверки приборов.

В заключение можно сделать следующие выводы:

а) с учетом технических и эксплуатационных характеристик оп-

Основные характеристики мультиметра AQ2150

ИСТОЧНИК ИЗЛУЧЕНИЯ			
	Диапазон длин волн, мкм.	Временная стабильность, дБ	Излучаемая мощность, дБм
Светодиодный	0,85 / 1,3 / 1,55	+/- 0,02 или менее	не менее -40 (SM)
Лазерный		+/- 0,05 или менее	не менее -6
ФОТОПРИЁМНИК			
Диапазон длин волн, мкм.	Абсолютная погрешность	Измеряемый диапазон мощностей, дБм	
400 - 1100 750 - 1800	не более 5%	от +10 до -80	

тические тестеры «ANDO» по соотношению цена/качество существенно превосходят отечественные приборы, позволяя проводить точнейшие измерения на линиях любой длины.

б) хорошо налаженный сервис и обслуживание оборудования «ANDO» выгодно отличает эти приборы от других измерителей зарубежного производства.

Пётр Анатольевич Клецёв, Сервис-Центр ТКС, окончил МФТИ в 1999 г. Область научных интересов – рефлектометрия, бриллиэновская рефлектометрия, цифровые сети передачи данных.

От редакции

Проблема выбора между отечественным и импортным оборудованием не так проста, как кажется. Для одних потребителей на первый план выходит ценовой фактор, для других определяющими являются технические и эксплуатационные характеристики. В любом случае для правильного выбора необходима исчерпывающая информация.

Ниже мы приводим подробную информацию о параметрах мультиметра AQ2150.

Таблица 1. Технические характеристики AQ2150

Индикация измеренных значений	7 сегментов, 4 цифры
Единицы измерения	Абсолютные значения: дБм, мВт, мкВт, нВт, пВт. Относительные значения: дБ
Калибровочный множитель	Компенсация чувствительности датчика к длине волны (с шагом 5нм)
Переключение диапазонов	Автоматическое или фиксированное (вверх/вниз)
Режимы измерений	Переключение: Непрерывный свет (CW) или модулированный (270 Гц/1 кГц/2 кГц)
Форма выходного оптического излучения	Возможен выбор: непрерывный свет (CW) или модулированный (270 Гц/1 кГц/2 кГц)
Интервал между измерениями	Приблизительно 330 мс
Усреднение	Метод посериийного сложения и усреднения (10/50/100) Переключение: с усреднением или без него.
Разрешающая способность	Возможно переключение: 0,1 дБ или 0,01 дБ
Подстройка нуля	Автоматическая подстройка нулевой точки
Измерение относительных значений	– Относительные измерения, основанные на индицируемых значениях. – Относительные измерения, основанные на опорных значениях.
Подсветка	Подсветка выполняется при нажатом положении клавиши подсветки. Она остается включенной приблизительно 5 секунд после освобождения клавиши.
Автоматическое отключение питания	Питание автоматически выключается через 3 или 10 минут после последней операции с клавишами. (Можно также отменить режим автоматического выключения)
Проверка батареи	Индикация разрядки батареи
Действие зуммера	Включается, если входной сигнал больше заданного уровня (уровень можно менять)
Функция воспроизведения	Воспроизводит условия, которые были в момент выключения питания
Функция возврата	Устанавливаются условия с возвратом назад на время замены батареи (на 15 минут)
Аналоговый выход	От 0 приблизительно до +2 В (для любого диапазона)
Источник питания	4 сухие батареи (размер AA) и адаптер переменного тока (100±240 В, 48±63 Гц)
Условия хранения и работы	Рабочая температура: 0...50°C, температура хранения – 25...70°C. Влажность 85 % или менее
Размеры и вес	Приблизительно 205 (высота) x 88 (ширина) x 43 (толщина) мм. Вес приблизительно 450 г.

Таблица 2. Технические характеристики блока лазера LD

Название изделия	AQ4251 (1.31)	AQ4251 (1.55)	AQ4251 (1.31/1.55)
Центральная длина волны	1310±20 нм	1550±20 нм	1310±20 нм/1550±20 нм
Применяемое волокно	SM (10/125 мкм)		
Спектральная ширина (примечание 1)	5 нм или менее	10 нм или менее	5 нм или менее 10 нм или менее
Выходной уровень оптической мощности (примечание 2)	-6 дБм или более		-7 дБм или более
Стабильность выходного уровня оптической мощности	Термостабильность	размах 1,0 дБм или менее (примечание 3)	
	Временная нестабильность	±0,05 дБм или менее (примечание 4)	
Оптический разъем	Универсальный адаптер AQ9434 (дополнительный, примечание 5)		

Примечание 1. Спектральная ширина выводится в RMS (2σ, -20 дБ).

