

НОВЫЕ ТИПЫ МОДУЛЯЦИИ В ВОСП, ИСПОЛЬЗУЮЩИЕ ВОЛОКНО С СОХРАНЕНИЕМ ПОЛЯРИЗАЦИИ

В.Н. УРЯДОВ¹, А.С. ЗЕЛЕНИН²

¹Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
ул. П. Бровки, 6, г. Минск, 220013, Республика Беларусь
kafstk@bsuir.by

²Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
ул. П. Бровки, 6, г. Минск, 220013, Республика Беларусь
zelenin.alexander@gmail.com

В настоящее время интенсивно развиваются исследования в области новых типов модуляции оптических сигналов, целью которых является увеличение эффективности волоконно-оптических сетей передачи (ВОСП), повышение помехоустойчивости, а также увеличение пропускной способности сети, что в конечном итоге приводит к снижению стоимости единицы передаваемой информации.

Ключевые слова: волоконно-оптическая система передачи, оптический сигнал, модуляция, поляризация, метод, эффективность, пропускная способность, помехоустойчивость.

Эффективность и помехоустойчивость ВОСП в значительной мере зависит от используемых методов оптической модуляции. Эффективность ВОСП подразумевает более эффективное использование спектральных каналов в системах плотного волнового мультиплексирования (DWDM), а повышение помехоустойчивости заключается в снижении чувствительности оптических сигналов к искажениям из-за дисперсии или нелинейности.

В оптическом диапазоне электромагнитных волн могут быть реализованы следующие методы модуляции: амплитудная модуляция, частотная, фазовая, поляризационная, модуляция интенсивности. Кроме того, возможны различные комбинационные виды модуляции с одновременно управляемым изменением сразу нескольких параметров. Первые три простых способа модуляции, а также все комбинационные применяются в ВОЛС менее широко, чем модуляция по интенсивности и относительная фазовая модуляция (DPSK) [1].

В последнее время в связи с появлением оптических волокон, сохраняющих состояние поляризации (Polarization maintaining fibers) (рис. 1), дальнейшее развитие получила DPSK, что привело к появлению нового типа: квадратурная фазовая модуляция с двойной поляризацией (DP-QPSK, dual-polarization quadrature phase-shift keying) (рис. 2).

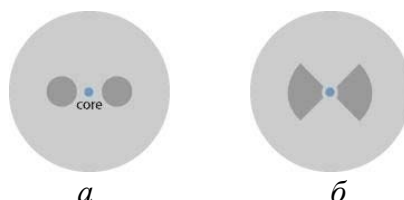


Рис. 1. Оптические волокна, сохраняющие состояние поляризации:
а – тип «панда»; б – тип «галстук-бабочка»

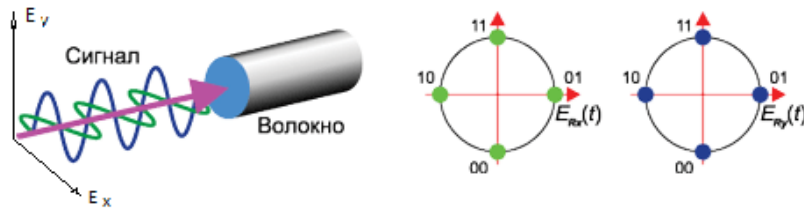


Рис. 2. Структура оптического сигнала при использовании DP-QPSK

При DP-QPSK используются 2 поляризации и 4 фазы сигнала ($M=4$), при которой фаза высокочастотного колебания может принимать 4 различных значения с шагом, кратным $\pi/2$.

Из рис. 2 видно, что соответствие между значениями символов и фазой сигнала установлено таким образом, что в соседних точках сигнального созвездия значения соответствующих символов отличаются лишь в одном бите. При передаче в условиях шума наиболее вероятной ошибкой будет определение фазы соседней точки созвездия. При указанном кодировании, несмотря на то, что произошла ошибка в определении значения символа, это будет соответствовать ошибке в одном (а не двух) бите информации. Таким образом, достигается снижение вероятности ошибки на бит. Указанный способ кодирования называется *кодом Грея*.

Ключевым элементом решений на базе DP-QPSK являются когерентные приемники, которые имеют более высокую чувствительность. Такие приемники (рис. 3) настраиваются на определенную частоту и фазу и способны эффективно демодулировать сигналы DP-QPSK [2].

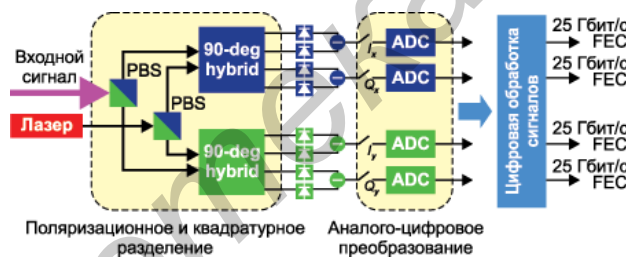


Рис. 3. Пример когерентного приемника DP-QPSK

Следует иметь в виду [3], что в оптических системах связи все фазовые форматы модуляции используют дифференциальные фазовые методы, так как в оптическом диапазоне практически нецелесообразно выделять абсолютное значение фазы несущей световой волны принимаемого сигнала. Поэтому информация закладывается в относительный сдвиг фазы несущих двух последовательных импульсов.

Когерентное детектирование и формат DP-QPSK предоставили исключительно надёжную технологическую платформу для создания DWDM-систем связи с канальной скоростью 100 Гбит/с, а само применение рассматриваемого формата модуляции позволяет увеличить в 4 раза спектральную эффективность передачи информации.

Список литературы

- [1] Интернет-энциклопедия: Методы оптической модуляции. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: www.rp-photonics.com. – Дата доступа: 19.01.2014.
- [2] Журнал «t8»: Когерентные DWDM-системы. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://t8.ru/?page_id=3981. – Дата доступа: 12.01.2014.
- [3] Meghan Fuller Hanna // Lightwave. 2008. November 1. «Is DP-QPSK the end-game for 100 Gbits/sec?».