

Инженерный расчет основных показателей ВОЛП

После выбора типа аппаратуры, оптического интерфейса и соответствующих ему оптического волокна и кабеля, выполняется расчет основных показателей линейного тракта проектируемой ВОЛП. К таким показателям относятся:

- длина регенерационного участка или регенерационной секции;
- долговременные и оперативные показатели ошибок цифровых каналов и трактов;
- показатели надежности каналов и трактов.

Основой для расчета показателей линейного тракта ВОСП являются технические данные оборудования и допустимые нормы на параметры каналов и трактов.

Расчет длины регенерационного участка

Исходные данные для определения длины регенерационного участка:

- параметры передачи оптического кабеля: коэффициент затухания, удельная дисперсия (в случае одномодового ОК) и коэффициент широкополосности (в случае многомодового ОК);
- параметры аппаратуры и элементов линейного тракта: чувствительность или минимальный уровень приема; порог перегрузки приемного устройства или максимальный уровень приема; информационная скорость сигнала и тип линейного кода; тип источника оптического излучения и его основные параметры; дополнительные потери или энергетический запас оптического тракта и др.

Как правило, при использовании стандартного оборудования линейных трактов совместно с рекомендуемыми для них оптическими кабелями максимально допустимая длина регенерационного участка, определенная по энергетическим характеристикам системы (энергетический потенциал, уровни передачи и приема, затухание регенерационного участка), меньше максимальной длины, определяемой дисперсионными характеристиками или широкополосностью ОК. Поэтому сначала рекомендуется эту длину определять по энергетическим параметрам. Такую длину часто называют длиной участка регенерации, ограниченной затуханием. После этого находят максимальную длину по дисперсионным характеристикам, которую называют длиной участка регенерации, ограниченной дисперсией. В качестве максимальной проектной длины выбирается наименьшая из этих двух.

Очевидно, что затухание на регенерационном участке A_{py} зависит от схемы организации линейного тракта и включенных на кабельном участке (помимо самого кабеля) разъемных и неразъемных соединителей, а также других пассивных устройств, например оптических развязывающих устройств. В общем виде

$$A_{py} = nA_p + mA_n + \alpha L + A_{\Pi}, \text{ дБ} \quad (1)$$

где A_p — затухание разъемного оптического соединителя, дБ; n — их число; A_n — затухание неразъемного оптического соединителя, дБ; m — их число; α — коэффициент затухания оптического кабеля, дБ/км; L — длина участка регенерации; A_{Π} — суммарное затухание всех дополнительных пассивных устройств, включенных на кабельном участке, дБ.

Энергетический потенциал W , приводимый в паспортных данных ВОСП ПЦИ (см. гл. 5), определяется как разность уровней на передаче и на приеме, причем под уровнем приема понимается уровень чувствительности, т.е. такой минимальный уровень принимаемого сигнала, при котором обеспечивается заданный коэффициент ошибок. В паспортных данных ВОСП СЦИ энергетический потенциал обычно не приводится, но его легко определить через разность уровней минимальной излучаемой мощности в опорной точке S и максимальной чувствительности в опорной точке R . Очевидно, что энергетический потенциал определяет максимально допустимое затухание оптического сигнала на регенерационном участке. Следовательно, зная величину W , можно найти максимальную длину участка регенерации $L_{\max \alpha}$, ограниченную затуханием. В то же время затухание на регенерационном участке с течением времени может возрасти, а энергетический потенциал снизиться. Причиной этого являются рост затухания кабеля и других пассивных элементов из-за старения и деградации, падение уровня оптической мощности на выходе передатчика и рост уровня чувствительности приемника (температурные влияния, старение и деградация и др.). Поэтому при определении длины участка регенерации, ограниченной затуханием, вводится некоторый запас, состоящий из двух величин:

A_1 — запас на ухудшение параметров пассивных элементов кабельного участка;

A_2 — запас на ухудшение параметров оптоэлектронных компонентов ВОСП.