Примечание 2. Непрерывный свет.

Примечание 3. Условия для термостабильных измерений

1) Диапазон температур:

0 ± 50°C (8 часов) (AQ4251 (131)/AQ4251 (155))

0 ± 40°C (8 часов) (AQ4251 (131/155))

10 мкм SM волокно и super FC разъем.

Примечание 4. Условия для стабильных во времени измерений

1) Температура при измерениях:

5 минут при постоянной температуре

(в одной точке между 20 и 30°C).

10 мкм SM волокно и super FC разъем.

2) Волокно:

Примечание 5. Требуется универсальный адаптер оптического разъема AQ9434 (FC)или(SC) (за отдельную плату).
Обращайтесь к нам по поводу других разъемов.

Таблица 3. Технические характеристики блока датчика

Наименование изделия		AQ2750	AQ2751	AQ2752	AQ2755
Диапазон рабочих длин волн, нм		400 ÷ 1100	750 ÷ 1800	750 ÷ 1700	400 ÷ 1100
Тип фотоприемника		Si 5,8*5,8 мм	Ge Ø 5 мм	InGaAs Ø 1 мм	Si Ø 18 мм
Применение		Волокно большого диаметра, оптические пучки		Кварцевое волокно малого диаметра, выходящий свет	Оптические пучки
Вид входа		Непосредственно на фотодиод (примечание 1)		AQ9431 дополнительный адаптер оптического разъема (примечание 2)	Непосредственно на фотодиод
Диапазон мощности	Непрерывный свет	-80 ÷ +10 дБм (10 пВт ÷ 10 мВт)	-50 ÷ 10 дБм (10 нВт ÷ 10 мВт)	-80 ÷ +10 дБм (10 пВт ÷ 10 мВт)	-50 ÷ +20 дБм (10 нВт ÷ 100 мВт)
	Модулированный свет	-80 ÷ +7 дБм (10 пВт ÷ 5 мВт)	-60 ÷ +7 дБм (1 нВт ÷ 5 мВт)	-80 ÷ +7 дБм (10 пВт ÷ 5 мВт)	-50 ÷ +17 дБм (10 нВт ÷ 50 мВт)
Уровень шумов	Непрерывный свет	-70 дБм или менее	-40 дБм или менее	-70 дБм или менее	-40 дБм или менее
	Модулированный свет	-75 дБм или менее	-50 дБм или менее	-75 дБм или менее	-45 дБм или менее
Абсолютная точность		В пределах ±5% (примечание 1)			
<p>Примечание 1. Возможно сочетание с адаптерами оптического разъема AQ9431 (FC) или (SC). Примечание 2. Требуется адаптер оптического разъема AQ9431 (FC) или (SC). Свяжитесь с нами относительно других соединителей. Примечание 3. Условия, требуемые для гарантирования точности изделий 1) Длина волны: 850 нм (AQ2750/2755) или 1310 нм (AQ2751/2752) 2) Уровень мощности: -20 дБм (10 мкВт), непрерывный свет 3) Волокно: 50 мкм GI волокно, разъем super FC (AQ 2750/2755) 10 мкм SM волокно, разъем super FC (AQ2751/2752) 4) Окружающая температура: 23±5°C</p>					

Таблица 4. Технические характеристики блока источника света на светодиоде LED

Наименование изделия		AQ4250 (850)	AQ4250 (131)	AQ4250 (155)	AQ4250 (131/155)
Центральная длина волны		850±15 нм	1310±30 нм	1550±35 нм	1310/1550±35 нм
Применяемое оптическое волокно		GI (50/125мкм)	GI (50/125 мкм) SM (10/125 мкм)	SM (10/125 мкм)	
Значение полуширины спектра (примечание1)		60 нм или менее	140 нм или менее	200 нм или менее	140 нм или менее (1310 нм) 200 нм или менее (1550 нм)
Выходной уровень оптической мощности (примеч. 2)	GI	-15 дБм или более	-25 дБм или более		
	SM		-40 дБм или более	-43 дБм или более	-43 дБм или более (1310 нм) -45 дБм или более (1550 нм)
Стабильность выходного уровня оптической мощности	Температурная нестабильность	размах 0,3 дБ или менее (Примечание 3)			
	Временная нестабильность	± 0,02 дБ или менее (Примечание 4)			
Оптический разъем		Адаптер разъем AQ9433 (примечание 5)			
<p>Примечание 1. Значение полуширины приводится по полувысоте. Примечание 2. Непрерывный свет. Примечание 3. Условия для измерений термостабильности 1) Диапазон температур: от 0 до 50°C (8 часов) (AQ4250 (850)/AQ4250 (131)/AQ4250 (155)) от 0 до 40°C (8 часов) (AQ4250 (131/155)) 2) Волокно: 50 мкм GI волокно, super FC разъем. (AQ4250 (850)) 10 мкм SM волокно, super FC разъем. (AQ4250 (131)/AQ4250 (155)/AQ4250 (131/155)) Примечание 4. Условия для измерений стабильности сигнала во времени 1) Температура при измерениях: 5 минут при постоянной температуре (в одной точке между 20 и 30°C) 2) Волокно: 50 мкм GI волокно и разъем super FC. (AQ4250 (850)) 10 мкм SM волокно и разъем super FC. (AQ4250 (131)/AQ4250 (155)/AQ4250 (131/155)) Примечание 5. Требуется адаптер оптического разъема AQ9433 (FC) или (SC) (поставляется за отдельную плату). Свяжитесь с нами по поводу других оптических разъемов.</p>					

