

УДК 621.391.63

## МЕЖКАНАЛЬНЫЕ ПЕРЕКРЕСТНЫЕ ПОМЕХИ В ВОСХОДЯЩЕМ НАПРАВЛЕНИИ В СЕТЯХ СЛЕДУЮЩЕГО ПОКОЛЕНИЯ NG-PON2

Н.Н. СЕРГЕЕВ

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, Республика Беларусь

Поступила в редакцию 08 марта 2021

**Аннотация.** Проведен анализ перекрестных помех в сетях NG-PON2 в восходящем направлении. Показано, такой новый тип сети следующего поколения как NG-PON2 может спокойно функционировать с учетом возможных перекрестных помех сигналов.

**Ключевые слова:** перекрестные помехи, пассивная оптическая сеть, многоволновая архитектура

### Введение

В системах PON характеристика отношения перекрестных помех к сигналу применялись только относительно к ONT. Сеть NG-PON2 представляет собой многоволновую архитектуру [1], и поэтому сигналы с длинами волн NG-PON2, не предназначенные для конкретного приемника ONT либо OLT. Эти сигналы можно рассматривать как мешающие. В статье рассмотрены перекрестные помехи в восходящем направлении передачи.

### Отношение перекрестных помех к сигналу в NG-PON2

Рассмотрим упрощенную структурную схему TWDM PON, без линии, для расчета межканальных перекрестных помех в восходящем направлении.

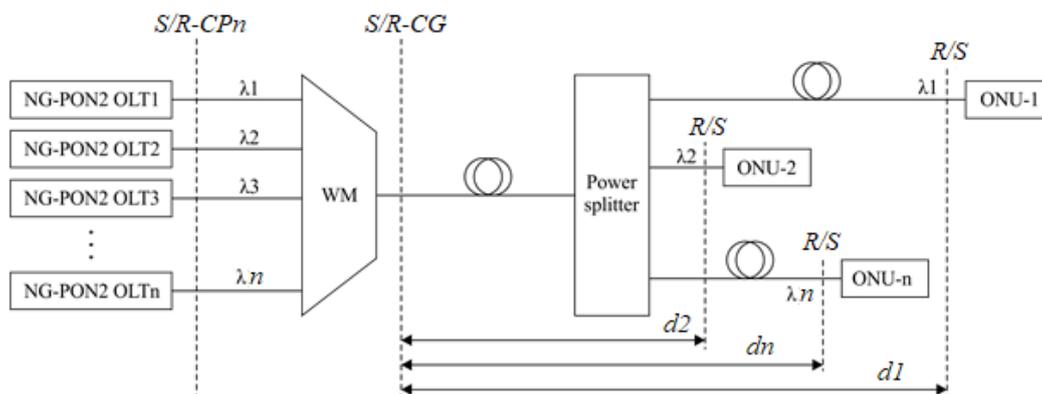


Рис. 1. Упрощенная структурная схема TWDM PON

ONU расположены от OLT на различном расстоянии, чем больше расстояние, тем больше потери в оптическом тракте в восходящем направлении, тогда как порты OLT NG-PON2 расположены рядом друг с другом, что не дает дифференциальных потерь в оптическом тракте в нисходящем направлении. Максимальные дифференциальные потери в оптическом тракте определены как 15 дБ [2].

Спектр мощности сигнала в точке  $S/R-CG$  перед WM на центральной АТС и спектр мощности сигнала в точке  $R/S$  перед каждым ONU различаются по мощности. Согласно данным рекомендации G.984.3, разница между средней максимальной мощностью и средней минимальной мощностью передатчика OLT для нисходящего направления составляет 4 дБ. Учитывая 1,5 дБ для однородности устройства WM, максимальная разница мощности между

нисходящими сигналами в точке  $R/S$  перед ONU может достигать 5,5 дБ. В восходящем направлении потери в оптическом тракте 15 дБ требуется добавить к разнице между максимальной средней мощностью и средней минимальной мощностью передатчика 5 дБ [3]. Максимальная разница в мощности между восходящими сигналами в точке  $S/R - CG$  перед устройством WM может достигать 20 дБ.

