

ИССЛЕДОВАНИЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКИХ ДИНАМИЧЕСКИХ ЗАПОМИНАЮЩИХ УСТРОЙСТВ РЕЦИРКУЛЯЦИОННОГО ТИПА С 3R-РЕГЕНЕРАЦИЕЙ

А. И. Смягликова

Белорусский государственный университет, г. Минск

alya.smyaglikova@mail.ru

науч. рук. – А. В. Поляков, канд. физ.-мат. наук, доц.

Разработана математическая модель для исследования характеристик волоконно-оптических динамических запоминающих устройств с 3R-регенерацией. Получены зависимости времени хранения информации от различных параметров для скорости поступления информации 10 Гбит/с. Исследована зависимость информационной емкости устройства от скорости поступления информации.

Ключевые слова: спутниковая лазерная связь, волоконно-оптическое динамическое запоминающее устройство, 3R-регенерация, информационные параметры.

ВВЕДЕНИЕ

При высокоскоростной передаче информации необходимо использовать специализированные быстродействующие буферные запоминающие устройства, позволяющие избежать потерь оптической информации при ее доставке конечному потребителю. Одним из перспективных направлений решения подобных задач является использование волоконно-оптических динамических запоминающих устройств (ВОДЗУ) с использованием DWDM-технологии. Для увеличения времени хранения информации при заданной вероятности ошибки применяется технология восстановления оптических импульсов по амплитуде, длительности и временному положению, что называется 3R-регенерацией.

ПАРАМЕТРЫ ВОДЗУ С 3R-РЕГЕНЕРАЦИЕЙ

Время хранения информации рассчитывали по следующей формуле:

$$t_{xp} = T \cdot N + T_R N_R, \quad T = nL/c, \quad T_R = nL_R/c,$$

где T – период рециркуляции, T_R – период регенерации, N – количество циклов рециркуляции, N_R – количество регенераций, L – длина волоконно-оптического контура хранения информации, L_R – оптоволоконное нелинейное оптическое кольцевое зеркало (НОКЗ). Из [1] следует, что нет необходимости восстанавливать длительность импульсов на каждом цикле рециркуляции, достаточно осуществлять регенерацию только то-

гда, когда длительность циркулирующих импульсов достигает величины 0,6 длительности тактового интервала.

Количество циклов рециркуляции N определялось из следующих условий:

1) значение вероятности ошибки при приеме информационных сигналов в битовом формате (BER – bit error rate) должно удовлетворять условию $BER \leq BER_0 = 10^{-9}$;

2) длительность циркулирующих импульсов τ не должны превышать величины тактового интервала T_i , а точнее $\tau < 0,6T_i$.

Величина BER определяется величиной ξ отношения сигнал/шум:

$$BER = \frac{1}{2} \operatorname{erfc} \left(\frac{\sqrt{\xi}}{2\sqrt{2}} \right).$$

Формула для расчета отношения сигнал/шум включала дробовые шумы лавинного фотодиода $N_{др}$, флуктуации интенсивности излучения инжекционного лазера $N_{лаз}$, тепловые шумы нагрузочного сопротивления фотоприемника $N_{теп}$, шумы на выходе линейного эрбиевого оптического усилителя EDFA₁ $N_{ус1}$, усилителя мощности EDFA₂ $N_{ус2}$, усилителя НОКЗ EDFA₃ $N_{ус3}$, а также шумы, связанные с флуктуациями фототока, вызванными биениями между сигналом и усиленным спонтанным излучением $N_{с-ASE}$. Считая эти источники шумов независимыми случайными величинами, выражение для расчета отношения сигнал/шум представили в следующем виде:

$$\xi = \frac{(P'_{вых} S_{\lambda} M)^2 \cdot R_{нагр}}{N_{др} + N_{лаз} + N_{теп} + N_{ус1} + N_{ус2} + N_{ус3} + N_{с-ASE}},$$

где $P'_{вых}$ – мощность излучения на входе фотодетектора; S_{λ} – спектральная чувствительность фотоприемника (для InGaAs-фотодиодов $S_{\lambda} \approx 0,9$ А/Вт); M – коэффициент лавинного умножения фотодиода; $R_{нагр}$ – величина нагрузочного сопротивления (для наилучшего согласования распространения сигналов в электрическом тракте, как правило, $R_{нагр} = 50$ Ом).