ВОСП И ЗАЩИТА ИНФОРМАЦИИ

А.Г.Свищов,
Телеком Комплект Сервис

ВОЛОКОННО-оптические системы передачи (ВОСП) благодаря уникальным возможностям по пропускной способности и затуханию волоконных световодов (ВС) и успехов в технологии элементов ВОСП являются наиболее перспективными информационными системами. В области стационарных систем передачи информации с большой информационной емкостью и высокой надежностью работы ВОСП не имеют конкурентов. Радио системы, в том числе для подвижной связи, и спутниковые системы связи имеют свои преимущества, но по комплексу параметров (скорость передачи, помехоустойчивость, защищенность информации) ВОСП являются наилучшими информационными системами.

Высокая эксплуатационная надежность ВОСП удачно совмещается с высокой степенью защиты передаваемой информации. Это объясняется тем, что в наиболее протяженном и уязвимом для несанкционированного съема информации (НСИ) участке ВОСП – волоконно-оптическом тракте (ВОТ) для передачи используется оптический носитель информации, а с поверхности волоконных световодов отсутствует электромагнитное излучение. Участки, где возможна утечка электромагнитного излучения, и возможен НСИ «классическими» радиотехническими методами (приемо-передающая аппаратура, регенерационные пункты) известны, локализованы и относительно

малочислены. По этой причине эти каналы утечки информации сравнительно легко могут быть поставлены под контроль.

Таким образом, волоконно-оптические системы передачи информации по своему принципу работы обеспечивают высокий уровень защиты от несанкционированного съема передаваемой информации.

Однако, и в ВОСП имеется возможность трудноконтролируемого НСИ с ВОТ.

Рассмотрим ВОСП и ее основные параметры (рис 1).

Основная задача ВОСП – передача информации (как правило в цифровом виде) со скоростью передачи V на расстояние L , при этом необходимо обеспечить заданный коэффициент ошибок ER . Для решения этой задачи в состав ВОСП входит передатчик оптической мощности (ПОМ), модулирующий входным информационным потоком оптическое излучение с выходной мощностью P_s , приемник оптической мощности (ПРОМ) – фотоприемное устройство (ФПУ), обеспечивающее при входной оптической мощности P_r прием и преобразование оптического сигнала с заданным коэффициентом ошибок ER и волоконно-оптический тракт (ВОТ), имеющий длину L и затухание α . Приемо-передающая пара (ПОМ-ПРОМ) имеет энергетический потенциал E , который зависит от мощности ПОМ, спектральной плотности шума ПРОМ и скорости передачи V . Заданный энергетический потенциал E ограничивает длину волоконно-оптического тракта L , затухание которого (с учетом эксплуатационного запаса) не должно превос-

ходить энергетический потенциал E .

В современных ВОСП энергетический потенциал достигает 40 дБ. при этом информационный оптический сигнал в начале ВОТ на 4 порядка больше, чем сигнал в конце волоконно-оптического тракта. Это обстоятельство и позволяет надеяться на успешную реализацию НСИ.

Чем энергетический потенциал ВОСП больше, тем лучше условия для НСИ.

При НСИ на приемный оптический модуль блока НСИ-ПРОМк необходимо подать сигнал P_k – малую часть проходящего в ВОТ оптического сигнала P_x , при этом ПРОМк обеспечивает преобразование снятого сигнала с коэффициентом ошибки ER_k .

