

РЕФЛЕКТОМЕТРИЧЕСКИЕ ИЗМЕРЕНИЯ ВОД И ВОИС

Умаров А. А.,

Зарипов О.О.,

Ташкентский государственный технический
университет имени Ислама Каримова

В соответствии с практикой и существующими стандартами можно выделить два важных параметра ВОД и ВОИС, которые в настоящее время необходимо измерять как в процессе разработки и поставки датчиков и систем, так и в процессе их эксплуатации - энергетические параметры - средняя мощность оптического излучения, его относительный и абсолютный уровень, и оптическое затухание, уровень оптических потерь в соответствии с ГОСТ Р 51060-97 «Средства измерения оптической мощности волоконно-оптических систем».

Основным показателем качества волоконно-оптического изделия является величина вносимых оптических потерь:

$$\alpha = -10 \lg \frac{P_{\text{ВЫХ}}}{P_{\text{ВХ}}}$$

где $P_{\text{ВХ}}$ - мощность оптического излучения на входе изделия; $P_{\text{ВЫХ}}$ - мощность оптического излучения на выходе изделия. Энергетические параметры измеряют с помощью измерители оптической мощности и оптические тестеры, измерительные генераторы и оптические аттенюаторы с нормируемым вносимым затуханием.

Измерители оптической мощности позволяют проводить измерения мощности непрерывного и импульсно-модулированного оптического излучения в диапазоне от минус 70 до плюс 10 дБм на выходе одномодовых (10/125 мкм) и многомодовых (50/125 мкм, 62.5/125 мкм) оптических волокон и кабелей в спектральных диапазонах (800...900), (1260...1360) и (1500...1600) нм с погрешностью измерения 0,1 дБ и разрешающей способностью 0,05 дБ. Производителями измерителей оптической мощности и оптических тестеров являются фирмы «ЛОНИИР» (серия «Алмаз»), «Измерительная техника связи» (серия «Рубин») и многие другие.

Рефлектометр – оптоэлектронный прибор для измерения распределения оптического затухания методом обратного рассеяния Рэлея или Бриллюэна в оптическом волокне с целью обнаружения неоднородностей (обрывов) в оптических кабелях и измерения затухания в заданных участках волокна.

Рефлектометры применяются для контроля параметров оптических кабелей в процессе производства, а также при строительстве, наладке и эксплуатации информационно-измерительных оптических линий связи. Корреляционная оптическая рефлектометрия в длинноволновом диапазоне излучения 1,3 – 1,6 мкм является эффективным методом обработки сигнала распределенной ВОИС с высоким пространственным разрешением. Система автокорреляционной обработки сигналов распределенной ВОИС, обеспечивающая пространственное разрешение порядка 10 см, строится на базе линии одномодового оптического волокна с локализованными микродефектами, представляющей линейный массив распределенных волоконно-оптических датчиков.

Интенсивность излучения лазерного диода (ЛД) модулируется псевдослучайной двоичной последовательностью. Рассеянное обратное рэлеевское излучение преобразуется фотодиодом, усиливается и затем умножается на сдвинутую во времени исходную псевдослучайную двоичную последовательность. Результирующий сигнал интегрируется за период времени T . Автокорреляционная функция образуется на выходе системы с максимумом в форме треугольника.

Автокорреляционный метод решает проблему ограниченной мощности ЛД путем интегрирования средней мощности, вводимой в ВОИС, и приводит к высокому пространственному разрешению, благодаря применению корреляции высокоскоростной (>200 Мбит/с) псевдослучайной двоичной последовательности импульсов. Поскольку традиционные оптические рефлектометры все же не измеряют неоднородности на малых расстояниях – как правило разрешающая способность составляет порядка 1 м, то для контроля ВОД и ВОИС можно применять волоконно-оптические торцевые рефлектометры. Принцип действия волоконно-оптического торцевого рефлектометра (рефрактометра) состоит в прецизионном измерении интенсивности излучения, отраженного от сколотого торца одномодового волоконного световода (френелевское отражение). Коэффициент отражения R зависит от эффективного показателя преломления основной моды световода n_0 , а также от показателя преломления n_B среды, в которую помещен торец световода, в соответствии с формулой Френеля:

$$R = \left(\frac{n_0 - n_B}{n_0 + n_B} \right)^2$$

В качестве источника излучения используется широкополосный светоизлучающий диод (СИД) с центральной длиной волны 1.3 или 1.55 мкм. Нормирование измеренного сигнала на выходную мощность СИД, а также использование малошумящего фотоприемника позволяет проводить высокоточные измерения в течение длительного времени. Следует отметить, что прибор легко подключается к персональному компьютеру с помощью любого аналого-цифрового преобразователя. Динамический диапазон измерений >50 дБ, точность измерений 0.01 дБ и долговременная стабильность 0.2 %.

С помощью волоконно-оптического рефрактометра (торцевого рефлектометра) можно эффективно измерять с высокой точностью следующие параметры:

- показатель преломления жидкостей и газов в инфракрасном спектральном диапазоне, а также его изменения во времени, связанные с изменением температуры, давления и параметров, влияющих на показатель преломления;
- концентрации компонентов в растворах;
- фазовые переходы (затвердевание, полимеризация, плавление и т.п.);
- производную dn/dT одномодовых волоконных световодов (T - температура). Она определяет температурную чувствительность волоконных решеток (как брэгговских, так и длиннопериодных) и не может быть точно вычислена из параметров световода;
- оптические потери, наведенные в сердцевине световода вследствие различных причин (изгиб, гамма- или УФ-излучение и т.п.);
- качество сколотого или отполированного торца и стыков волокон, сварок и т.п.;
- временную зависимость интенсивности излучения, отраженного брэгговской решеткой во время ее записи.

Кроме того, торцевой рефлектометр может использоваться в различных схемах волоконных датчиков (температуры, натяжения и т.п.).

Литература:

1. Бусурин В.И., Носов Ю.Р. Волоконно-оптические датчики: Физические основы, вопросы расчета и применения. М.: Энергоатомиздат, 1990.- 256 с.

2. Иоффе Б.В. Рефрактометрические методы химии. М., Химия, 1978.- 475 с.
3. Мурашкина Т. И. Состояние проблемы ВО датчикостроения // Состояние и проблемы технических измерений: Тез. докл. Всероссийск. науч. -техн. конф. 24-26 ноября 1998. - Москва, 1998. - С. 183-184.
4. Andreev I.A., Serebrennikova O.Yu., Sokoolovsky G.S., Dyudelev V.V., Ilinsky N.D., Konovalov G.G., Kunisina E.V., Yakovlev Yu.P. High-speed photodiodes for the middle infrared spectral range $1.2 \div 2.4 \mu\text{m}$ based on GaSb / GaInAsSb / GaAlAsSb heterostructures with a transmission bandwidth of $2 \div 5 \text{ GHz}$. // Semiconductors, 2013, Vol 47, rel. 8. p.1109-1115.
5. Umarov A., Zaripov O., Zakirov R., International Conference on Information Science and Communication Technologies: Application, Trends and Opportunities, ICISCT 2021.
6. Мурашкина Т. И. Особенности построения амплитудных ВОД // Состояние и проблемы технических измерений: Тез. докл. Всероссийск. науч. -техн. конф. 24-26 ноября 1998. - Москва, 1998. - С. 185- 186.