

# ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ МОНИТОРИНГА И КОНТРОЛЯ ПАРАМЕТРОВ ОПТИЧЕСКИХ КОМПОНЕНТОВ СЕТИ

*Б.П. Хромой, профессор кафедры «Метрологии, стандартизации и измерений в инфокоммуникациях» МТУСИ, д.т.н., p\_khromoy@rambler.ru;*  
*Д.Б. Железов, магистрант МТУСИ, denis.zhelezka@mail.ru*

**УДК 621.315**

**Аннотация.** В настоящее время выпускается большое количество измерительных приборов оптического диапазона, которые широко рекламируются и рекомендуются к применению. Однако, выбор оптимального комплекса приборов зависит не только от измеряемых параметров, но и от конкретной решаемой задачи. Среди них задача оптимального выбора комплекса приборов для мониторинга и контроля параметров оптических компонентов сети, которая рассматривается в статье.

**Ключевые слова:** единство измерений; стратегия обеспечения единства измерений; метрологическое обеспечение; рефлектометрия; профиль; апертура; затухание; дисперсия.

## MEASURING COMPLEX FOR MONITORING AND CONTROL OF PARAMETERS OF OPTICAL COMPONENTS OF THE NETWORK

*Boris Khromoy, professor of the department of «Metrology, Standardization and Measurements in Infocommunications» MTUCI, doctor of technical sciences;*  
*Denis Zhelezov, graduate student MTUCI.*

**Annotation.** Currently, a large number of optical-range measuring instruments are being produced, which are widely advertised and recommended for use. However, the choice of the optimal set of devices depends not only on the measured parameters, but also on the specific problem being solved. Among them is the task of optimal selection of a set of instruments for monitoring and controlling the parameters of optical network components which is considered in the article.

**Keywords:** unity of measurements; strategy of ensuring the uniformity of measurements; metrological support; reflectometry; profile; aperture; damping; dispersion.

В настоящее время в отрасли связи существенно повысились требования точности измерений [1-4]. Это связано с широким внедрением ВОЛС, обеспечивающих передачу большого объема информации. Требования к точности измерительных приборов резко возросли и приблизилась к точности, которую обеспечивают рабочие эталоны [5].

В настоящее время в РФ при разработке метрологического обеспечения ВОЛС необходимо учитывать положения, определяемые законом «Об обеспечении единства измерений» РФ, принятым в 2008 г. и принятой правительством РФ «Стратегией обеспечения единства измерений в Российской Федерации до 2025 г.». В этом документе ставится задача развития импортонезависимых технологий и приборной базы, полностью обеспечивающей единство всех измерений в сфере госрегулирования. Эти документы следует учитывать при выборе средств измерений для проведения мониторинга сети измерений параметров оптических компонентов.

В соответствии с задачами, сформулированными в Стратегии обеспечения единства измерений в РФ создана и постоянно развивается техническая и нормативная базы метрологического обеспечения, позволяющая на должном уровне решать проблемы испытаний и эксплуатации современных средств связи. Ведутся интенсивные поиски новых путей построения высокоточной измерительной аппаратуры для обеспечения передачи размеров единиц величин от эталонов до технических средств связи – объектов контроля.

В РФ проводятся работы по оптимизации принципов построения и способов функционирования системы метрологического обеспечения отрасли с тем, чтобы она стала экономически выгодной и эффективно работающей на повышение качества конечного продукта деятельности отрасли – услуги связи.

### Измеряемые параметры

Параметры, которые необходимо измерять при оценке качества компонентов ВОЛС включают в себя:

- измерение уровней оптической мощности и затухания;
- измерение возвратных потерь;
- определение места и характера повреждения оптоволоконного кабеля;
- стрессовое испытание аппаратуры ВОЛС.

Для проведения этих измерений используются следующие типы эксплуатационных приборов. В международных стандартах они имеют сокращенные обозначения на английском языке.

*OPM (Optical Power Meter)* – измеритель оптической мощности. Это самый распространенный прибор, используемый для проведения ежегодного планового контроля линий и оборудования и локализации повреждений.

*ORL (Optical Return Loss)* – измеритель потери мощности за счет отражения от сварных соединений.

*OLTS (Optical Loss Set)* – оптический тестер, позволяющий измерять величину затухания, который может так же работать в режимах источника оптического излучения и измерителя оптической мощности. Данный прибор объединяет в себе *OPM (Optical Power Meter)* и *SLS (Optical Loss Test Set)* – анализатор затухания.

*OTDR (Optical Time Domain Reflectometer)* – оптический рефлектометр, предназначенный для определения расстояния до неоднородностей показателя преломления оптического волокна: сварных соединений, макро изгибов, коннекторов, обрывов.

Применение эксплуатационных приборов при проведении контроля приведены в табл.