При анализе НСИ, можно исходить из следующих предпосылок:

- с одной стороны. в блоке НСИ оптический сигнал может иметь несколько худшие энергетические параметры, чем в ВОСП, как за счет снижения требований на ER_k , так и за счет использования более совершенных ПРОМ, чем в серийных ВОСП – в устройстве НСИ имеется коэффициент запаса чувствительности $K_{зч}$;

- с другой стороны, возможности использования тех или иных технологий в блоке НСИ ограничены комплексом требований на энергопотребление, габариты, стабильность работы устройства НСИ.

НСИ в ВОСП рассмотрим для двух вариантов:

- без внешнего воздействия на волоконный световод (информационный сигнал), т. е. с использованием «естественных» утечек оптического сигнала в ВОТ;

- при внешнем воздействии на волоконный световод и оптический сигнал, при изменении

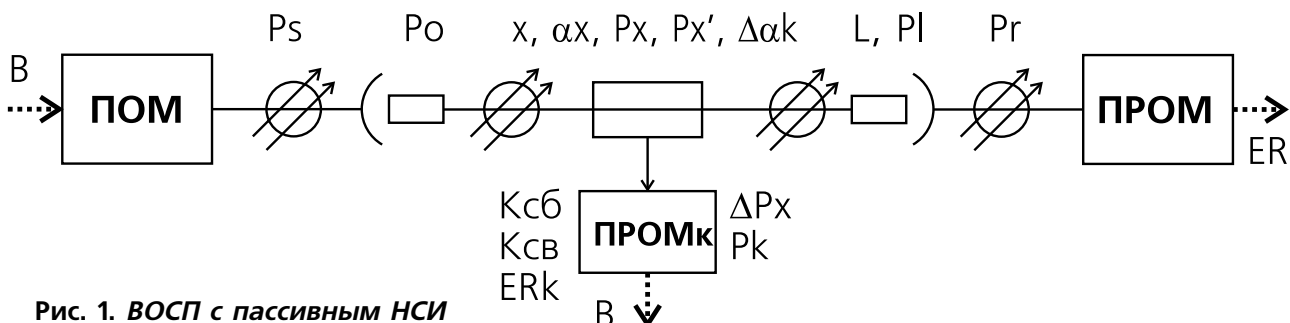


Рис. 1. ВОСП с пассивным НСИ

параметров проходящего сигнала.

В первом случае для сбора сигнала Рк на ПРОМк блока НСИ можно использовать вытекающие моды волоконного световода ВОТ либо в особых локальных точках, либо собирать рассеянное в ВС излучение с достаточно протяженного участка ВОТ. Основное достоинство этого варианта – возможность реализации режима «прозрачности» НСИ.

Использование вытекающих мод в местах стыковки ВС (с аппаратурой, волоконных световодов друг с другом) при относительно больших вытекающих мощностях представляет достаточно опасность для защиты информации, т.к. имеется возможность организовать режим «прозрачности» НСИ, когда ВОСП «не замечает» отбор достаточно большого оптического сигнала из ВОТ. В этом случае трудно фиксировать съем сигнала и защищать информацию. Однако, ввиду ограниченного и известного числа и расположения таких мест на трассе ВОТ обеспечение защиты информации относительно просто достигается организационно-техническими мероприятиями (охрана, наблюдение таких участков).

Использование сбора вытекающей оптической мощности с протяженного участка ВОТ на первый взгляд достаточно просто реализуется даже при значительно меньших вытекающих оптических сигналах, чем в первом случае. При большом энергетическом потенциале проходящий оптический сигнал настолько больше необходимого для работы ПРОМк (до 4-х порядков), что можно попытаться собрать достаточную для НСИ, но относительно малую часть проходящего сигнала без изменения режима работы ВОСП. Причем заранее не известно в каком месте ВОТ проводится отбор оптического сигнала. При малых затуханиях в ВОТ потенциально опасный участок может достигать десятков километров.

Действительно, в обычном режиме работы ВС происходит естественная потеря оптического сигнала, часть сигнала поглощается, а часть рассеивается. Если рассеянный сигнал собрать – может хватить для работы ПРОМк.

Однако для современных ВОСП практически исключен этот режим (пассивный распределенный НСИ) несанкционированного съема информации, что обусловлено следующими основными особенностями ВОСП.

1) Высокая скорость передачи ограничивает тип приемного устройства для НСИ – это лавинный, либо р-і-п фотодиод с чувствительной площадкой в несколько десятков мкм. На столь высоких скоростях такое фотоприемное устройство (ФПУ) практически реализуемо лишь с волоконно-оптическим вводом оптического сигнала. Различного типа линзовые системы сбора выведенного из ВС излучения неэффективны и не обеспечивают стабильность работы.

