**1 Основы построения оптических систем передачи**

**Задача 1**

Определить затухание, дисперсию, полосу пропускания и максимальную скорость передачи двоичных импульсов в волоконно-оптической системе с длиной секции L (км), километрическим затуханием α (дБ/км) на длине волны излучения передатчика λ0 (мкм), ширине спектра излучения Δλ0,5 на уровне половины максимальной мощности излучения. Определить расстояние, на котором хроматическая дисперсия сравняется с поляризационной модовой дисперсией (ПМД) в указанном по варианту типе волокна. Данные для задачи приведены в табл.1.1 и 1.2. Определить мощность оптического излучения в волокне на выходе секции, если на входе подключен оптический генератор с уровнем мощности 0дБм на заданной длине волны λ0.

Таблица 1.1

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Параметр | Предпоследняя цифра номера пароля | | | | | | | | | |
|  | 1 |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Длина оптической секции, км |  | 96 |  |  |  |  |  |  |  |  |

Таблица 1.2

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Параметр | Последняя цифра номера пароля | | | | | | | | | |
|  |  |  |  |  |  | 6 |  |  |  |
| Тип волокна |  |  |  |  |  |  | LEAF |  |  |  |
| Коэфф. затухания α, дБ/км |  |  |  |  |  |  | 0,24 |  |  |  |
| Длина волны λ0, мкм |  |  |  |  |  |  | 1,56 |  |  |  |
| Спектральная линия ∆λ0,5, нм |  |  |  |  |  |  | 0.3 |  |  |  |
| Коэфф. хроматической дисперсии σхр, пс/(нм•км) |  |  |  |  |  |  | 4,5 |  |  |  |

SF, Standard Fiber – стандартное одномодовое ступенчатое волокно, коэффициент ПМД σпмд=0,5 пс/√км;

DSF, Dispersion-Shifted (single mode) Fiber – волокно одномодовое со смещенной дисперсией, коэффициент ПМД σпмд=0,1 пс/√км;

SMF-LS, Single Mode Fiber-LS – одномодовое оптическое волокно со смещенной ненулевой дисперсией (Corning) [8], коэффициент ПМД σпмд=0,05 пс/√км;

True Wave, "Истинная волна" – одномодовое оптическое волокно со смещенной ненулевой дисперсией (Lucent Technologies) [8], коэффициент ПМД σпмд= 0,1 пс/√км;

LEAF – одномодовое оптическое волокно со смещенной ненулевой дисперсией (Corning) [8], коэффициент ПМД σпмд= 0,01 пс/√км.

Методические указания к задаче 1

1) Для решения задачи 1 необходимо внимательно изучить конспект лекций (раздел 1) или [7] (стр. 11 – 35) характеристики кварцевых оптических волокон.

2) Рекомендуется следующий порядок выполнения задания 1:

* определить максимальное затухание секции длиной L,
* определить совокупную дисперсию секции с учетом ширины спектра излучения,
* определить полосу пропускания оптической линии,
* определить максимальную скорость передачи двоичных импульсов через оптическую линию.

3) Результирующее максимальное затухание секции находится из соотношения:

A М = α × L + ls × Ns, [дБ], (1)

где ls – потери мощности оптического сигнала на стыке волокон строительных длин кабеля (ls = 0,05 дБ); Ns – число стыков, определяемое: Ns = Е [(L/Ls)–1] (целое число), Ls = 6 км (для всех вариантов).

4) Результирующая хроматическая дисперсия секции находится из соотношения:

, [c] (2)

5) Полоса пропускания оптической линии определяется из соотношения:

, [Гц] (3)

6) Максимальная скорость передачи двоичных оптических импульсов зависит от Δ FОВ и их формы, которую принято считать прямоугольной или гауссовской:

ВП = 1,01 Δ FОВ, [бит/с], (4)

ВГ = 1,34 Δ FОВ, [бит/с]. (5)

Для всех вариантов считать форму импульса гауссовской.

7) Для нахождения расстояния, при котором хроматическая дисперсия становится равной дисперсии ПМД необходимо приравнять математические выражения этих видов дисперсии и вычислить длину линии [4, стр.27 или раздел 1.2 конспекта лекций].