1.

Таблица 1

№	Тестируемый параметр ВОЛС	Необходимые средства измерений
1	Мощность оптическая (на выходе источника, на входе приемника)	<i>OPM, OLTS</i>
2	Затухание в кабеле и других элементах	<i>OPM, SLS, OLTS</i>
3	Уровень возвратных потерь	<i>OTDR, OPL (анализатор)</i>
4	Определение характера повреждения и места повреждения оптоволоконного кабеля	<i>OTDR, Визуальный дефектоскоп</i>
5	Стрессовое тестирование ВОЛС	<i>OPM, SLS, OLTS</i> (перестраиваемые аттенюаторы)

Измерения в волоконно-оптических телекоммуникационных системах можно разделить на два основных типа: это системные и эксплуатационные измерения [6-8].

Первые заключаются, например, в определении целостности волокна при помощи оптического рефлектометра, а вторые – в определении функционирования системы с позиций параметров передачи, примерами которого являются измерение потерь, измерение дисперсии и измерение ширины линии лазера. Для обеспечения работоспособности и соответствия проектным параметрам волоконно-оптических телекоммуникационных систем, необходимо

проводить множество как системных, так и эксплуатационных измерений, которые в свою очередь отличаются методикой и используемыми средствами измерений [9].

Для реализации измерений параметров оптических компонентов необходима реализация метрологического обеспечения. Техническую основу метрологического обеспечения составляют средства измерений и измерительные комплексы, предназначенные для контроля и оценки параметров каналов, трактов и других элементов связи.

Средства измерений параметров каналов и трактов связи в основном сертифицированы и зарегистрированы в Госреестре средств измерений России, большинство из них сертифицированы в системе сертификации «Связь».

Уровень укомплектованности средствами измерений операторов связи составляет достаточно высокий процент. Важной задачей, решаемой в процессе эксплуатации, является определение места и характера повреждения оптоволоконного кабеля. При поиске неисправности в ВОЛС проводится анализ – относится ли неисправность к электрической части оборудования или к оптической. Для этого с помощью *ОПМ* измеряется уровень оптической мощности и затем производится сравнение с нормативным. Если уровень оптической мощности находится в пределах нормы, неисправность находится в электронной части аппаратуры передачи, которая нуждается в замене или ремонте. Если уровень принимаемой мощности слишком низкий, неисправность находится либо в передатчике, либо в волоконно-оптическом кабеле. Для дальнейшего поиска необходимо измерение выходной мощности передатчика, для этого используются *ОПМ* и тестовый кабель. Если выходная мощность передатчика низкая, он должен быть отремонтирован. Если мощность находится в пределах нормы, неисправность связана с волоконным кабелем.

Поиск неисправности в кабеле начинается с анализа с помощью *OTDR*. Основными неисправностями кабеля обычно являются коннекторы, сварки с плохим качеством, соединения и обрывы кабеля, обусловленные внешними воздействиями. Для поиска неисправности в коннекторах применяются эксплуатационные микроскопы. Для диагностики сварок и локализации обрывов применяются *OTDR*.

### **Определение места и характера повреждений в оптическом кабеле**

При проведении аварийных эксплуатационных измерений особенно важным является определение участков и причин деградации качества передачи сигнала. Для этой цели используются рефлектометры (*OTDR*).

Рефлектограмма определяет функцию распределения затухания по длине кабеля, а также может использоваться для локализации участков и причин деградации качества передачи. Так, участки сварочных узлов и рассеяния, на рефлектограмме отображаются как место увеличения затухания без всплеска мощности отраженного сигнала. Это означает, что эти места являются точками релеевского рассеяния без френелевского отражения. В то же время точки плохого соединения, обрыва или значительного повреждения кабеля отображаются как точки отражения с характерными всплесками мощности отраженного сигнала.

На рис. 1 обозначены: 1 – начало линии (оптический разъем); 2 – коннектор; 3, 4, 6, 7, 8 – сварные соединения; 5 – трещина в волокне (отражающая неоднородность); 9 – конец линии (торец волокна); 10 – шумы. Каждый тип неоднородности (сварное соединение волокон, трещина, оптический разъем и т.д.) имеет свой характерный образ на дисплее ОР, и может быть легко идентифицирован оператором. Так, например, отражающие неоднородности (разъемные соединения волокон, трещины, торец волокна) проявляются на рефлектограмме в виде узких пиков, а неотражающие неоднородности (сварные соединения и изогнутые участки волокон) – в виде изгибов в рефлектограмме. Участки рефлектограммы, расположенные между неоднородностями, имеют вид прямых линий с отрицательным наклоном. Угол наклона этих прямых прямо пропорционален величине потерь в волокне.

