

## Повышение эффективности систем мониторинга ВОЛП

В последнее время в связи с возросшей пропускной способностью волоконно-оптических линий передачи (ВОЛП) (до нескольких десятков Тбит/с) резко обострилась проблема их надёжности. Решение этой проблемы требует применения соответствующих методик оценки, расчета и контроля различных параметров оптических кабелей (ОК) и показателей надежности ВОЛП [1,2]. Надежность ВОЛП зависит от различных конструктивно-производственных и эксплуатационных факторов. К первым относят факторы, связанные с разработкой, проектированием и изготовлением ОК и других вспомогательных изделий и устройств, входящих в состав ВОЛП. Ко вторым – все факторы, влияющие на надежность ОК в процессе его прокладки, монтажа и последующей эксплуатации. Одним из основных эксплуатационных факторов, позволяющих прогнозировать ухудшение характеристик оптических волокон и обеспечивать требуемый уровень надежности ВОЛП, является непрерывный мониторинг ОК [2].

В настоящее время оптические рефлектометры, мультиметры и другие измерительные приборы, обеспечивающие решение задач измерения параметров ВОЛП, находятся на вооружении монтажных и эксплуатирующих подразделений. Однако развитие волоконно-оптических сетей связи (ВОСС) потребовало пересмотра подхода к системе измерений и контроля параметров ВОЛП: в современных ВОСС все шире используются автоматизированные системы мониторинга (СМ) [3].

СМ предназначены для оперативного контроля технического состояния ВОЛП и своевременного оповещения при возникновении нештатного события. Принцип действия СМ основан на применении рефлектометрических модулей и оптических коммутаторов (рис.1) и уже неоднократно излагался [4,5].

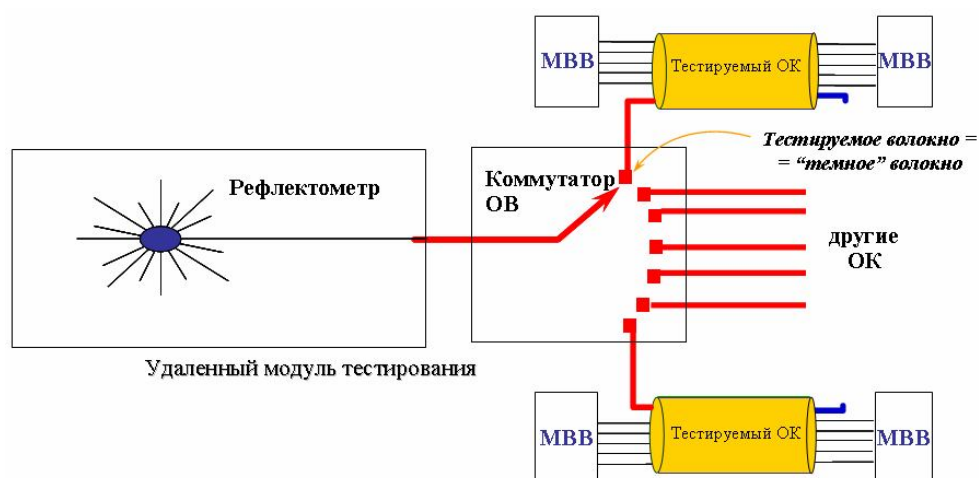


Рис.1. Традиционная схема мониторинга «темного» волокна с оптическим коммутатором.

СМ в основном разрабатывалась для протяженных магистральных транспортных сетей. Опыт эксплуатации СМ подтвердил необходимость мониторинга, но и выявил слабые места, отмечаемые рядом авторов [4]. Прежде всего, это наличие известной «мертвой зоны» рефлектометрического метода с известными последствиями. При появлении локальных неоднородностей в начале ВОЛП (например, при попытке несанкционированного подключения) вид рефлектограммы (РГ) не меняется. Причем, в зависимости от способа обработки, РГ либо не меняется, либо опускается на величину локальных потерь  $\Delta\alpha$  (рис.2). Таким образом, кроме относительных измерений распределения затухания по длине, необходимо измерять и абсолютный уровень мощности сигнала обратного рассеяния.

