

УДК 621.375.8

ИССЛЕДОВАНИЕ И МОДЕЛИРОВАНИЕ СХЕМ ПОСТРОЕНИЯ МНОГОСТАДИЙНОГО ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКОГО ЭРБИЕВОГО УСИЛИТЕЛЯ

Залесская Ю.К. (Университет ИТМО), Кикилич Н.Е. (Университет ИТМО), Виноградов

А.В. (Университет ИТМО), Алейник А.А. (Университет ИТМО)

Научный руководитель – доцент ФЛФО, к.т.н., Алейник А.А.
(Университет ИТМО)

В работе представлен результат анализа существующих схем построения внутреннего блока подводного телекоммуникационного эрбиевого оптического усилителя (ВБ ПТЭОУ). Проведено численное моделирование двухпроходной многостадийной схемы построения ВБ ПТЭОУ с использованием и без использования перестраиваемых оптических аттенуаторов и численное моделирование волоконно-оптической линии связи длиной 400 и 1000 км с применением ПТЭОУ. Задачами текущего исследования являются определение типа и конфигурации схемы построения ВБ ПТЭОУ, при применении которых достигается наилучшее соотношение между такими параметрами, как коэффициент шума, значение коэффициента усиления и его нелинейность а также исследование возможности использования ПТЭОУ с определенными типом и конфигурацией схемы построения в волоконно-оптической линии связи длиной 400 км и 1000 км.

Введение. В волоконно-оптических линиях связи (ВОЛС) для увеличения расстояния между усилителями необходимо достичь высокого значения коэффициента усиления (не менее 27,5 дБ), низкого уровня его нелинейности (± 1 дБ) и низкого уровня коэффициента шума ПТЭОУ (не более 4 дБ). При этом на вход ПТЭОУ может приходиться сигнал различной оптической мощности (от -30 дБм до -10 дБм), и при любом значении уровня входной оптической мощности, данные параметры должны поддерживаться на заданном уровне без изменения конструкции усилителя во время работы.

Основная часть. Основными элементами эрбиевого усилителя являются активное эрбиевое волокно (АЭОВ), лазерные диоды накачки (ЛДН) и оптические разветвители. Для получения большой выходной мощности и низкого уровня шумов выходного сигнала для противонаправленной и сонаправленной накачки АЭОВ в данной работе использовалось излучение на длине волны 980 нм. В конструкцию ВБ ПТЭОУ был добавлен второй сегмент накачиваемого АЭОВ, который обеспечивает возможность регулирования коэффициента усиления при сохранении низкого уровня коэффициента шума. На участке между сегментами АЭОВ был установлен волоконно-оптический изолятор для устранения узкополосной лазерной генерации, возникающей из-за обратных отражений от торца оптического волокна и подключенных оптических устройств. Так как ВБ ПТЭОУ являются необслуживаемыми, они строятся с учетом необходимости резервирования жизненно важных подсистем для предотвращения отказа ВОЛС при поломке одной из подсистем и повышения времени наработки на отказ. В данной работе предложена схема с дублированием ЛДН для повышения надежности ВБ ПТЭОУ. Для линеаризации коэффициента усиления ВБ ПТЭОУ для рабочей области был выбран спектральный диапазон с наиболее линейной характеристикой усиления и низким коэффициентом шума АЭОВ, а также был добавлен сегмент ненакачиваемого АЭОВ. В данной работе применено АЭОВ I-25 производства компании Fiberscope, так как оно имеет высокий уровень КПД. Полученная двухпроходная многостадийная схема функционирует следующим образом: при воздействии излучения накачки от двух ЛДН, работающих на длине волны 980 нм, вводимого в АЭОВ при помощи мультиплексоров, происходит усиление оптического сигнала, поступающего на вход схемы.

