

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ТРАКТА ВЫСОКОСКОРОСТНОЙ ОПТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ПЕРЕДАЧИ

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники  
г. Минск, Республика Беларусь

Мойсевич Ю.С.

Тарченко Н.В. – к.т.н., доцент

На современном этапе развития систем связи происходит повсеместное внедрение волоконно-оптических систем передачи (ВОСП), суммарная пропускная способность современных высокоскоростных линий связи со спектральным уплотнением каналов может составлять десятки Тбит/с, поэтому наиболее актуальной стоит задача проектирования и моделирования ВОСП.

Целью исследовательской работы является разработка математической модели и последующее моделирование высокоскоростного оптического тракта с различными способами построения. Особое внимание уделено способам детектирования оптического сигнала и оценке отношения оптического (ООСШ) и электрического (ЭОСШ) отношения сигнал/шум для обеспечения заданной вероятности ошибки [1].

Способы организации передачи информации по оптическому волокну многообразны и постоянно совершенствуются. Существенную помощь при их изучении и моделировании оказывает классификация. В результате проведения библиографического поиска и анализа литературы предложена классификация ВОСП по основным классификационным признакам (тип передаваемого сигнала, способ модуляции, метод уплотнения, способ приема, протяженность), с помощью которых можно описать любую проектируемую либо эксплуатируемую систему передачи.

Для различных способов детектирования сигнала проведена оценка ЭОСШ на выходе приемника, для чего рассмотрен расчет полезного сигнала  $P_{\text{с вых}}$  и полного шума  $P_{\text{ш}}$  [2, 3]. В результате получены математические выражения для расчета теоретического предела ЭОСШ, когда шумами можно пренебречь (таблица 1).

Таблица 1 – Мощность полезного сигнала и ЭОСШ на выходе фотодетектора

Параметр	Непосредственный прием	Когерентный прием	
		Гетеродинный	Гомодинный
$P_{\text{с вых}}$	$(MS_i)^2 P_{\text{с вх}} R_H$	$2(MS_i)^2 P_{\text{с вх}} P_0 R_H$	$4(MS_i)^2 P_{\text{с вх}} P_0 R_H$
$\text{ЭОСШ}_{\text{max}}$	$\frac{\eta P_{\text{с вх}}}{2h\nu_c M^x B}$	$\frac{\eta P_{\text{с вх}}}{h\nu_c M^x B}$	$\frac{2\eta P_{\text{с вх}}}{h\nu_c M^x B}$

В таблице приняты следующие обозначения:  $M$  – коэффициент лавинного умножения или внутреннего усиления фототока;  $S_i$  – токовая чувствительность фотодиода, А/Вт;  $P_{\text{с вх}}$  – мощность оптического сигнала, поступающего на вход приемника, Вт;  $P_0$  – мощность сигнала гетеродина, Вт;  $R_H$  – нагрузочное сопротивление фотодетектора, которое зависит от полосы частот принимаемого сигнала и от схемы реализации оптического приемника, Ом;  $M^x$  – коэффициент избыточного шума лавинного умножения,  $B$  – полоса пропускания выходного фильтра оптического приемника, Гц;  $\eta$  – квантовая эффективность;  $\nu_c$  – частота оптической несущей, Гц;

Как видно из таблицы, гетеродинный прием обеспечивает выигрыш в 2 раза по сравнению с непосредственным приемом, а гомодинный – в 4 раза. В случае использования балансного приемника можно получить дополнительный выигрыш до 3 дБ. Предложенные модели позволяют при проектировании цифровых ВОСП оценить с учетом вида модуляции параметры оптических приемников и выбрать наилучший метод приема, при котором обеспечивается требуемое качество при максимальной чувствительности, что обеспечивает максимальную протяженность участка регенерации в системах со спектральным разделением каналов.

По линейному тракту ВОСП проведена оценка ООСШ с учетом шумов и параметров элементов системы передачи (источников оптического излучения, терминальных мультиплексоров и мультиплексоров ввода/вывода, оптических усилителей, компенсаторов дисперсии). Это позволяет оценить длину регенерационного участка при заданных характеристиках оборудования либо выбрать оборудование с такими параметрами, которые обеспечат максимальную длину участка и необходимое качество услуг.

Список использованных источников:

1. Леонов А. В., Наний О. Е., Слепцов М. А., Трещиков В. Н. Тенденции развития оптических систем дальней связи; в журнале Прикладная фотоника, том 3, № 2, 2016 – с. 123-145.
2. Фокин В. Г. Когерентные оптические сети : Учебное пособие / Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики; каф. многоканальной электросвязи и оптических систем. – Новосибирск, 2015. – 372 с.
3. Соломенчук В. Д., Мищенко В. А., Гура К. Н. Оптические транспортные сети. – Киев: Центр последипломного образования ПАО «Укртелеком», 2014 – стр. 294.