

# Оптический сигнал — под контроль!

**Конова Е.Т.,**

директор департамента контрольно-измерительного оборудования SYRUS SYSTEMS  
konova@syrus.ru

**Шельгов В.И.,**

научный редактор SYRUS SYSTEMS  
shelgov@syrus.ru

*Внезапно разразившийся глобальный экономический кризис не обошел стороной и мировой рынок контрольно-измерительного оборудования для волоконно-оптических сетей (Fiber Optic Test Equipment — FOTE). По оценкам исследовательской компании Frost & Sullivan, в 2008 г. объем этого рынка уменьшился на 6,2% (по сравнению с 2007 г.) и составил 567,4 млн. долл. Однако, несмотря на кризис, спрос на полосу пропускания магистральных сетей и услуги широкополосного доступа, предоставляемые по волоконно-оптическим каналам, продолжает расти. По прогнозам аналитического агентства Heavy Reading, в Европе число домохозяйств, подключенных к сетям FTTH (Fiber To The Home), увеличится с 2,38 млн. в 2008 г. до 20,5 млн. в 2013 г. Среди них будет 4,2 млн. российских домохозяйств, что больше чем в любой другой европейской стране.*

Востребованность решений для сетей FTTH аналитики Frost & Sullivan называют основным драйвером роста рынка FOTE. Кроме того, актуальность тестирования волоконно-оптических инфраструктур повышается в связи с развитием сетевых средств, включая реконфигурируемые оптические мультиплексоры ввода-вывода (Reconfigurable Optical Add/Drop Multiplexers — ROADM). Frost & Sullivan прогнозирует, что в ближайшие пять лет объем мирового рынка FOTE будет расти в среднем примерно на 1,7% в год и к 2013 г. достигнет 618,52 млн. долл. Самыми быстрорастущими сегментами этого рынка аналитики называют оптические рефлектометры во временной области (Optical Time-Domain Reflectometers — OTDR) и оптические анализаторы спектра (Optical Spectrum Analyzers — OSA). О последних и пойдет речь в данной статье.

## Как работает OSA

Анализ спектра оптического излучения представляет собой измерение его мощности

в зависимости от длины волны. В связи с распространением технологий спектрального уплотнения (xWDM) в телекоммуникационных сетях и введением в линии связи волоконно-оптических усилителей EDFA (эрбиевых усилителей) данный вид измерений стал одним из важнейших в процессах инсталляции и эксплуатации современных волоконно-оптических систем связи.

Это обусловлено необходимостью контроля спектра источников оптического излучения, а также определения степени влияния спектральных составляющих на параметры волоконно-оптических компонентов и передачу данных по волоконно-оптическим линиям связи (ВОЛС). С помощью OSA контролируют наличие четырехволнового смешивания (нелинейный эффект, приводящий к деградации передаваемых сигналов и образованию новых нежелательных длин волн), измеряют отношение сигнал/шум (оно может уменьшаться из-за спонтанного излучения усилителей EDFA), проверяют баланс оптической мощности (все сигналы с разными длинами волн должны быть одинаково усилены), контролируют взаимные помехи между соседними каналами и выделяют конкретную длину волны для последующего анализа.

Как известно, OSA строятся на основе дифракционной решетки, интерферометров Майкельсона, Фабри-Перо и других интерференционных схем. В настоящее время благодаря высокой технологичности наибольшее распространение получили анализаторы

