

Расчет предельных возможностей волоконно-оптической линии с усилителем

Оптический сигнал с длиной волны 1550 нм передается по линии связи, состоящей из передатчика, оптического мультиплексора, волокна, эрбиевого усилителя, оптического демультиплексора и приемника. Мощность оптического сигнала на выходе передатчика $P_{TX}=1$ мВт, затухание сигнала по мощности в мультиплексоре/демультиплексоре в 4 раза. Коэффициент затухания оптического волокна $\alpha = 0.2$ дБ/км.

Эрбиевый усилитель усиливает входной оптический сигнал $P_{S,IN}$ и шум $P_{ASE,IN}$ и вносит собственный оптический шум. Для мощности сигнала $P_{S,OUT}$ и шума $P_{ASE,OUT}$ на выходе усилителя справедливы выражения:

$$P_{S,OUT} = P_{S,IN} \cdot G$$

$$P_{ASE,OUT} = P_{ASE,IN} \cdot G + (F \cdot G - 1) \cdot h \cdot \nu \cdot \Delta\nu, \text{ где:}$$

G – коэффициент усиления усилителя по мощности (в раз), F – шум-фактор усилителя (в раз), h – постоянная Планка, ν – частота сигнала, $\Delta\nu$ – интервал частот, в котором рассчитывается мощность шума (принят 12.5 ГГц).

Величина $h \cdot \nu \cdot \Delta\nu$ для излучения с частотой около 200 ТГц (соответствует длине волны 1550 нм) при $\Delta\nu = 12.5$ ГГц равна $1.6 \cdot 10^{-9}$ Вт, что соответствует уровню –58 дБм.

Шум-фактор F примите равным 4. Считайте, что $F \cdot G \gg 1$.

Приемник примет сигнал с допустимо малым количеством ошибок, при одновременном выполнении двух условий:

1. если его мощность будет в рабочем диапазоне от $P_{RX,MIN}=1$ мкВт до $P_{RX,MAX}=0,1$ мВт
2. если оптическое отношение сигнал/шум (отношение мощности сигнала к мощности шума, взятой в полосе $\Delta\nu$) будет не менее $OSNR_R=10$ раз.

Оцените максимальную длину волокна L_{MAX} , при которой передача еще возможна. Усилитель с каким коэффициентом усиления G потребуется для такой передачи?

Справочная информация:

Соотношение линейной и логарифмической шкал

$$P[\text{мВт}] = 10^{(y[\text{дБм}]/10)}$$

$$y[\text{дБм}] = 10 \cdot \lg(P[\text{мВт}]/1\text{мВт})$$