

Исследование оптических характеристик приёмо-передающего модуля XFP с встроенной функцией EFEC

М. В. Чудина, Е. С. Голубятников, Е. А. Воцинский

Московский физико-технический институт (государственный университет)

ООО НТО «ИРЭ-Полус»

Современная тенденция развития волоконных DWDM-линий (Dense Wavelength Division Multiplexing) связи сводится к стандартизации и уменьшению геометрических размеров приёмо-передающих устройств (трансиверов). Одним из вариантов исполнения является модуль XFP (10 Gigabit Small Form Factor Pluggable), который поддерживает SDH, 10GE и OTU2-протоколы передачи данных (до 11,3 Гбит/с). В настоящее время для осуществления упреждающей коррекции ошибок (EFEC) [1] применяется дополнительное оборудование — транспондеры, которые, используя, например, код Рида-Соломона [2], добавляют к клиентскому сигналу избыточную информацию (7-20%), позволяющую корректировать ошибки перед отправкой в линию связи.

В данной работе исследовались оптические характеристики принципиально нового вида XFP модулей, разработанных в IPG Photonics: с встроенной технологией EFEC. Данный тип приёмо-передающих устройств позволяет при проектировании DWDM-линий связи исключать транспондеры, тем самым значительно уменьшая стоимость информационных сетей. Крайне важными параметрами при проектировании ВОЛС являются: соотношение сигнал/шум на выходе из линии (OSNR) и коэффициент битовых ошибок (BER) [3]. Кроме того, при распространении сигнала в линии связи на него воздействует ряд фундаментальных эффектов: дисперсия, фазовая самомодуляция, вынужденное рассеяние Мандельштама-Бриллюэна и т. д. [4]. В данной работе исследовалось дисперсионное влияние на сигнал (10 Гбит/с), в частности, зависимости OSNR и BER от величины дисперсии в линии (для стандартного одномодового волокна SMF-28 величина дисперсии составляет 17 пс/нм/км). Блок-схема линии, используемой в настоящей работе, представлена на рисунке 1. В данной схеме использован перестраиваемый компенсатор дисперсии (КД), позволяющий варьировать величину накапливаемой в линии дисперсии: OSNR варьировалось с помощью перестраиваемого аттенюатора. Для измерения зависимости OSNR от величины остаточной дисперсии BER фиксировался на уровне 10^{-12} ($BER=10^{-12}$ – максимально допустимый уровень ошибок при проектировании линии). При исследовании коэффициента битовых ошибок величина OSNR фиксируется на минимальном уровне, который определяется исходя из данных, полученных при измерении зависимости OSNR от остаточной дисперсии.

На рисунке 2 представлены зависимости BER(a) от OSNR, а также критического OSNR(б) от длины линии с остаточной дисперсией [5]. Как видно из рисунка 2(б), оптимальная величина OSNR достигается при длине некомпенсированной по дисперсии линии в диапазоне 20–80 км. Критический OSNR (при $BER < 10^{-12}$), равный 8,3 дБ, достигается за счет применения технологии EFEC. Для сравнения: значение критического OSNR XFP без EFEC составляет примерно 15 дБ.