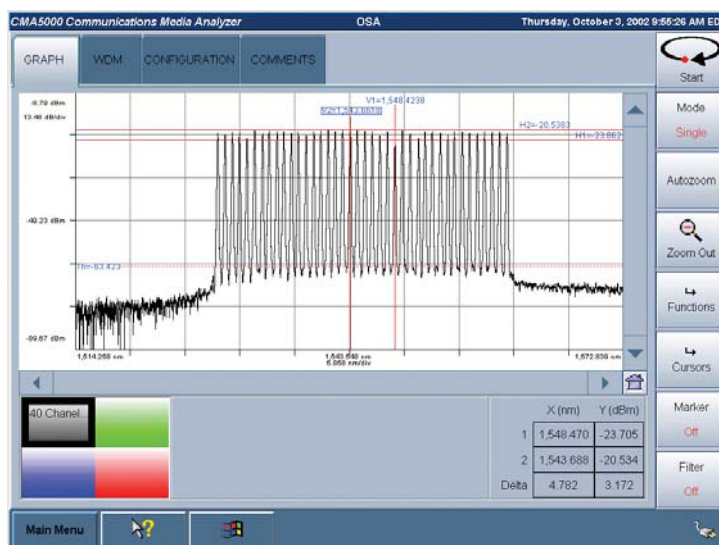
с перестраиваемым по длине волны оптическим фильтром на базе дифракционной решетки и только тогда, когда их разрешающая способность оказывается недостаточной, используются более дорогостоящие интерферометрические методы измерения спектра.

Основными компонентами OSA являются вышеупомянутый перестраиваемый оптический фильтр (или монохроматор), фотоприемник (преобразует выделенный монохроматором оптический сигнал в электрический, уровень которого пропорционален мощности оптического сигнала), АЦП, средства управления монохроматором, обработки данных и отображения результатов анализа. Перестраивая оптический фильтр по исследуемому диапазону длин волн, OSA создает спектрограмму — график зависимости мощности оптического сигнала от длины волны.

## Сделайте правильный выбор!

В настоящее время в волоконно-оптических инфраструктурах используются следующие технологии спектрального уплотнения: CWDM (межканальный интервал 20 нм), DWDM (от 25 до 100 ГГц, 100 ГГц соответствует 0,78 нм) и uDWDM (12,5 ГГц). При таком разнообразии современных технологий и продолжающемся развитии волоконно-оптических сетей выбрать оптимальную модель OSA отнюдь не просто.

К основным параметрам OSA относятся диапазон рабочих длин волн, динамический диапазон по мощности, полоса пропускания



Спектр DWDM-сигнала на экране OSA

(resolution bandwidth) и коэффициент подавления оптического сигнала (Optical Rejection Ratio — ORR). Параметр ORR характеризует способность OSA измерять отношение оптический сигнал/шум (Optical Signal-to-Noise Ratio — OSNR) на определенном расстоянии (50, 25 или 12,5 ГГц) от пика АЧХ своего оптического фильтра. Фактически это характеристика крутизны АЧХ, выражаемая в децибелах по отношению к пиковому значению сигнала. Согласно спецификации IEC 61280-2-9, для точного определения OSNR значение ORR в точке измерения уровня шума (середина частотного интервала между каналами) должно быть по меньшей мере на 10 дБ выше измеряемого значения OSNR. Так, если OSNR составляет 25 дБ на расстоянии 25 ГГц от центра канала, ORR анализатора в этой же точке должно быть не менее 35 дБ. Если ORR измерительного прибора оказывается меньше отношения сигнал/шум системы xWDM, то оператор получает график, на котором изображены скорее собственные ограничения такого прибора, чем реальное поведение оптического сигнала. Таким образом, чем больше каналов в системе и уже интервал между ними, тем выше должен быть ORR и уже полоса пропускания. Разумеется, чем лучше эти и другие характеристики OSA, тем выше его стоимость.

Выбирая модель OSA, принимайте в расчет не только ваши текущие, но и будущие потребности в тестировании ВОЛС (иначе покупка может вскорости морально устареть), а также имеющийся в вашем распоряжении бюджет. Во многих случаях оптимальным решением может стать приобретение модульного прибора, который можно оснащать модулями OSA с разными рабочими характеристиками, что позволит инвестировать в измерительное оборудование постепенно, по мере повышения ваших требований к нему.

В качестве примера такого прибора,

представленного на российском рынке, приведем компактную тестовую платформу CMA 5000a компании Anritsu, которую для использования в качестве OSA можно оснастить измерительным модулем модели OSA 400 или OSA 425. Доступны и другие модули — для тестирования сетей SDH, Gigabit и 10-Gigabit Ethernet, измерения хроматической и поляризационной модовой дисперсии, выполнения функций OTDR.