2) С другой стороны, использование волоконно-оптического тракта с малым затуханием приводит к тому, что потери сигнала малы даже в начале ВОТ при больших уровнях оптической мощности. Участок с естественными потерями, соизмеримыми с оптической мощностью, необходимой для устройства НСИ, существенно превышает десятки метров, что и не позволяет реализовать этот вариант НСИ.

Однако существует возможность съема информации с ВОТ путем физического локального воздействия на ВС ВОТ и отвода части оптического сигнала, распространяющегося по ВС [1-3].

Оценим воздействие на параметры ВОТ съема информации при пассивном локальном НСИ. Введем следующие обозначения: Ps, Pr, P_x – мощности оптических сигналов, соответственно на выходе ПОМ (в начале ВОТ), на входе ПРОМ (в конце ВОТ) и в месте съема информации, α [дБ/км] – затухание ВОТ, E – энергетический потенциал приемо-передатчиков ВОСП.

При НСИ в результате воздействия на ВС возникает неоднородность, из ВС вытекает оптический сигнал ΔP_x, часть которого собирается на фотоприемнике системы НСИ-Рк, при этом в ВОТ вносится дополнительное затухание Δαк.

Введем следующие коэффициенты:

$K_{св} = P_k / P_x$ – коэффициент связи устройства НСИ;

$K_{сб} = P_k / \Delta P_x$ – коэффициент

НОВОСТИ

ЗАО «Связьстройдеталь» начинает проведение ежегодных встреч с партнерами

Ведущий российский производитель муфт для систем связи – ЗАО «Связьстройдеталь» провел 21-23 января 2000 года семинар для своих дилеров и партнеров. В семинаре принимали участие более 20 представителей фирм из Москвы, регионов России и СНГ. Среди них представители «ССКТЬ-ТОМАСС», «ВНИИ КП-ОПТИК», «Телеком Комплект Сервис», «Связьстройкомплект», «Волоконно-оптическая техника» и другие представители московских фирм, а также представители Санкт-Петербурга, Нижнего Новгорода, Красноярска, Екатеринбурга, Саратова, Ростова-на Дону, Павлодара, Минска и г. Бровары (Украина).

Генеральный директор «Связьстройдеталь» Н. И. Ющенко и начальник коммерческого отдела Е. Г. Баранова ознакомили собравшихся с принятыми на 2000 год правилами реализации продукции. Главный конструктор «Связьстройдеталь» О. М. Комаров ознакомили с конструкциями и особенностями муфт для сращивания волоконно-оптических кабелей.

Представитель «ЗМ-Россия» Н. Троицкий провел презентацию продукции фирмы по соединителям и компрессионным муфтам.

Автоматический рефлектометр ANDO AQ7140 – это портативная измерительная система, обеспечивающая прецизионное измерение и документацию всех параметров оптической линии. Несмотря на то, что AQ7140 является прибором не последнего поколения, исключительная надежность, хорошие оптические характеристики и уникальные ценовые предложения от "ТКС" делают этот прибор крайне привлекательным. Сотни таких приборов многие годы продолжают успешно работать по всему миру. AQ7140 прекрасно подходит для использования на магистральных оптических линиях, а также при производстве оптических кабелей.

Основные характеристики

- Динамический диапазон: 37/34 дБ (1,31/1,55 мкм), при длинах трасс до 240 км
- Точность измерения длины: $\pm(2,0 \times 10^{-5} \times \text{длину волокна(м)} + 0,7 \text{ м})$
- Автопоиск и паспортизация всех неоднородностей трассы
- Уникальная функция оптической маски позволяет устранить искажения рефлектограммы и повысить точность измерений потерь в кабеле
- Внутренняя память для хранения рефлектограмм
- Встроенный 3,5" дисковод
- Интерфейс GP-IB, видеовыход
- Встроенный скоростной принтер



В комплект поставки входит самое современное программное обеспечение для

персонального компьютера, позволяющее использовать возможности AQ-7140D/B на уровне новейших приборов.

Тел.: (095) 956-76-87, 972-30-96
Факс: (095) 956-76-87

E-mail: comm@telserv.ru
Internet: www.telserv.ru

Автоматический рефлектометр
ANDO AQ7140D/B

РАСПРОДАЖА!

ОТ \$4900



ТЕЛЕКОМ
КОМПЛЕКТ
Сервис

сбора устройства НСИ;

$K_{зч} = P_{го} / P_{ко}$ – коэффициент запаса чувствительности устройства НСИ, где $P_{го}$, $P_{ко}$ – чувствительность соответственно фотоприемников ВОСП и устройства НСИ.