Разность мощностей восходящего сигнала в точке  $S/R - CG$  перед WM выше на 14,5 дБ, чем разность мощности нисходящего направления [4]. Межканальные перекрестные помехи в восходящем направлении могут быть рассчитаны с использованием следующего уравнения:

$$C_c = \Delta P_{ONU} + d_{MAX} + 10 \log_{10} \left( 2 \times 10^{\frac{-I_A}{10}} + (N - 3) \times 10^{\frac{-I_{NA}}{10}} \right), \text{ дБ} \quad (1)$$

где  $I_A$  и  $I_{NA}$  – значения для смежного и несмежного канала устройства WM, соответственно,  $N$  – общее количество каналов. А при гауссовой аппроксимации, перекрестные помехи  $P_c$  можно рассчитать с помощью следующего уравнения [5]:

$$P_c = -5 \log \left( 1 - \frac{10^{\frac{2C_c}{10}}}{N - 1} Q^2 \left( \frac{ER + 1}{ER - 1} \right)^2 \right), \quad (2)$$

где  $Q = \sqrt{2 \operatorname{erfc}^{-1} (2 \times BER)}$ .

Для восходящего направления  $BER = 10^{-4}$ , а  $Q = 3,72$ . Оптические потери при линейном коэффициенте ослабления 0,16 (8 дБ) показаны в зависимости от межканальных перекрестных помех для случаев общего количества каналов  $N = 4$  и  $N = 8$  на рис. 2. Сплошной линией на рис. 2 обозначена зависимость для 4 каналов, при  $Q = 3,72$ , а прерывистая обозначает зависимость для 8 каналов при  $Q = 3,72$ .

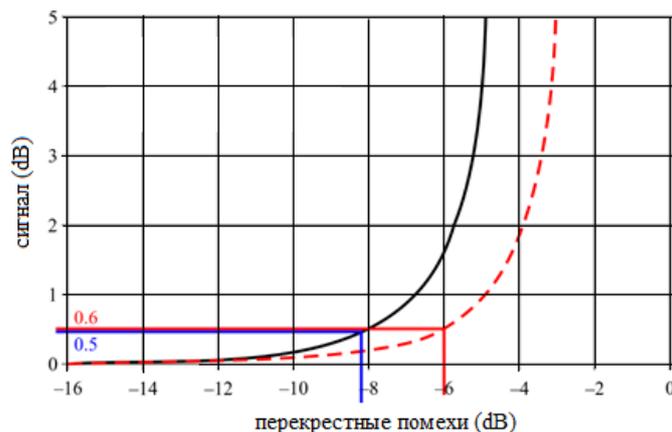


Рис. 2. Оптические потери от межканальных перекрестных помех для  $N = 4$  и  $N = 8$

Вычисленные значения межканальных перекрестных помех сведены в таблицу для четырехканальных систем и восьмиканальных систем с примерами, существующих WM и фильтров.

Рассчитанные данные межканальных перекрестных помех для различных фильтров (WM)

Тип системы	Межканальные перекрестные помехи	AWG	Фильтр с плотной полосой пропускания	Каскадный фильтр
		$I_A = 23$ дБ, $I_{NA} = 30$ дБ	$I_A = 26$ дБ, $I_{NA} = 33$ дБ	$I_A = 32$ дБ, $I_{NA} = 36$ дБ
4 канальная система	$C_c$ (дБ)	0,4	-2,6	-8,2
	$P_c$ (дБ)	$\infty$	$\infty$	0,5
8 канальная система	$C_c$ (дБ)	1,8	-1,2	-6
	$P_c$ (дБ)	$\infty$	$\infty$	0,6

**Заключение**

При наихудшем варианте проектирования требуется WM с очень высокими характеристиками изоляции каналов ( $I_A = 32$  дБ и  $I_{NA} = 36$  дБ) для ограничения TWDM PON с оптическими потерями 0,6 дБ, добавленными из-за межканальных перекрестных помех. Используя приведенные значения NG-PON2, сеть может спокойно функционировать с учетом возможных перекрестных помех сигналов.

**UPLINK CROSS-CHANNEL CROSSTALK  
IN NEXT-GENERATION NETWORKS NG-PON2**

N.N. SERGEEV

**Abstract.** The analysis of crosstalk in NG-PON2 networks in the ascending direction is carried out. It is shown that such a new type of next-generation network as NGPON 2 can safely function taking into account possible crosstalk of signals.

*Keywords:* crosstalk, passive optical network, multi-wave architecture.

**Список литературы**

1. ITU-T Recommendation G.983.1. Broadband optical access networks based on passive optical networks. 2005. P. 11–20.
2. ITU-T Recommendation G.989.2. NG-PON2: Physical media dependent layer specification. 2019. P. 9 –11.
3. ITU-T Recommendation G.989.3. 40-Gigabit-capable passive optical networks (NG-PON2): Transmission convergence layer specification. 2020. P. 21–28.
4. Nettet D. // Journal of Lightwave Technology. London. 2015. Vol. 33. P. 1136–1143.
5. Giorgi L., Sfameni G., Cavaliere F., [et. al] // Opt. Fiber Commun. Conf. Expo. 2013. P. 91–93.