Коэффициент усиления линейного волоконного эрбиевого усилителя G_1 должен компенсировать потери мощности излучения в волоконно-оптической петле на каждом цикле рециркуляции.

На рис. 1 представлен график зависимости времени хранения информации от длины оптоволоконной петли для скорости передачи 10 Гбит/с. Наибольшее время хранения наблюдается при длине волоконно-оптического контура, равной 83 км. Дальше время хранения достаточно резко падает. Наличие максимума на графиках объясняется тем, что коэффициент усиления EDFA₁, как правило, не превышает 30 дБ и при

увеличении длины волокна усилитель уже не полностью компенсирует потери оптической мощности в петле.

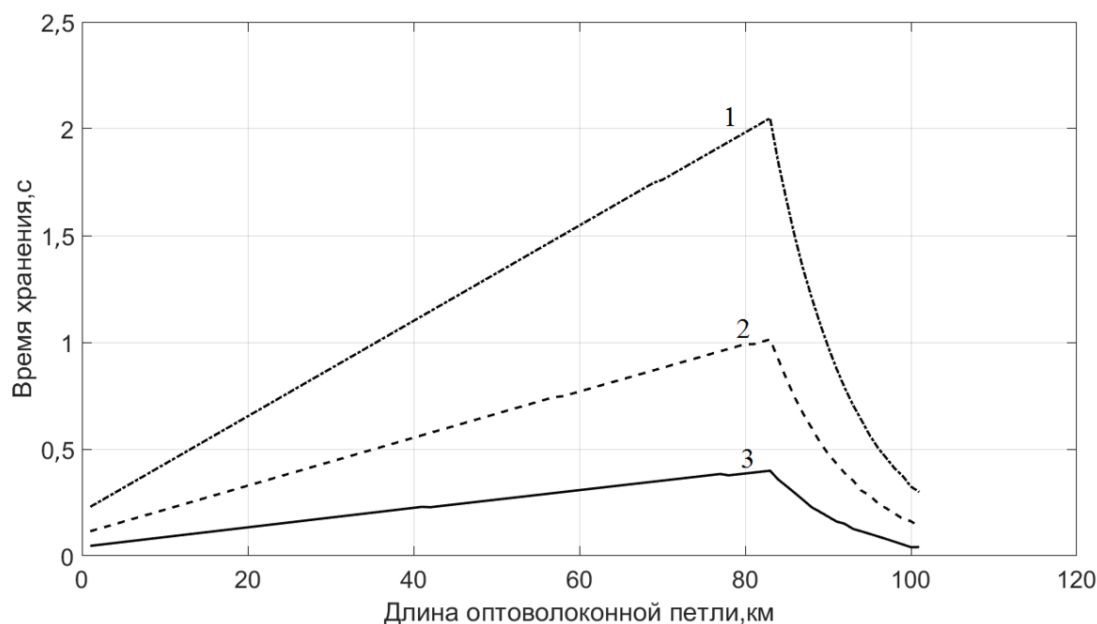


Рис. 1. Зависимость времени хранения информации от длины оптоволоконной петли при скорости поступления информации 10 Гбит/с, пиковая мощность излучения лазера равна: 1 – 2 мВт, 2 – 5 мВт, 3 – 10 мВт

Зафиксировав длину оптоволоконной петли на 83 км, на рис. 2 представили рассчитанную зависимость времени хранения информации от коэффициента усиления усилителя мощности для пиковой мощности лазера 14 мВт. Из графика следует, что при $G_2 > 15$ дБ коэффициент усиления уже практически не влияет на время хранения, поскольку рост мощности полезного сигнала начинает компенсироваться суммарным ростом шумовых источников.