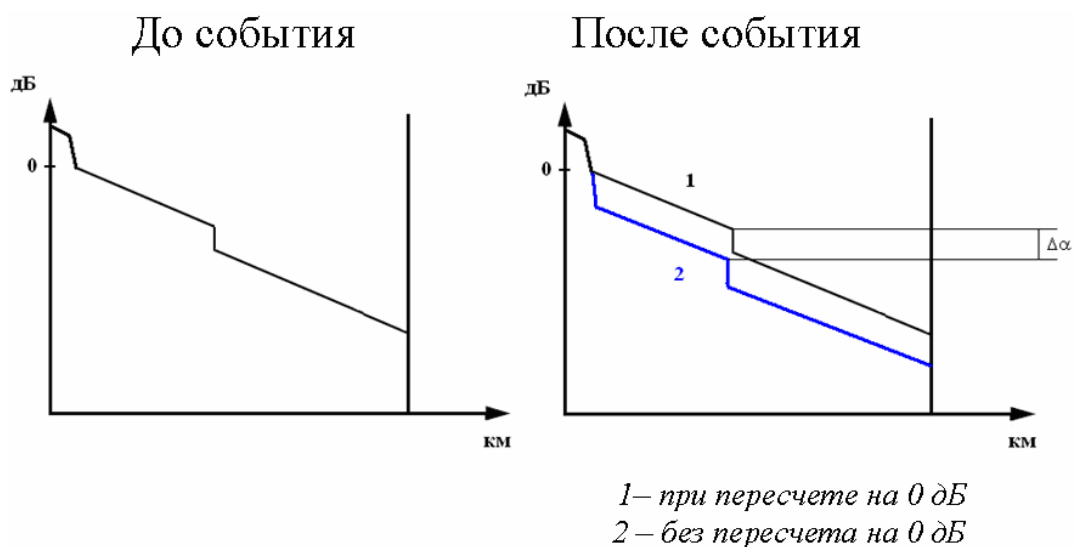


Рис.2. Вид рефлектограммы при появлении «события» в начале линии.

Далее была выявлена слабая чувствительность СМ к так называемым «плавающим» дефектам при каких-либо случайных или преднамеренных воздействиях кратковременного характера (доли...десятки секунд). Вследствие достаточно большого времени усреднения появление кратковременного локального скачка затухания может не отразиться на РГ (рис.3), где  $t_c$  – время существования дефекта,  $t_y$  – время усреднения РГ.

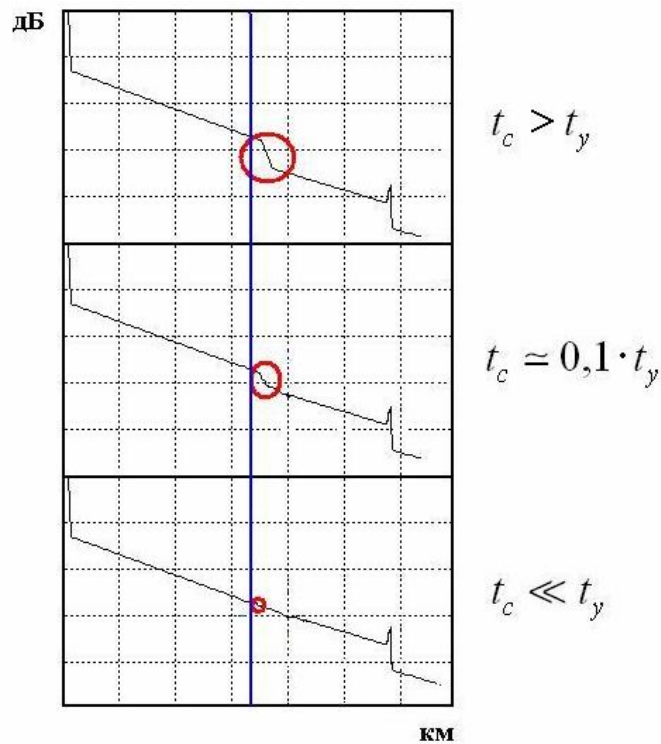
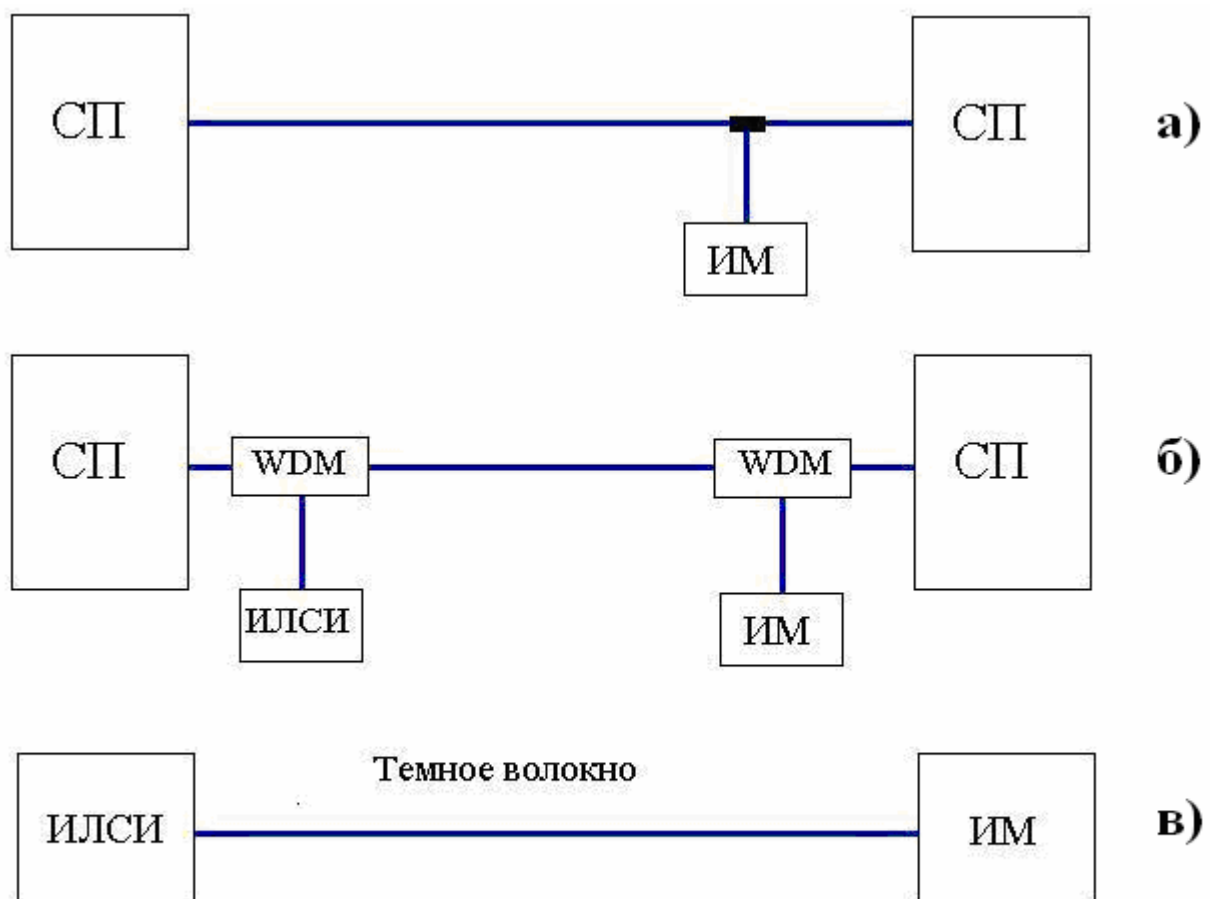