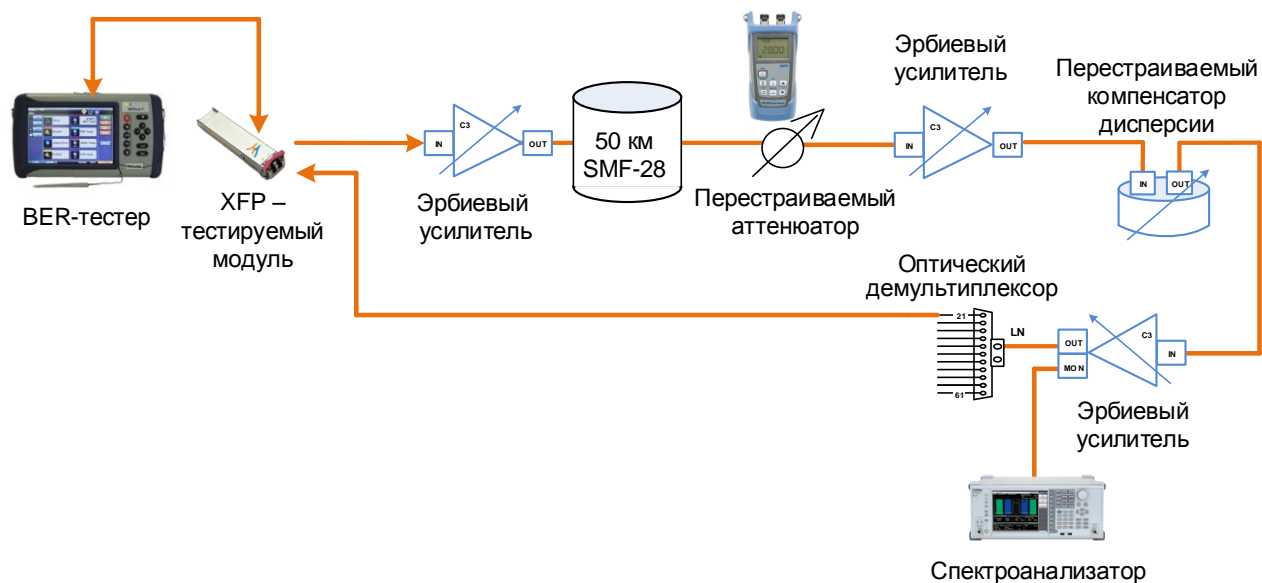


Рисунок 1. Блок-схема экспериментальной линии.

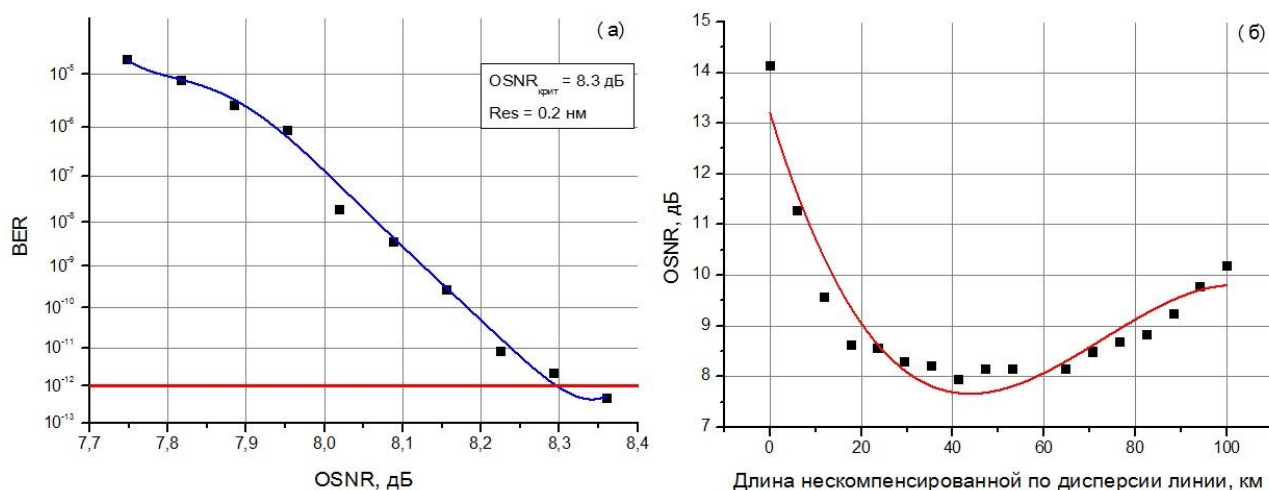


Рисунок 2. Зависимости (а) BER от OSNR, (б) OSNR критический (при фиксированной величине BER $\approx 10^{-12}$) от остаточной дисперсии в единицах длины.

Литература

1. Luyi S., Jinyi F., Xiaohua Y. Forward error correction // Computational and Information Sciences (ICCIS), 2012 Fourth International Conference on. IEEE. 2012. P. 37-40.
2. Мак-Вильямс Ф. Дж., Слоэн Н. Дж. А. Теория кодов, исправляющих ошибки. М.: Радио и связь. – 1979. – С. 287–308.
3. Breed G. Bit error rate: Fundamental concepts and measurement issues // High Frequency Electronics. – 2003. – V. 2. N. 1. – P. 46–47.
4. Агравал Г. Нелинейная волоконная оптика. – Academic Pr, 1989.
5. Гуркин, Н. В., Капин, Ю. А., Павлов, В. Н., Плаксин, С. О., Трещиков, В. Н. Характеристики однопролетной системы DWDM с каналами 40 Гбит/с DPSK в сетке 50 ГГц // Электросвязь. – 2012. – N. 1. – С. 56-58.