Проблема увеличения времени динамического хранения информации в контуре ВОДЗУ находится в неразрывной связи с вопросом информационной емкости этого контура, которая описывается формулой:

$$W = kBLn / c ,$$

где k – число спектральных информационных каналов.

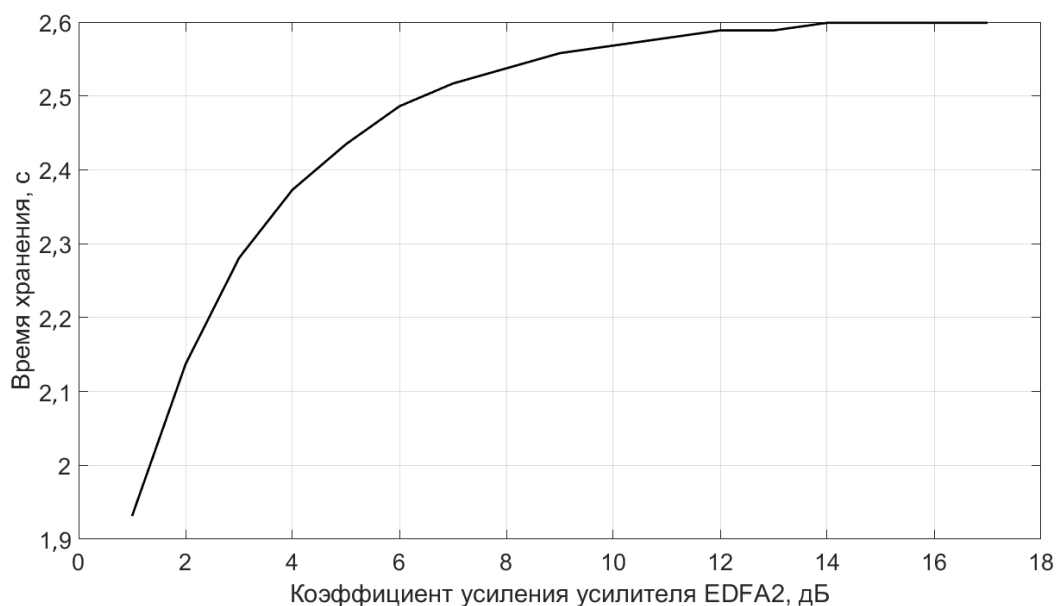


Рис. 2. Зависимость времени хранения информации от коэффициента усиления усилителя мощности; длина оптоволокна $L = 83$ км

Из проведенных расчетов следует, что информационная емкость линейно растет с увеличением скорости и достигает $W=15$ Мбайт при $B = 10$ Гбит/с, $L = 83$ км и $k = 32$, однако при этом время хранения информации при заданной вероятности ошибки уменьшается.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основе разработанной математической модели проведен многопараметрический анализ процесса рециркуляции информационного потока в волоконно-оптическом динамическом запоминающем устройстве с 3R-регенерацией.

Полученные зависимости влияния элементов контура на предельно достижимые информационные характеристики при заданной вероятности ошибки позволяют выбрать оптимальные параметры конструируемого устройства и улучшить работу ВОДЗУ.

Библиографические ссылки

1. Смягликова, А. И. Влияние нелинейных эффектов на информационные параметры оптоволоконных рециркуляционных запоминающих устройств на основе DWDM-технологии / А. В. Поляков, А. И. Смягликова // Квантовая электроника: Материалы XII межд. научн.-техн. конф., Минск, 18–22 ноября 2019г. / БГУ, НИИПФП им. А. Н. Севченко. Минск, 2019. С. 171–173.