8) Для вычисления мощности на выходе волокна секции необходимо из уровня мощности на входе волокна секции вычесть затухание всей секции АМ и полученное значение перевести в мощность, используя понятие «абсолютный уровень по мощности».

При обозначении коэффициентов дисперсии (хроматической и ПМД) в различной литературе могут использоваться различные значки, например: σхр , σпмд и , но при этом сохраняется одинаковый смысл

**Привести письменно выводы и оценки по результатам расчетов.**

**2 МУЛЬТИПЛЕКСИРОВАНИЕ В ОПТИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ ПЕРЕДАЧИ**

**Задача 2**

Определить число подряд следующих циклических транспортных структур технологии SDH или OTH (по варианту табл.2.1 и 2.2), которые необходимы для переноса заданного числа кадров Ethernet PBT. Определить общее время передачи этих кадров. Изобразить цепочку преобразования этих кадров в соответствующие структуры оптической передачи.

Таблица 2.1

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Параметр | Предпоследняя цифра номера пароля | | | | | | | | | |
|  | 1 |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Общее число кадров Ethernet PBT |  | 16 |  |  |  |  |  |  |  |  |

Таблица 2.2

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Параметр | Последняя цифра номера пароля | | | | |
|  | 6 |  |  |  |
| Транспортные  структуры | VC  12-3v |  |  |  |

Методические указания к задаче 2

1) Изучить внимательно разделы 2.2 и 2.4 конспекта лекций

2) Обратить внимание на структуры цифровой ёмкости, предоставляемые под загрузку: VC4 260×9 байт каждые 125мкс, VC3 85×9 байт каждые 125мкс, VC12 136байт каждые 500мкс, ОРUk 3810×4 байт независимо от к=1,2,3.

3) Учесть, что при сцепке виртуальных контейнеров предусмотрено соответствующее увеличение емкости под загрузку в том же интервале времени, например, VC12-2v удваивается за время 500мкс.

4) Учесть цикличность передачи в OTH составляет: 48,971мкс для OTU1; 12,191мкс для OTU2; 3,035мкс для OTU3.

5) Для представления преобразования кадров Ethernet в оптическую транспортную структуру необходимо внимательно ознакомиться в конспекте с рис.2.7, 2.17 и 2.20. Считать ёмкости кадров Ethernet полными.

**Привести письменно выводы и оценки по результатам расчетов.**

**3 Источники оптического излучения для систем передачи**

**Задача 3**

Определить характеристики многомодового лазера с резонатором Фабри – Перо (FP) и одномодового лазера с распределенной обратной связью (DFB).

Определить число мод в лазере FP, для которых выполняется условие возбуждения в полосе длин волн Δλ при длине резонатора L и показателе преломления активного слоя n.

Определить частотный интервал между модами и добротность резонатора на центральной моде λО при коэффициенте отражения R.

Изобразить конструкцию полоскового лазера FP. Изобразить модовый спектр.

Определить частоту и длину волны генерируемой моды в одномодовом лазере DFB для известных значений дифракционной решетки m и длины лазера L. Изобразить конструкцию лазера DFB. Исходные данные приведены в табл. 3.1-3.4.

Таблица 3.1

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Параметр лазера FP | Предпоследняя цифра номера пароля | | | | | | | | | |
|  | 1 |  |  |  |  |  |  |  |  |
| L, мкм |  | 240 |  |  |  |  |  |  |  |  |

Таблица 3.2

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Параметр лазера FP | Последняя цифра номера пароля | | | | |
|  | 6 |  |  |  |
| Δλ, нм | 55 |  |  |  |
| n | 3,7 |  |  |  |
| λ0, мкм | 0,48 |  |  |  |
| R | 0,31 |  |  |  |

Таблица 3.3

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Параметр лазера DFB | Предпоследняя цифра номера пароля | | |
|  | 1 |  |
| L, мкм | 190 |

Таблица 3.4

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Параметр лазера DFB | Последняя цифра номера пароля | | | | | | | | | |
|  |  |  |  |  |  | 6 |  |  |  |
| Порядок решетки m |  |  |  |  |  |  | 7 |  |  |  |
| Шаг решетки, d, мкм |  |  |  |  |  |  | 0,6 |  |  |  |
| Показатель преломления, nэ |  |  |  |  |  |  | 3,49 |  |  |  |

Методические указания к задаче 3

Для решения задачи 3 рекомендуется внимательно изучить материалы 3 раздела конспекта лекций.