Для регулирования коэффициента усиления в оптической схеме ВБ ПТЭОУ рассматривалась возможность установки перестраиваемых оптических аттенуаторов (ПОА). Для определения характеристик конфигураций двухпроходных многостадийных оптических схем ВБ ПТЭОУ с ПОА и без ПОА при обеспечении коэффициента усиления от 23,5 до 27,5 дБ при интегральной

мощности входных сигналов от -30 дБм до -10 дБм и разности интегральной мощности входных сигналов двух оптических линий от 0 дБм до 20 дБм проводилось исследование шум-фактора и нелинейности коэффициента усиления с помощью численного моделирования данных конфигураций в программе «GainMaster» компании Fiberscore. В источнике сигнала был установлен диапазон длин волн от 1550 до 1560 нм (10 каналов С-диапазона). Входные сигналы 1 и 2 оптических линий различались по мощности на 0 дБм, 10 дБм, 20 дБм. Интегральная мощность входного сигнала составляла -30 дБм, -20 дБм, -10 дБм. При численном моделировании оптической схемы ВБ ПТЭОУ без ПОА, в которой для регулирования коэффициента усиления использовалось только коррекция мощности накачки ЛДН, коэффициент шума превышал 4 дБ, а коэффициент усиления при максимально возможной мощности накачки не достигал 27,5 дБ. При численном моделировании оптической схемы ВБ ПТЭОУ с ПОА, в которой для регулирования коэффициента усиления использовалось только воздействие аттенюации, нелинейность коэффициента усиления превышала 1,5 дБ. Для более корректного регулирования коэффициента усиления было подобрано такое соотношение воздействия аттенюации и коррекции мощности накачки ЛДН, что в двухпроходной многостадийной схеме ВБ ПТЭОУ нелинейность коэффициента усиления при достижении его необходимого значения (до 27,5 дБ) не превышала $1 \pm 0,15$ дБ.

При уменьшении отношения сигнал-шум (OSNR) из-за накопления шумов в ВОЛС увеличивается коэффициент ошибок. Требуемое OSNR было определено как минимальное значение OSNR на входе оптического приемника, при условии, что ВОЛС работает в условно безошибочном режиме - 17 дБ. При помощи программного пакета «Matlab» произведено численное моделирование ВОЛС длиной 400 и 1000 км с применением двухпроходной многостадийной схемы ВБ ПТЭОУ с ПОА. Установка ВБ ПТЭОУ в линию осуществлялась каждые 100 км. По результатам численного моделирования ВОЛС длиной 400 км OSNR составляет более 26 дБ на канал, что больше минимально возможного значения для ВОЛС на 9 дБ. По результатам численного моделирования ВОЛС длиной 1000 км OSNR составляет более 19 дБ на канал, что больше минимально возможного значения для ВОЛС на 2 дБ.

Выводы. В рамках данной работы было проведено исследование и моделирование схем построения многостадийного ВБ ПТЭОУ, был решен ряд задач:

- проведен анализ существующих схем построения ВБ ПТЭОУ и выбраны схемы построения ВБ ПТЭОУ для последующего численного моделирования – двухпроходные многостадийные схемы с использованием и без использования ПОА;

- проведено численное моделирование двухпроходной многостадийной схемы ВБ ПТЭОУ и получены результаты, на основании которых произведен выбор конфигурации схемы построения ВБ ПТЭОУ - двухпроходная многостадийная схема с использованием ПОА; при использовании конфигурации схемы построения ВБ ПТЭОУ с ПОА при различной мощности входного сигнала и при коррекции коэффициента усиления при помощи изменения мощности накачки и аттенюации сохраняется нелинейность коэффициента усиления $1 \pm 0,15$ дБ и достигается коэффициент усиления от 23,5 дБ до 27,5 дБ;

- проведено численное моделирование ВОЛС с применением двухпроходной многостадийной схемы ВБ ПТЭОУ с ПОА длиной 400 и 1000 км. Отношение сигнал-шум в ВОЛС длиной 1000 км составляет более 19 дБ на канал, что больше минимально возможного значения для ВОЛС на 2 дБ, в ВОЛС длиной 400 км составляет более 26 дБ на канал, что больше минимально возможного значения для ВОЛС на 9 дБ. Наличие запаса оптического бюджета ВОЛС говорит о возможности использования ВБ ПТЭОУ с характеристиками, полученными в данной работе в предполагаемой/целевой ВОЛС.

Дальнейшей задачей является работа по исследованию надежности и усовершенствованию характеристик ВБ ПТЭОУ.

Залеская Ю.К. (автор)

Подпись

Алейник А.С. (научный руководитель)

Подпись