Рис.3. Соотнесение времени существования дефекта и времени усреднения на рефлектограмме.

Для установления факта появления кратковременных дефектов в свое время нами предлагалось (а сейчас это уже используется независимо от нас) точное и быстрое измерение затухания световода. При статистической обработке ряда измерений можно установить факт кратковременного изменения затухания (доли секунды) с разрешением 0,01 дБ [6]. Это особенно важно в связи с появлением новых более изошренных способов НСД на базе квантовых усилителей. Судя по литературе, съем информации возможен при потерях в отводимом канале 35...40 дБ и вносимых потерях  $\approx 0,1 \dots 0,05$  дБ. Такие малые приращения затухания не всегда выявляет СМ.

Существует несколько вариантов измерения затухания волокна (рис.4):

- по средней мощности рабочего сигнала (разветвитель используется неравноплечный, чтобы не ослаблять рабочий сигнал). Однако здесь нет гарантии высокой точности из-за нестабильности мощности рабочих лазеров – (а)
- с помощью автономной системы измерения затухания рабочего волокна на длине волны вне рабочего спектра ( $\lambda = 1625$  нм). Здесь можно реализовать высокоточное измерение затухания – (б)
- с помощью автономной системы измерения затухания темного волокна (самый дешевый и самый точный вариант) – (в)



СП - система передачи; ИМ - измеритель мощности;  
 ИЛСИ - источник лазерного стабилизированного излучения;  
 WDM - мультиплексор/демультиплексор с волновым разделением каналов

Рис.4. Схемы измерения затухания в ОВ.

Применение первых двух систем измерения затухания позволяет более экономно решить и рефлектометрический анализ волокон. Напомним, что в СМ идет непрерывный рефлектометрический анализ всех активных волокон (используются оптические коммутаторы). С учетом информации, получаемой от системы контроля затухания, рефлектометры здесь включаются при необходимости и только в том случае, если зафиксирован скачок затухания больше допустимого значения. Это позволяет без потери заданных функций мониторинга резко сократить объем обрабатываемой информации.

Третья схема высокоточного измерения затухания особенно хороша при выявлении общих внешних механических воздействий на кабель, например, при попытке НСД.

Таким образом, при незначительном удорожании существующих СМ (+1 %) можно существенно повысить эффективность мониторинга.

В заключение можно отметить, что высокоточный контроль затухания волокон особенно эффективен при эксплуатации *локальных оптических сетей*, где рефлектометры малоэффективны.

## Список использованной литературы

1. Хволес Е.А., Ходатай В.Г., Шмалько А.В. Волоконно-оптические линии связи и проблемы их надежности. – ВКСС. Connect! 2000, №4.
2. Иванов А.Б. Контроль соответствия в телекоммуникациях и связи. Часть 1. – М.: Сайрус Системс, 2000. – 376 с.
3. Белянко Е.В., Гринштейн М.Л., Зюзин М.С. Измерительное оборудование системы мониторинга оптических волокон: основные характеристики // Lightwave, №2, 2008.
4. Свинцов А.Г. Системы мониторинга волоконно-оптических сетей связи // Фотон-Экспресс, № 5, 2007.
5. Гринштейн М.Л., Зюзин М.С. Методы анализа изменений параметров ВОЛС при автоматическом мониторинге // Lightwave, №1, 2008.
6. Салтыков А.Р. Обнаружение неоднородностей при автоматическом мониторинге ВОЛС // Труды 61 НТК профессорско-преподавательского состава, научных сотрудников и аспирантов, январь, 2009.