Частота моды определяется из соотношения:

 , (3.1)

где m – номер моды, L – длина резонатора, n – показатель преломления; С - скорость света в свободном пространстве.

Расстояние между модами определяется из соотношения:  (3.2)

Добротность резонатора на центральной моде λ0 определяется из соотношения:

 (3.3)

Число мод в интервале Δλ определяется:

 (3.4)

Для определения длины волны и частоты генерации одномодового лазера DFB необходимо воспользоваться соотношениями:

 , (3.5)

 , (3.6)

 . (3.7)

**Привести письменно выводы и оценки по результатам расчетов**.

**4 Модуляция излучения источников электромагнитных волн оптического диапазона**

**Задача 4**

По данным табл. 4.1 построить зависимость выходной мощности источника оптического излучения от величины электрического тока, протекающего через него. Для заданных (по варианту) тока смещения и амплитуды модулирующих однополярных импульсов (табл. 4.2 и 4.3) определить графически изменение выходной модуляционной мощности Рмакс и Рмин и определить глубину модуляции η. По построенной характеристике указать вид источника (светодиод или лазер?).

Таблица 4.1

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| I, мА | 0 | 5 | 10 | 15 | 18 | 20 | 22 | 24 | 26 | 28 |
| P, мкВт | 0 | 15 | 30 | 45 | 60 | 90 | 160 | 230 | 310 | 370 |

Таблица 4.2

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Параметр | Предпоследняя цифра номера пароля | | | | | | | | | |
|  | 1 |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Ток смещения, мА |  | 10 |  |  |  |  |  |  |  |  |

Таблица 4.3

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Параметр | Последняя цифра номера пароля | | | | | | | | | |
|  |  |  |  |  |  | 6 |  |  |  |
| Амплитуда тока модуляции, мА |  |  |  |  |  |  | 8 |  |  |  |

Методические указания к задаче 4.

Для решения задачи необходимо внимательно изучить раздел 4 конспекта лекций.

Для определения глубины модуляции использовать соотношение (4.1):

, (4.1)

Рекомендуется при построении графика ватт-амперной характеристики чертеж выполнить в масштабе 1 мм : 0,2 мА и 1мм : 1,5 мкВт.

**Привести рисунок модуляции, выводы и оценки по результатам расчетов и построений.**

**5 Фотоприемники для оптических систем передачи**

**Задача 5**

Построить график зависимости чувствительности фотодетектора от длины волны оптического излучения по данным табл. 5.1. Используя график и данные табл. 5.2 и 5.3 определить величину фототока на выходе p-i-n фотодиода. По графику определить длинноволновую границу чувствительности фотодетектора. Определить материал для изготовления прибора.

Таблица 5.1

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Чувствительность,А/Вт | 0,28 | 0,32 | 0,43 | 0,53 | 0,58 | 0, 65 | 0,73 | 0,64 | 0,1 |
| Длина волны, мкм | 0,85 | 1 | 1.1 | 1,2 | 1,3 | 1,4 | 1,5 | 1,6 | 1,78 |

Таблица 5.2

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Параметр | Предпоследняя цифра номера пароля | | | | | | | | | |
|  | 1 |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Мощность излучения, мкВт |  | 0,8 |  |  |  |  |  |  |  |  |

Таблица 5.3

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Параметр | Предпоследняя цифра номера пароля | | | | | | | | | |
|  | 1 |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Длина волны, λ, мкм |  | 1,65 |  |  |  |  |  |  |  |  |

Методические указания к задаче 5

Для решения задачи необходимо внимательно изучить 5 раздел

конспекта лекций.

