

Практическая работа № 7

РАСЧЕТ ОПТИЧЕСКОГО БЮДЖЕТА ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКОЙ ЛИНИИ xPON

Цель работы: определить качество обслуживания абонентов xPON, с использованием результатов расчета оптического бюджета волоконно-оптической линии xPON до самого удаленного абонента.

Краткие сведения из теории

Каждый компонент оптоволоконного тракта сети xPON имеет свою величину оптических потерь. Допустимые потери оптического сигнала на всем пути от оптического передатчика до приемника называют оптическим бюджетом мощности.

Оптический бюджет приемопередающего оборудования определяется как интервал $[OB_{\min}, OB_{\max}]$, дБ

$$OB_{\max} = P_{out, \min} - P_{in, \min}; \quad (1)$$

$$OB_{\min} = P_{out, \max} - P_{in, \max}; \quad (2)$$

где $P_{out, \min}, P_{out, \max}$ – допустимый разброс мощностей передатчиков, дБ;

$P_{in, \min}, P_{in, \max}$ – допустимый уровень принимаемого сигнала на приемниках, при котором коэффициент ошибок (BER) не превышает заданный уровень, дБ.

Волоконно-оптический канал электросвязи удовлетворяет заданному бюджету, если потери мощности сигнала в канале электросвязи (затухание в оптическом волокне, потери на коннекторах, разветвителях и других компонентах) с учетом допустимых искажений сигналов попадают в интервал $[OB_{\min}, OB_{\max}]$.

Расчеты затухания оптического сигнала выполняются для оптической линии от точки подключения оптического волокна на активном оборудовании (на передатчике) до самого удаленного абонента (на приемнике). В пассивной сети xPON источниками потерь являются:

- полное затухание в оптическом волокне – зависит от его длины и коэффициента затухания оптического волокна на определенной длине волны;
- полные потери в сростках сварных соединений – зависят от потерь в каждом сростке и их общего количества;
- полные потери в механических соединениях – зависят от потерь в каждом соединении и их общего количества;
- полные потери в «контактах» разъемных соединений – зависят от потерь в каждом соединителе и их общего количества;
- потери в разветвителях оптического волокна – зависят от коэффициен-

та разветвления сплиттера (количества его портов);

– штрафные потери – это потери на изгибы ВОК при прокладке.

Сумма всех потерь, возникающих на участке сети xPON, представляет собой энергетический бюджет затухания. При расчетах следует учитывать и эксплуатационный запас в виде дополнительных сростков и вставок при проведении ремонтных работ, а также запас на естественное старение оптического волокна. В целом рекомендуется оставлять запас бюджета мощности в 1,5–2 дБ после полностью выполненного подключения всего тракта от станционного порта OLT в узле связи (точка присутствия провайдера) вплоть до абонентского ONT в квартире.

Диапазон ослабления сигнала [OB_{\min} , OB_{\max}] в сети xPON зависит от класса. Для BPON и GPON существуют классы А, В и С:

– класс А: 5–20 дБ;

– класс В: 10–25 дБ;

– класс С: 15–30 дБ.

Для EPON задан параметр OB_{\max} и существуют классы 1 и 2:

– класс 1: прямой поток – 21 дБ, обратный поток – 23 дБ;

– класс 2: прямой поток – 26 дБ, обратный поток – 26 дБ.

Ширина диапазона допустимого ослабления сигнала в сети для оборудования любого класса составляет 15 дБ.

Ширина диапазона допустимого ослабления сигнала определяется адаптационными возможностями детекторов или шириной их рабочих диапазонов.

По окончании расчета остается лишь выбрать подходящий класс приемопередатчиков либо использовать аттенюатор для приведения полученных потерь по оптическим путям сети в требуемый интервал.

Для расчета оптического бюджета в сети xPON с равномерными оптическими разветвителями достаточно рассчитать ослабление сигнала в одном канале OLT–ONT_{*i*} (самом протяженном). Расчет бюджета потерь должен подтвердить, что для *i*-й цепи общая величина потерь (включая запас и штрафные потери) удовлетворяет условию (BPON, GPON):

$$OB_{\min} \leq A\sum_i \leq OB_{\max} - Z - A, \quad (3)$$

где $A\sum_i$ – суммарные потери в линии между OLT и ONT_{*i*} для *i*-го канала ($i = 1 \dots N$, где N – число абонентских окончаний), дБ;

Z – ослабление сигнала из-за деградации волокна/компонентов, влияния внешних условий, искажения формы сигнала из-за хроматической и поляризационной модовой дисперсии, дБ;

A – эксплуатационный запас в виде дополнительных сростков и вставок при проведении ремонтных работ, дБ.