Из условия $P_k \geq P_{ко}$ можно получить условия работоспособности устройства НСИ:

$$\alpha x = E + K_{зч} + K_{св}, \text{ дБ}$$

При этом вносимое затухание равно

$$\Delta \alpha_k (\text{дБ}) = 10 \lg (1 - \Delta P_x / P_x)$$

$$\Delta \alpha_k (\text{дБ}) = 10 \lg (1 - K_{св} / K_{сб})$$

Таким образом, энергетический потенциал ВОСП E и координаты x (затухание αx) от начала ВОТ до места съема информации для устройства НСИ с заданным коэффициентом запаса чувствительности $K_{зч}$ определяют коэффициент связи $K_{св}$ устройства НСИ. В зависимости от конструктивных особенностей и технологии изготовления устройства вывода-сбора для НСИ обеспечивается некий уровень коэффициента сбора $K_{сб}$, что вызывает до-

полнительное вносимое затухание ВОТ $\Delta \alpha_k$.

Принципы работы ВОСП (передача информации при помощи оптического сигнала посредством волоконных световодов), высокая степень развития техники и технологии ВОСП и реализация высокого уровня технических параметров (высокие скорости передачи, малые затухания волоконных световодов, большие длины регенерационных участков) в значительной мере затрудняют несанкционированный съём информации в ВОСП.

Несанкционированный съём информации в ВОСП возможен. При НСИ в ВОСП необходимо в результате локального воздействия вывести из ВС оптический сигнал и собрать его. При локальном выводе сигнала в той или иной мере изменяются параметры ВОТ, регистрация которых позволяет фиксировать НСИ и обеспечивать защиту информации от НСИ путем прерывания ее передачи.

Защита информации в ВОСП.

При защите информации в ВОСП можно выделить несколько «рубежей обороны»:

1) защита информации от рас-

шифровки;

2) защита оптического сигнала от физического снятия.

В первом случае используются как криптографические методы, так и защита оптического сигнала от дешифровки на физическом уровне (когерентные [4], поляризационные или спектральные методы передачи информации в ВОСП).

Во втором случае происходит защита оптического сигнала от снятия либо путем затруднения отвода сигнала с ВС ВОТ, либо путем фиксации попыток отвода и пресечения этих попыток.

Наиболее перспективными ВОСП, с точки зрения защиты информации, являются модернизированные серийные ВОСП с системами фиксации НСИ на основе анализа состояния ВОТ.

Таким образом, для защиты информации в ВОСП оптимальным является использование специально спроектированных ВОСП на основе серийных элементов с системой фиксации НСИ.

Основной системы фиксации НСИ является система диагностики состояния (СДС) волоконно-оптического тракта. СДС можно

Компания **Interoute Telecommunication** объявила, что приступает к строительству самой скоростной панъевропейской телекоммуникационной сети i-21 с пропускной способностью 1000 Тбит/с. В основном новая магистральная сеть должна быть построена к концу 2000 г. Волоконно-оптический кабель длиной почти 21 тыс. км свяжет 70 европейских городов и 200 узлов доступа. Сеть будет иметь подводный сегмент, который будет проложен по дну Северного, Ирландского и Балтийского морей. Предполагаемая цена строительства - 2 млрд долл.

Независимый (негосударственный) оператор **Africa ONE** объявил о намерении построить вокруг африканского континента подводное волоконно-оптическое кольцо длиной 39 тыс. км. Грандиозный проект стоимостью 1,6 млрд долл. должен быть завершен в 2002 г.

(«Телеком-Форум»)

построить либо с анализом прошедшего через ВОТ сигнала, либо с анализом отраженного сигнала (рефлектометрические СДС).

СДС с анализом прошедшего сигнала является наиболее простой диагностической системой. На приемной части ВОСП анализируется прошедший сигнал. При НСИ происходит изменение сигнала, это изменение фиксируется и передается в блок управления ВОСП.

При использовании анализа коэффициента ошибок на приемном модуле ВОСП (рис. 2) СДС реализуется при минимальных изменениях аппаратуры ВОСП, т. к. практически все необходимые модули имеются в составе аппаратуры ВОСП. Недостатком является относительно низкая чувствительность к изменениям сигнала.

Для повышения чувствительности в состав СДС с анализом прошедшего сигнала необходимо использовать ФПУ с предельной чувствительностью не хуже 10 пВт и нелинейностью преобразования не хуже 0,0001 [5], а также обеспечивать высокую стабильность передающего блока СДС, либо организовывать работу с опорным каналом и измерять отношение оптических сигналов [6].