При решении задачи необходимо учесть соотношения (5.1), (5.2), (5.3):

 (5.1)

 (5.2)

 , (5.3)

где, ЕФ – энергия фотона, е – заряд электрона; ηВН – внутренняя квантовая эффективность фотодиода; h – постоянная Планка, С – скорость света.

Длинноволновая граница чувствительности фотодетектора определяется соотношением (5.4):

 (5.4)

где Еg - ширина запрещенной зоны полупроводникового материала, из которого сделан фотодиод.

Рекомендуется при построении графика зависимости чувствительности фотодетектора от длины волны выполнить чертеж в масштабе 1мм : 0,01мкм и 1мм : 0,01 А/Вт.

**Привести рисунок, выводы и оценки по результатам расчетов.**

**6 Фотоприемные устройства оптических систем передачи**

**Задача 6**

Определить полосу пропускания и отношение сигнал/шум для фотоприемного устройства, содержащего интегрирующий (ИУ) или трансимпенансный (ТИУ) усилитель и фотодетектор (ЛФД или p-i-n).

Исходные данные по вариантам приведены в табл. 6.1 и 6.2.

Таблица 6.1

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Параметр | Предпоследняя цифра номера пароля | | | | | | | | | |
|  | 1 |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Тип ФД |  | ЛФД |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Тип усилителя |  | ТИУ |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Rэ, кОм |  | 100 |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Сэ, пФ |  | 2 |  |  |  |  |  |  |  |  |
| ηвн |  | 0,8 |  |  |  |  |  |  |  |  |
| M |  | 10 |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Fш(M) |  | 5 |  |  |  |  |  |  |  |  |
| T |  | 290 |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Dш |  | 3 |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Кус |  | 100 |  |  |  |  |  |  |  |  |

Таблица 6.2

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Параметр | Последняя цифра номера пароля | | | | | | | | | |
|  |  |  |  |  |  | 6 |  |  |  |
| Pпер, дБм |  |  |  |  |  |  | +5 |  |  |  |
| L, км |  |  |  |  |  |  | 65 |  |  |  |
| α, дБ/км |  |  |  |  |  |  | 0,22 |  |  |  |

Методические указания к задаче 6

Для решения задачи 6 необходимо внимательно изучить раздел 6 конспекта лекций.

Полоса частот усиления ФПУ с ИУ ограничена полосой пропускания входной цепи ФПУ и находится из соотношения (6.1):

 (6.1)

Полоса частот усиления ФПУ с ТИУ ограничена полосой пропускания усилителя и находится из соотношения (6.2):

 (6.2)

Фототок детектора создается падающей оптической мощностью и зависит от типа фотодетектора. Величина фототока вычисляется из соотношений (6.3) и (6.4), куда необходимо подставить значение мощности Pпер и Pпр. Для этого уровень мощности нужно перевести в мощность пользуясь понятием «абсолютного уровня по мощности».

Фототок  (6.3)

Мощность , (6.4)

где h – постоянная Планка, е – заряд электрона, ηВН - внутренняя квантовая эффективность, М – коэффициент умножения ЛФД, РПР – мощность сигнала на прием, РПЕР – мощность сигнала на передаче, α - километрическое затухание кабеля, L – длина кабельной линии. Для вычисления основных шумов ФПУ, а это квантовый и тепловой шумы, необходимо воспользоваться соотношениями (6.5) и (6.6):

 (6.5)

 , (6.6)

где К = 1,38 × 10 –23 Дж/к – постоянная Больцмана, ∆F полоса частот ИУ или ТИУ (по варианту из 6.1 или 6.2).

Отношение сигнал/шум вычисляется из соотношения (6.7):

 (6.7)

Для представления соотношения С/Ш в логарифмическом масштабе необходимо определить 20lg(с/ш) и представить результат в [дБ].

**Привести письменно выводы и оценки по результатам расчетов.**

**7 Оптические усилители для оптических систем передачи**

**Задача 7**

Определить длину взаимодействия L излучения накачки в рамановском усилителе, при которой коэффициент распределенного усиления G= (по варианту табл.7.1), при соответствующей мощности накачки Pн, площади модового пятна А и рамановском коэффициенте усиления материала g (табл.7.2).