С учетом сказанного можно записать

$$W - A_2 = nA_p + mA_n + \alpha L_{\max \alpha} + A_{\Pi} + A_1$$

Число неразъемных соединителей $m = \frac{L_{\max \alpha}}{l_{\text{стр}} - 1}$, где $l_{\text{стр}}$ — строительная длина кабеля. Подставляя это значение m

в (1) после преобразований получим

$$L_{\max \alpha} = \frac{W - A_H - nA_P - A_{\Pi} - \Delta W_3}{\alpha + \frac{A_H}{l_{\text{стр}}}}, \text{ км} \quad (2)$$

где величина $\Delta W_3 = A_1 + A_2$ называется энергетическим запасом, приводится в технических данных аппаратуры и составляет для ВОСП ПЦИ 3... 6 дБ и 1... 2 дБ для ВОСП СЦИ. Обычно $A_H \leq 0,1$ дБ, поэтому затуханием одного неразъемного оптического соединителя, входящего в числитель данной формулы, можно пренебречь. Тогда можно записать:

$$L_{\max \alpha} = \frac{W - nA_P - A_{\Pi} - \Delta W_3}{\alpha + \frac{A_H}{l_{\text{стр}}}}, \text{ км} \quad (3)$$

Приемные устройства оснащаются устройствами автоматической регулировки усиления (АРУ) с пределами регулирования $A_{\text{АРУ}}$, определяющими минимальную длину регенерационного участка ограниченную затуханием:

$$L_{\min \alpha} = \frac{W - nA_P - A_{\Pi} - \Delta W_3 - A_{\text{АРУ}}}{\alpha + \frac{A_H}{l_{\text{стр}}}}, \text{ км} \quad (4)$$

Максимальная длина участка регенерации ВОСП ПЦИ, ограниченная дисперсией $L_{\max \sigma}$, рассчитывается только для многомодового кабеля, так как в случае одномодового кабеля она всегда больше длины участка регенерации, ограниченной затуханием. $L_{\max \alpha}$ находится по формуле

$$L_{\max \sigma} = \left(\frac{\Delta F_1}{B_L} \right)^{1/\gamma}, \text{ км}$$

где ΔF_1 — коэффициент широкополосности ОК, МГц*км, B_L — скорость передачи в линии (зависит от линейного кода, см. гл. 4), Мбит/с; γ — параметр, определяемый типом используемого в кабеле ОВ. Параметр γ является паспортной величиной, приводимой в ТУ на многомодовый кабель. Если он неизвестен, то при расчетах можно принять $\gamma \approx 0,7$.

Следует отметить, что формулами (3) и (4) можно пользоваться при расчете длины участка регенерации как ВОСП ПЦИ, так и ВОСП СЦИ. При этом следует помнить, что согласно рекомендации G.957 разъемные соединители оборудования СЦИ не входят в состав кабельного участка. Кроме того, значения всех величин, входящих в расчетные формулы, должны выбираться из технических характеристик конкретной аппаратуры и оптического кабеля, применяемых на проектируемой ВОЛП. При проектировании ВОСП СЦИ должна обязательно рассчитываться длина $L_{\max \sigma}$. Она может быть определена по формуле с учетом параметров оптических интерфейсов применяемой аппаратуры. Кроме того, она может быть рассчитана по перекрываемой величине хроматической и/или поляризационной модовой дисперсии. Если задана хроматическая дисперсия, то

$$L_{\max \sigma \text{ хр}} = \frac{\sigma_{\text{п хр}}}{D_{\text{хр}}}, \text{ км} \quad (5)$$

где $\sigma_{\text{п хр}}$ — перекрываемая хроматическая дисперсия, пс/нм; $D_{\text{хр}}$ — удельная хроматическая дисперсия, пс/нм*км

В случае поляризационной модовой дисперсии

$$L_{\max \sigma \text{ пмд}} = \left(\frac{\sigma_{\text{п пмд}}}{D_{\text{пмд}}} \right)^2, \text{ км} \quad (6)$$

где $\sigma_{\text{п пмд}}$ — перекрываемая поляризационная модовая дисперсия, пс;
 $D_{\text{пмд}}$ — удельная поляризационная модовая дисперсия, пс/км^{1/2}

После определения длины регенерационного участка по методике, изложенной выше, осуществляется размещение НРП и ОРП в соответствии с топологией сети и проектируемой ВОЛП. Если в соответствии с местными условиями, особенностями выбранной трассы длина регенерационного участка должна быть меньше

минимальной, то на входе регенератора в точке R включают оптический аттенуатор.

Определение кода применения участка

Принято различать три типа стандартизованных участков - секций: оптическая секция (участок от точки электронно-оптического до точки оптоэлектронного преобразования сигнала), которая, по сути, является участком волоконно-оптического кабеля между элементами сети SDH, регенераторная секция и мультиплексная секция.

Оптические секции нормируются по длине, при этом выделяют три категории:

I – внутристанционная секция, длиной до 2-х км;

S – короткая межстанционная секция, порядка 15 км;

L – длинная межстанционная секция, порядка 40 км (при длине волны 1310 нм) и 80 км (при длине волны 1550 нм).