Основным недостатком СДС с анализом прошедшего сигнала является отсутствие информации о координате появившейся неоднородности, что не позволяет проводить более тонкий анализ изменений режимов работы ВОСП для снятия ложных срабатываний системы фиксации НСИ.

СДС с анализом отраженного

сигнала (рефлектометрические СДС) позволяют в наибольшей степени повысить надежность ВОСП.

В ВОСП на передающем конце (рис. 3) к ВОТ посредством оптического разветвителя подключается аппаратура оптической рефлектометрии. Контроль состояния волоконно-оптического тракта позволяет при этом выявлять появившиеся неоднородности, анализ которых позволяет фиксировать НСИ, вызвавшие эту неоднородность. При этом сигнал тревоги «НСИ» вырабатывается в блоке передающей аппаратуры и снимается проблема передачи этого сигнала для управления ВОСП. Важнейшим преимуществом является возможность определения координаты места предполагаемого НСИ.

Аппаратура оптической рефлектометрии является основой СДС с анализом отраженного сигнала. В настоящее время наиболее развит метод импульсной рефлектометрии (OTDR). Основным преимуществом СДС с анализом отраженного сигнала на основе метода импульсной рефлектометрии является высокая степень технической проработки (серийно выпускаются приборы).

В настоящее время оптические рефлектометры имеют динамический диапазон измерения до 41,5 дБ и разрешение до 0,001 дБ (AQ7250) [7]. В состав рефлектометров, кроме источника зондирующего сигнала малой длительности, фотоприемника и разветвителя, входит блок обработки, обеспечивающий широкие функциональные возможности приборов (получение, обработку, запись, хранение и анализ рефлек-

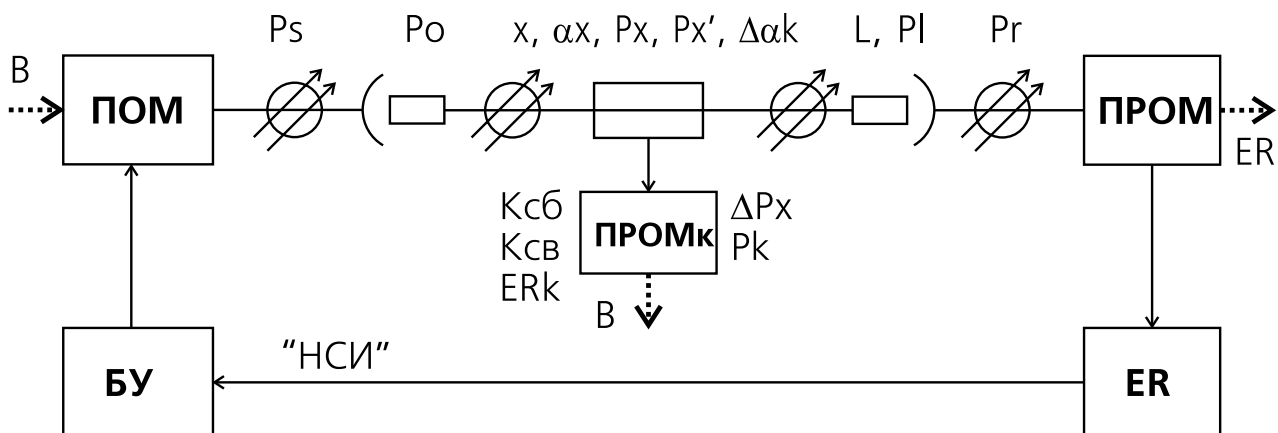


Рис.2. ВОСП с системой диагностики по анализу коэффициента ошибок

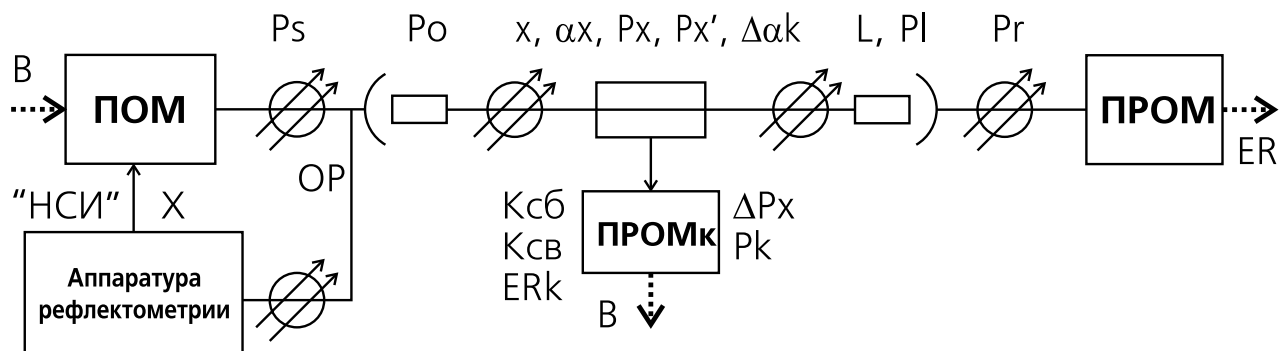


Рис.3. ВОСП с рефлектометрическими системами диагностики состояния ВОТ

тограмм).