Таблица 7.1

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Параметр | Предпоследняя цифра номера пароля | | | | | | | | | | |
|  | 1 | |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Pн, Вт |  | | 1,5 |  |  |  |  |  |  |  |  |
| А, мкм2 |  | | 35 |  |  |  |  |  |  |  |  |
| G, дБ |  | | 3 |  |  |  |  |  |  |  |  |

Таблица 7.2

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Параметр | Предпоследняя цифра номера пароля | | | | | | | | | |
|  | 1 |  |  |  |  |  |  |  |  |
| g, ×10-14 м/Вт |  | 7 |  |  |  |  |  |  |  |  |

Методические указания к задаче 7

1) Расчёт произвести, используя соотношение (7.3) конспекта лекций.

2) Значение G (в дБ) преобразовать в значение в разах



3) Значение А представить в размерности км2, например, А=50мкм2 или 50×10-17км2.

4) Значение g представитьв размерности км/Вт, например, g=7×10-17 км/Вт.

5) Равенства (7.3) получить через логарифмирование lnGR.

**8 Линейные тракты оптических систем передачи**

**Задача 8.1.**

Используя приложения 1 конспекта лекций для оптических интерфейсов аппаратуры SDH, определенных рекомендациями МСЭ-Т G.957 и G.691, определить по варианту (табл.8.1 и 8.2) предельную дальность передачи по двум типам волокон без промежуточных регенератров, но с возможным использованием оптических усилителей. Также определить минимальное расстояние между оптическим передатчиком и оптическим приёмником заданного интерфейса для исключения перегрузки приёмника.

Таблица 8.1

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Параметр | Предпоследняя цифра номера пароля | | | | | | | | | |
|  | 1 |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Интерфейс |  | V4.2 |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Строительная длина кабеля, км |  | 2,5 |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Затухание на стыке длин, lS, дБ |  | 0,04 |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Затухание на разъёмном стыке, lC, дБ |  | 0,6 |  |  |  |  |  |  |  |  |

Таблица 8.2

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Параметр | Последняя цифра номера пароля | | | | | | | | | |
|  |  |  |  |  |  | 6 |  |  |  |
| Тип волокна 1 |  |  |  |  |  |  | G.652 |  |  |  |
| αс, дБ/км |  |  |  |  |  |  | 0,25 |  |  |  |
| σхр, пс/нм×км |  |  |  |  |  |  | 16,1 |  |  |  |
| Тип волокна 2 |  |  |  |  |  |  | G.655 |  |  |  |
| αс, дБ/км |  |  |  |  |  |  | 0,2 |  |  |  |
| σхр, пс/нм×км |  |  |  |  |  |  | 8,2 |  |  |  |

Тип волокна 1 имеет коэффициент σпмд=0,02пс/√км.

Тип волокна 2 имеет коэффициент σпмд=0,04пс/√км.

Методические указания к задаче 8.1

1) Для решения задачи необходимо внимательно изучить раздел 8.5 конспекта лекций.

2) Максимальное и минимальное расстояние передачи с точки зрения энергетического потенциала определить из соотношения (8.9) конспекта лекций и с использованием примера расчета в разделе 8.5. Необходимо рассчитать расстояние для двух типов волокон. Учесть, что число разъёмных соединений составляет Nc= 4, а число сварных стыков N зависит от строительных длин.

3) Значение запаса на старение оборудования Me определяется из данных передатчика интерфейса как разность между максимальным и минимальным уровнем мощности передачи. Потери на повреждение кабеля αm считать 0,05дБ/км

4) Для оценки минимальной длины участка регенерации необходимо вычесть из максимального уровня мощности передачи максимальный уровень мощности, допустимый на входе приёмника (минимальный уровень перегрузки). Полученную разность поделить на километрическое затухание кабеля.

5) Для оценки максимальной дальности передачи с точки зрения дисперсионных искажений за счет хроматической дисперсии необходимо разделить допустимое значение дисперсии для заданного интерфейса на значение σхр. Полученные результаты для двух типов волокон сравнить. Рассчитать на полученном расстоянии значение ПМД. Определить в процентном соотношении вклад ПМД в совокупную дисперсию (8.14, 8.15 в конспекте) при ширине спектральной линии передатчика 1нм.