Для EPON в условии (3) отсутствует параметр OB_{\min} :

$$A\sum_i \leq OB_{\max} - Z - A. \quad (4)$$

Для каждого канала электросвязи OLT–ONT_{*i*} можно рассчитать суммарные потери в линии между OLT и ONT_{*i*} в прямом (*d*) и обратном (*u*) потоках:

$$A\Sigma_{di} = \alpha_d \times L_i + IL_i + AL + WL + RL_i + CL_i + SL_i, \quad (5)$$

$$A\Sigma_{ui} = \alpha_u \times L_i + IL_i + AL + WL + RL_i + CL_i + SL_i, \quad (6)$$

где L_i – длина *i*-го канала, км;

α_d – удельное затухание в оптическом волокне на длине волны прямого потока, дБ;

α_u – удельное затухание в оптическом волокне на длине волны обратного потока, дБ;

IL_i – вносимые потери всеми разветвителями в *i*-м канале, дБ;

RL_i – потери на всех коннекторах (разъемных соединениях) в *i*-м канале, дБ;

CL_i – потери на всех неразъемных сварных соединениях в *i*-м канале, дБ;

SL_i – потери на всех неразъемных механических и сварных соединениях в *i*-м канале, дБ;

AL – ослабление сигнала на аттенуаторе, дБ;

WL – ослабление сигнала на WDM мультиплексоре, дБ.

Ослабление сигнала (*Z*) может зависеть от длины волны, однако при этом рекомендуется суммарно оценивать все такие потери величиной 1 дБ.

Рабочие диапазоны приемников/передатчиков меняются в зависимости от направления и скорости передачи. Однако согласованные требования к ним обеспечивают постоянство оптического бюджета [OB_{\min} , OB_{\max}]. Поэтому индекс для обозначения направления потока опускается.

Для сетей с использованием разветвителей с малым количеством портов (количеством абонентов на один порт OLT) может потребоваться принудительное ослабление сигнала аттенуатором. У приемного детектора, кроме минимальной чувствительности $p_{in,\min}$, существует и верхняя граница рабочего режима $p_{in,\max}$, которая называется порогом перегрузки. При более мощном сигнале детектор уже не может принимать сигнал с требуемым для рабочего режима уровнем ошибок BER = 10^{-10} , так как выходит в режим насыщения. Учитывая вариации уровня средней мощности, излучаемой лазером, $p_{out,\min}$ – $p_{out,\max}$, максимально допустимое ослабление сигнала не превышает значение, рассчитанное по формуле (1), а минимально допустимое ослабление сигнала не меньше значения, рассчитанного по формуле (2).

Ослабление мощности сигнала в оптических компонентах отдельного канала OLT–ONT_{*i*} показано на рисунке 1.

Расчет оптического бюджета следует производить с учетом данных о реальных параметрах активного оборудования, ВОК и компонентов сети, предоставленных производителями.

Графически процесс расчета оптического бюджета в сети xPON с равномерными оптическими разветвителями может быть представлен графически

(рисунок 2).

Порядок выполнения работы

1 Изучить краткие сведения из теории.

2 Определить протяженность каждого участка ВОК (от ODF до ответвления модуля, от одного ответвления модуля до другого и от ответвления модуля до ОРШ). Расстояния от ODF до выхода кабеля из здания узла связи в канализацию, а также от входа кабеля из канализации в жилой дом до ОРШ принимается равным 10 метров. Результаты расчетов представить в виде таблицы 1.

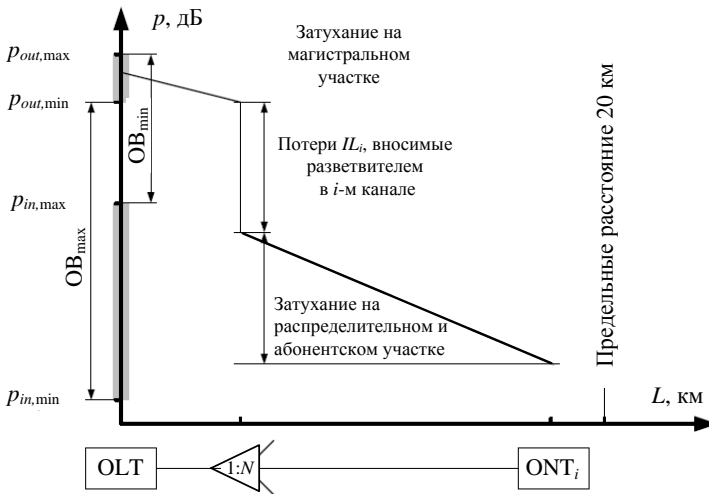


Рисунок 1 – Ослабление мощности сигнала в оптических компонентах отдельного канала xPON