Оба OSA-модуля для названной платформы работают в диапазоне длин волн от 1250 до 1650 нм. Показатели ORR относительно недорогой модели OSA 425 составляют 40, 35 и 25 дБ на расстоянии от пика 50, 25 и 12,5 ГГц соответственно. С более дорогим модулем OSA 400 данная платформа имеет характеристики высокоточного лабораторного анализатора с одними из лучших в отрасли показателями ORR, равными 65, 55 и 35 дБ на расстоянии от пика 50, 25 и 12,5 ГГц соответственно. Полезной особенностью данного модуля является возможность выделения из сигнала xWDM любого канала с определенной длиной волны (и пропускной способностью до 40 Гбит/с) для последующего анализа качественных показателей трафика (коэффициент битовых ошибок, джиттер) с помощью соответствующего анализатора (SDH, OTN, Ethernet и др.). Этот анализ очень важен, ведь даже при больших значениях OSNR отнюдь не всегда обеспечивается высокое качество обслуживания потребителей, поскольку на него влияют и такие характеристики канала, как джиттер, поляризационная модовая дисперсия, колебания групповой задержки, которые нельзя оценить, измеряя только OSNR. И еще. Оборудованная OSA-модулем платформа CMA 5000a имеет функцию тестирования EDFA, которая в автоматическом режиме определяет его коэффициент усиления на каждой длине волны и шумовые характеристики.



Универсальный модульный анализатор CMA 5000a компании Anritsu

В ряде случаев, когда универсальность и высокая точность OSA не нужны, можно использовать упрощенные специализированные мониторы или анализаторы оптических каналов, которые стоят дешевле. К такого рода решениям относятся модули MTT-34CWDM и MTT-34DWDM для портативной тестовой платформы SunSet MTT компании Sunrise Telecom, обеспечивающие измерение длин волн и уровней сигналов CWDM и DWDM соответственно, мониторинг дрейфа этих параметров и определение общей мощности излучения в рабочем диапазоне длин волн. Кроме того, DWDM-модуль измеряет OSNR и контролирует дрейф этого параметра. MTT-34CWDM работает в диапазоне длин волн 1260 — 1630 нм с межканальным интервалом 20 нм, а MTT-34DWDM — в полосе 1528,77 — 1604,88 нм с межканальным интервалом 100 ГГц. CWDM-модуль можно задействовать и для одновременного мониторинга каналов сетей FTTx/PON на длинах волн 1310, 1490 и 1550 нм. Разумеется, для тестирования этих сетей подойдут также более дорогие, точные и многофункциональные OSA, но в этом случае их возможности будут явно избыточны. Благодаря модульной архитектуре SunSet MTT позволяет решать широкий спектр измерительных задач в современных сетях доступа. На сегодняшний день предлагается несколько разновидностей шасси SunSet MTT и более 30 устанавливаемых в эти шасси измерительных модулей, которые позволяют тестировать медные и оптоволоконные линии, сети Ethernet, xDSL, SONET/SDH и сервисы Triple Play.

В заключение стоит отметить, что в связи с дальнейшим технологическим развитием оптических сетей (внедрение ROADM и новых высокоскоростных форматов модуляции для передачи данных на скоростях 40 и 100 Гбит/с), изменяются требования к измерениям, которые необходимо выполнять. Так, при прохождении сигналов через ROADM стандартный метод определения OSNR, предусматривающий измерение уровня шума посередине между каналами DWDM, дает завышенные результаты, поскольку ROADM фильтрует шум между каналами, а внутри каналов он сохраняется. В данном случае необходимо оценивать внутриканальное (in-band) OSNR. В настоящее время уже разработан ряд in-band-методик измерения OSNR (основанных на различии поляризационных характеристик сигнала и шума), которые начали внедряться в OSA.