Указанные длины секций используются только для классификации (см. ниже) и не могут рассматриваться как рекомендуемые значения используемых технических параметров. Общая длина маршрута может составлять при этом сотни или же тысячи километров. Маршрут рассматривается как участок тракта между терминальными мультиплексорами, допускающий автоматическое поддержание функционирования сети с номинальной производительностью.

Мультиплексная секция рассматривается как участок тракта между транспортными узлами (мультиплексорами и коммутаторами), допускающий аналогичное автоматическое поддержание функционирования.

Регенераторная секция рассматривается как участок тракта между двумя регенераторами или между регенератором и другим элементом сети SDH. Для аналогичных определений используются опорные точки вход/выход волокна и вход/выход начала/окончания регенераторной секции RST в схеме представления регенераторной секции.

Регенераторная секция обрабатывает RSON, который содержит синхросигнал, а также управляющую и контрольную информацию, позволяющую локализовать поврежденную секцию. Этот заголовок, будучи сформированным и введенным во фрейм на входе RST, считывается каждым регенератором и выводится из фрейма на выходе RST.

Классификация секций приведена в таблице 1. Она дает стандартное обозначение секций в зависимости от уровня STM (1, 4, 16) и приведена для указанных трех типов применения: внутри станции (код использования I), между станциями – короткая секция (код использования S), между станциями – длинная секция (код использования L).

Таблица 1 - Классификация стандартных оптических интерфейсов

Использование		Внутри станции	Между станциями				
			Короткая секция		Длинная секция		
Номинальная длина волны источника, нм		1310	1310	1550	1310	1550	
Тип волокна		Rec. G.652	Rec. G.652	Rec. G.652	Rec. G.652	Rec. G.652 Rec. G.654	Rec. G.653
Расстояние, км		До 20	~ 15	~ 15	~ 40	~ 80	~ 80
Уровни STM	STM-1	I-1	S-1.1	S-1.2	L-1.1	L-1.2	L-1.3
	STM-4	I-4	S-4.1	S-4.2	L-4.1	L-4.2	L-4.3
	STM-16	I-16	S-16.1	S-16.2	L-16.1	L-16.2	L-16.3

В общем случае кодировка типов использования линейных регенераторных секций как оборудования SDH включает три элемента и имеет формат:

<код использований> <уровень STM> <индекс источника>

Здесь код использования и уровни STM приведены выше, а индекс источника имеет следующие значения и смысл:

1 или без индекса - указывает на источник с длиной волны 1310 нм;

2 - указывает на источник с длиной волны 1550 нм для волокна, (секции L);

3 - указывает на источник с длиной волны 1550 нм для волокна.

Например, обозначение L-4.3 расшифровывается как длинная межстанционная регенераторная секция линейного оборудования STM-4, использующая источник света с длиной волны 1550 нм.

Задача 2

Требуется определить длину регенерационного участка (секции) для ВОСП СЦИ с двухволоконным линейным трактом на основе синхронного транспортного модуля типа SMS 600 фирмы NEC уровня STM-4, работающей по кабелю типа ОКЛ-01 на длине волны $\lambda = 1550$ нм. Необходимые для расчетов основные параметры SMS 600 и кабеля ОКЛ-01 приведены в таблице в конце задания. В этой таблице помимо уже известных обозначений введены два новых: $r_{\text{пер мин}}$ — минимальный уровень на передаче и $r_{\text{пр мин}}$ — минимальный уровень на приеме (уровень чувствительности). При выполнении расчетов будем полагать, что затухание одного неразъем-

ного оптического соединителя $A_n = 0,1$ дБ, затухание одного разъемного соединения $0,5$ дБ, а энергетический запас $\Delta W_3 = 2$ дБ.

Выбор варианта осуществляется по последней или предпоследней цифре шифра из таблиц 2 и 3.

Воспользовавшись данными таблицы 2 определим энергетический потенциал:

$$W = p_{\text{пер мин}} - p_{\text{пр мин}}$$

Подставив в формулу (3) значения энергетического потенциала, потерь в неразъемных соединениях, энергетического запаса, коэффициента затухания кабеля и строительной длины, а также учитывая, что применяется двухволоконный линейный тракт, т.е. на кабельном участке условно отсутствуют дополнительные пассивные компоненты ($A_n = 0$).