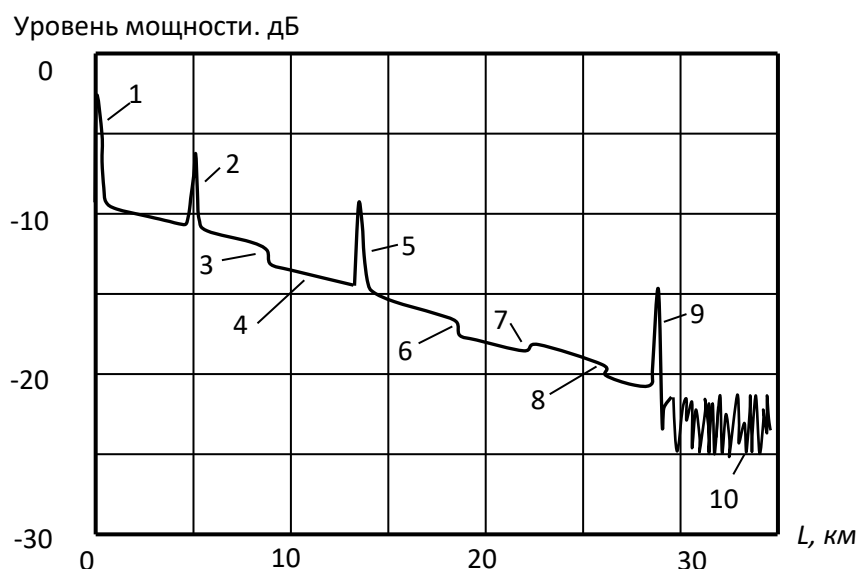


Рисунок 1

Визуальный анализ формы рефлектограммы позволяет качественно оценить характер повреждения в кабеле. Спецификой оптического волокна по сравнению с электрическими кабелями является то, что отраженная мощность точки повреждения зависит от угла скола волокон. В случае воздействия на волокно только растягивающей силы возникает плоская поверхность излома, если же волокно разрушается от удара, то поверхность не является плоской. Соответственно будут различаться сигналы на рефлектограмме.

Потери, измеряемые рефлектометром, так же определяются затуханием сигнала при распространении в прямом и обратном направлении и, следовательно, вдвое превышают потери при однократном прохождении сигнала по тестируемому участку (точно так же, как время, измеряемое рефлектометром, вдвое превышает время необходимое для однократного прохождения тестируемого участка).

Анализ рефлектограммы позволяет выявить характер повреждений в кабеле. Далее при эксплуатации линии необходимо иметь средства измерений, чтобы произвести измерения параметров с целью улучшения качества передачи сигналов. По этой причине в состав метрологического обеспечения при эксплуатации оптического кабеля должны входить следующие средства измерений.

1. Средства измерений, позволяющие определить параметры активных компонентов: передающих устройств, оптических усилителей (*OPM, OLTS*).
2. Средства измерений, позволяющие определить величину затухания оптического волокна и других элементов (*OPM, SLS, OLTS*),
3. Средства измерений, позволяющие определить параметры пассивных компонентов: разветвителей, аттенуаторов, оптических фильтров (*OPM, SLS, OLTS, OPL*).
4. Рефлектометр, позволяющий определить наличие устранения неисправностей (*OTDR*).

### Литература

1. Аджемов А.С., Хромой Б.П. Связь и решение задачи измерения времени // Т-Comm: Телекоммуникации и транспорт, 2015. – Т. 9. – № 12. – С. 72-76.
2. Аджемов А.С., Хромой Б.П. Электросвязь и оптика в историческом плане // Т-Comm: Телекоммуникации и транспорт, 2016. – Т. 10. – № 2. – С. 71-79.
3. Аджемов А.С., Лохвицкий М.С., Хромой Б.П. Развитие электротехники в России В сборнике: Телекоммуникационные и вычислительные системы Труды конференции. 2015. – С. 11-12.

4. Портнов Э.Л. Волоконная оптика в телекоммуникациях. – М.: Горячая Линия – Телеком, 2018. – 391 с.
5. Хромой Б.П. Метрология и измерения в телекоммуникационных системах. – М.: ИРИАС, – Т. 2. 2008. – 560 с.
6. Федеральный закон РФ № 102 от 26.06.2008 г. «Об обеспечении единства измерений».
7. Портнов Э.Л. Оптические кабели связи и пассивные компоненты волоконо-оптических линий связи. – М.: Горячая линия – Телеком, 2007.
8. Портнов Э.Л. Оптические кабели связи их монтаж и измерение. – Горячая линия – Телеком, 2012. – 488 с.
9. Аджемов А.С., Хромой Б.П. Обеспечение единства измерений хроматической дисперсии в оптическом волокне // Т-Сотт: Телекоммуникации и транспорт, 2014. – Т. 8. – № 9. – С. 8-1.