Основными недостатками СДС с анализом отраженного сигнала на основе метода импульсной рефлектометрии являются следующие:

- при высоком разрешении по длине ВОТ (что имеет важное значение для обнаружения локальных неоднородностей при фиксации НСИ) значительно снижается динамический диапазон рефлектометров и уменьшается контролируемый участок ВОТ (например, в рефлектометре НР8147 для разрешения $\Delta x = 1$ м динамический диапазон снижается до 9 дБ с 28 дБ для $\Delta x = 1000$ м);

- мощные зондирующие импульсы затрудняют проведение контроля ВОТ во время передачи информации, что снижает возможности СДС, либо усложняет и удорожает систему диагностики;

- источники мощных зондирующих импульсов имеют ресурс недостаточный для длительного непрерывного контроля ВОСП;

- специализированные источники зондирующего оптического излучения, широкополосная и быстродействующая аппаратура приемного блока рефлектометров значительно удорожает СДС.

СДС с анализом отраженного сигнала на основе метода ЧМЗ (частотно-модулирующего зондирования) [8 – 10] является наиболее перспективной для диагностики состояния и фиксации НСИ. Это, в основном, обусловлено следующими особенностями подобных систем:

- обеспечивается наибольшая чувствительность приемного блока ЧМЗ рефлектометра, выигрыш

в чувствительности тем больше, чем лучше пространственное разрешение рефлектометра;

- имеется возможность использовать для зондирующего излучения СДС серийный, связанной источник излучения;

- имеется возможность проводить диагностику ВОТ во время передачи информации;

- использование менее дорогих компонентов в СДС позволяет реализовать системы значительно более дешевые, чем на основе импульсных рефлектометров;

Необходимо отметить отсутствие в настоящее время серийно-выпускаемых рефлектометров на основе метода ЧМЗ, достаточно высокий уровень нерешенных задач для реализации возможностей метода ЧМЗ в приложении к диагностике ВОТ ВОСП.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. А.В.Яковлев Волоконно-оптическая система передачи конфиденциальной информации // Электросвязь, 1994 г., №10.
2. Leung Chung-Jec et. al. Protection of multimode optical fiber communication // Proc. 14 Congr. Int. Comm. Opt. - Quebec, Aug. 23-28.-1987 - S.1.1987, p. 203.
3. Mit dem Ohr am Licht / Funkschau - 1984, N22, S 49
4. В.Н.Рыжевнин, М.В.Лазарев. Скрытность передаваемой информации при электрооптической модуляции света и когерентном уплотнении информации в волоконно-оптических линиях связи // Волоконно-оптическая техника, 1993 г., №2.

5. Свинцов А.Г. «Фотометр», Патент от 25.11.1988 г.

6. Свинцов А.Г. Канцырев В.Л. Симановский А.Н. «Фотометр», авторское свидетельство от 26.11.87 г.

7. Комаров М.Ю. Контрольно-измерительное оборудование для монтажа и эксплуатации волоконно-оптических линий связи // Волоконно-оптическая техника, 1998 г., №8.

8. Свинцов А.Г., Яковлев М.Я., Патент РФ «Волоконно-оптическая система передачи информации», N1729263 с приоритетом от 19.04.1990 г.

9. Свинцов А.Г. ВОСП и защита информации. Тезисы докл. н.-тех. конф. «Правовое, нормативное и метрологическое обеспечение систем защиты информации в Украине», Киев, 1998 г.

10. Свинцов А.А., Свинцов А.Г. Численное моделирование систем диагностики состояния волоконно-оптического тракта ВОСП Тезисы докл. н.-тех. конф. «Правовое, нормативное и метрологическое обеспечение систем защиты информации в Украине», Киев, 1998 г.

Свинцов Анатолий Геннадьевич, начальник отдела рекламы и маркетинга Телеком Комплекс Сервис. Область научных интересов: измерения параметров в волоконно-оптических системах, защита информации в ВОЛС, ВОД, моделирование в волоконно-оптических системах. Имеет более 80 научных трудов.