По формуле (4) рассчитаем минимальную длину регенерационного участка, ограниченную затуханием.

Если $A_{\text{ДРУ}} > W$ то $L_{\text{ру мин}} = 0$.

Длину регенерационной секции, ограниченную дисперсией оптического волокна, определим по формуле (5).

В качестве максимальной проектной длины выбирается наименьшая из двух рассчитанных.

Для размещения регенерационных пунктов выбирается несколько меньшее значение длины регенерационного участка с учетом запасов кабеля.

Таблица 2 - Параметры SMS 600, NEC и кабеля ОКЛ-01

№ варианта (последняя цифра шифра)	Параметры SMS 600, NEC				Кабель ОКЛ-01			
	$P_{\text{пер мин}},$ дБм	$P_{\text{пр мин}},$ дБм	$A_{\text{ДРУ}},$ дБ	$\sigma_{\text{п хр}},$ пс/нм	$\alpha,$ дБ/км	$D_{\text{хр}},$ пс/нм·км		$L_{\text{стр}},$ км
						На $\lambda =$ 1550 нм	На $\lambda =$ 1310 нм	
0	-3	-32,5	18	1570	0,22	18	1,3	2
1	-3,5	-33,1			0,19	17	1,35	4
2	-2	-32,2			0,18	14	1,5	6
3	-2,5	-33,5			0,20	16	1,45	3
4	-3,3	-31,4			0,21	15	1,63	5
5	-2,7	31,8			0,22	19	1,27	7
6	-3	-32,2			0,19	18	1,4	4
7	-3,5	-33,5			0,18	17	1,52	2
8	-2	-31,4			0,20	14	1,57	3
9	-2,5	31,8			0,21	16	1,6	6

Таблица 3 – Выбор варианта

Предпоследняя цифра шифра	координаты пунктов, км	
0-4	А	603
	Б	721
	В	753
	Г	804
	Д	869
5-9	А	451
	Б	516
	В	611
	Г	648
	Д	703

Таблица 4 – Коды применения

Параметр	Код применения					
	I-1	S-1.1	S-1.2	L-1.1	L-1.2	L-1.3
	I-4	S-4.1	S-4.2	L-4.1	L-4.2	L-4.3
	I-16	S-16.1	S-16.2	L-16.1	L-16.2	L-16.3
Номинальная длина волны, нм	1310	1310	1550	1310	1550	
Тип волокна ¹	G.652				G.652	G.653
					G.654	
Протяженность ²	2	15		40	80	

Примечания: ¹ Не исключается применение волокна G.655; ² Ориентировочное значение, как проектную величину использовать нельзя

При выборе кода применения должно быть учтено, что самыми распространенными, доступными и наиболее экономичными являются ОК с волокнами рекомендации G.652.

Таблица 5 – Результаты расчетов

Пункты	А-Б	Б-В	В-Г	Г-Д
Расстояние, км				
Максимальная длина регенерационного участка по затуханию, км				
Минимальная длина регенерационного участка по затуханию, км				
Длина регенерационного участка по дисперсии, км				
Код применения				

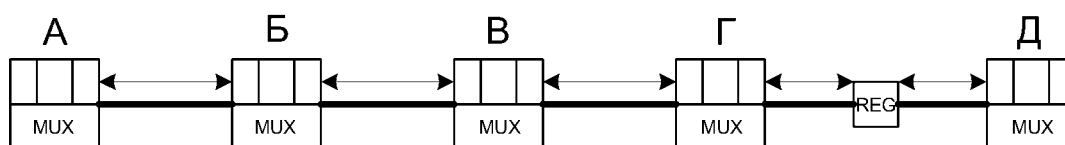


Рисунок 1 – Схема расстановки оборудования на участке А - Д

Задание к задаче 2

1. Сделать краткий конспект теоретической части
2. Рассчитать длины участков по координатам и занести их в таблицу 5.
3. Рассчитать длины регенерационных участков по дисперсии и затуханию, данные занести в таблицу 5
3. Выбрать из таблицы 4 нужные коды применения и внести их в таблицу 5
4. Сделать вывод об установке дополнительного регенерационного оборудования (требуется ли установка и почему)
5. Построить схему расстановки оборудования на участке А-Д, исходя из полученных данных
6. Ответить на вопросы:
 - а) Что такое регенерационный участок?
 - б) Как выбирается максимальная проектная длина регенерационного участка?
 - в) Какие стандартные секции вы знаете?
 - в) Что такое код применения, зачем он нужен?
 - г) Как определяется код применения для участка?