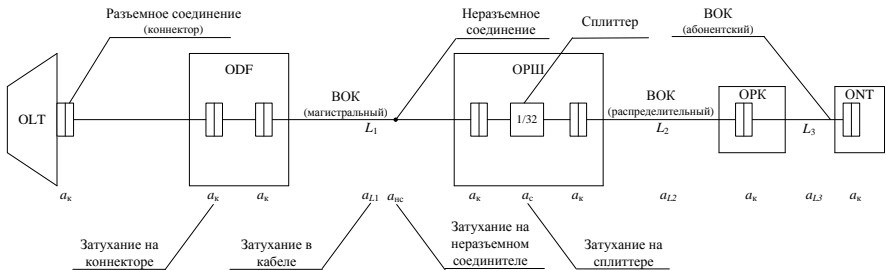


Рисунок 2 – Графический расчет оптического бюджета в сети xPON

3 Определить самого удаленного абонента каждого дома (жителя квартиры последнего этажа) от станционного оборудования сети xPON, для которых в предыдущей практической работе была организована пассивная оптическая сеть.

4 Для выбранного абонента рассчитать протяженность магистрального кабеля и распорядительного ВОК, принимая высоту одного этажа 3 м. Расстояние кабеля от ОРШ жилого дома до ОРК на этаже принять равным сумме высот всех этажей ниже того, на котором располагается ОРК с добавлением одного метра. Например, протяженность кабеля от ОРШ до ОРК на первом этаже составит 1 м; на четвертом этаже – 10 м; на восьмом этаже – 22 м. Протяженность абонентского кабеля принять равной 7 м. Для учета расстояния от места ввода кабельной канализации в дом до дальнего от него подъезда необходимо учитывать длину дома или ее часть. Результаты расчетов представить в виде таблицы 1.

Таблица 1 – Результаты расчета протяженности участков

Наименование участков от ODF до ОРШ	Расстояние магистрального участка, м	Расстояние распределительного и абонентского участков, м	Суммарное расстояние, м

5 По формулам (5) и (6) рассчитать суммарные потери до выбранного абонента. Для используемых констант следует принять следующие значения.

Передача оптического сигнала в прямом потоке осуществляется на длине волны 1550 нм ($\alpha_d = 0,24$ дБ/км), в обратном потоке – 1310 нм ($\alpha_i = 0,36$ дБ/км).

Затухания, вносимые разветвителями (сплиттерами) приведены в таблице 2.

Аттенуатор в линии связи необходимо использовать в том случае, если суммарные потери слишком малы и не превышают OB_{min} . В противном случае $AL = 0$ дБ.

WDM вносит затухание 0,3 дБ на один этап фильтрации. При двух этапах фильтрации примем $WL = 0,6$ дБ.

Таблица 2 – Затухание оптического сигнала в разветвителях (сплиттерах)

Коэффициент деления	Затухание, дБ	Коэффициент деления	Затухание, дБ
1×2	4,3	1×12	12,5
1×3	6,2	1×16	13,9
1×4	7,4	1×24	16,0
1×6	9,5	1×32	17,2
1×8	10,7	1×64 (GPON)	21,5

Суммарные потери на оптических коннекторах определяются как произведение числа коннекторов в линии на потери оптического сигнала в типо-

вом коннекторе ($a_k = 0,2$ дБ). Количество коннекторов в линии равно 7.

Суммарные потери на неразъемных сварных соединениях определяются как произведения числа таких соединений в линии на потери оптического сигнала в типовом месте сварки ($a_{нс} = 0,05$ дБ). Количество неразъемных сварных соединений в линии примем равным 1 (в месте отвода модулей от магистрального кабеля к ОПШ жилого дома).

В линии первоначально будут отсутствовать неразъемные механические соединители, поэтому $SL = 0$ дБ.

6 По формулам (3) (для технологий ВРОН и GРОН) и (4) (для технологии ЕРОН) рассчитать оптический бюджет самого удаленного абонента для прямой и обратной передачи, а также определить класс xРОН. Ослабление сигнала (Z) следует принять равным 1 дБ, эксплуатационный запас (A) – 2 дБ.

7 Графически изобразить расчет оптического бюджета самого удаленного подключаемого абонента сети xРОН с указанием значений затуханий по примеру, представленному на рисунке 2.

Содержание отчета

1 Цель работы.

2 Результаты расчета протяженности участков волоконно-оптического кабеля магистрального участка xРОН (от ODF узла связи до ОПШ жилых домов).

3 Результаты расчета протяженности магистрального и распорядительного ВОК для самого удаленного абонента каждого дома сети xРОН.

4 Результаты расчета суммарных потерь до выбранного абонента.

5 Результаты расчета оптического бюджета самого удаленного абонента всех домов для прямой и обратной передачи.

6 Графическое изображение расчета оптического бюджета самого удаленного абонента сети xРОН одного из домов.

7 Вывод по работе.

Контрольные вопросы

1 Определение оптического бюджета.

2 Причины потерь в сети xРОН.

3 Величины ослабления сигнала в сетях xРОН.