**Задача 8.2**

Для заданного количества оптических каналов в ВОСП-WDM и OSNR (табл.8.3) каждого канала определить минимальный допустимый уровень передачи одного кагнала и максимальный допустимый уровень всех каналов в стекловолокне при использовании на промежуточных станциях Mус – эрбиевых усилителей с усилением A и с коэффициентом шума NF(табл.8.4). Для скоростей передачи цифровых данных в формате NRZ 2,5Гбит/с и 10Гбит/с считать шум спонтанной эмиссии -58дБ и

-56дБ соответственно.

Таблица 8.3

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Параметр | Предпоследняя цифра номера пароля | | | | | | | | | |
|  | 1 |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Число оптических каналов и скорость передачи в каждом, Гбит/с |  | 6  10 |  |  |  |  |  |  |  |  |
| OSNR, дБ |  | 21 |  |  |  |  |  |  |  |  |

Таблица 8.4

|  |  |
| --- | --- |
| Параметр | Последняя цифра номера пароля |
| 6 | |
| Число оптических усилителей Mус | 10 | |
| Коэффициент усиления А, дБ | 23 | |
| Коэффициент шума NF, дБ | 5 | |

Методические указания к задаче 8.2

Для решения задачи необходимо изучить раздел 8.7 конспекта лекций.

Для определения уровня мощности в оптическом канале использовать соотношение (8.17) конспекта лекций. Для определения максимального уровня мощности всех оптических каналов использовать соотношение (8.18) конспекта лекций. Во всех вариантах считать, что используется стекловолокно стандарта G.652, в котором допустимый уровень мощности не должен превышать +17дБм. Сравнить это значение с максимальным уровнем мощности, получаемым в расчете. Считать равными максимальный и минимальный уровни передачи канала.

**Привести письменно выводы и оценки по результатам расчетов.**

**9 Оптические компоненты для систем передачи и оптических сетей**

**Задача 9**

Определить число оптических каналов на каждой из оптических секций мультиплексирования в цепочке, состоящей из 2-х терминальных WDM мультиплексоров и Х (число по варианту табл.9.1) промежуточных оптических мультиплексоров типа ROADM. Внутри каждой пары оптических мультиплексоров организовано Y (число по варианту табл.9.2) оптических каналов. Определить по данным приложения и привести характеристики интерфейса одного оптического канала (по варианту табл.9.1).

Таблица 9.1

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Параметр | Предпоследняя цифра номера пароля | | | | | | | | | |
|  | 1 |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Число мультиплексоров ROADM, Х  Условный номер |  | 3  1 |  |  |  |  |  |  |  |  |

Каждому условному номеру соответствует интерфейс (приложение 3):

0 – DN100S-1D2(с); 1 – DN100S-1D3(L); 2 - DN100S-1D5(c); 3 - DN100S-1D2(с)F; 4 - DN100S-1D3(L)F; 5 - DN100S-1D5(c)F; 6 - DW100S-1D2(c)F; 7 - DW100S-1D3(c)F; 8 - DW100S-1D5(c)F; 9 - DW100L-1D5(c)F.

Таблица 9.2

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Параметр | Последняя цифра номера пароля | | | | | | | | | |
|  |  |  |  |  |  | 6 |  |  |  |
| Число каналов внутри каждой пары мультиплексоров Y |  |  |  |  |  |  | 8 |  |  |  |

Методические указания к задаче 9

1) Графически изобразить заданное число мультиплексоров, т.е. 2 терминальных и Х типа ROADM, включенных в цепочку. Пары мультиплексоров определяются по принципу «каждый с каждым» связаны Y каналами. Например, в цепочке из 2-х терминальных и 2-х промежуточных мультиплексоров будет 6 пар.

2) Графически отобразить в каждой паре мультиплексоров (в том числе и терминальных) требуемое по варианту число оптических каналов.

3) Определить на каждой секции мультиплексирования, т.е. между соседними мультиплексорами общую ёмкость оптических каналов.

4) Пользуясь данными приложения 3 и разделом 8.10 конспекта лекций объяснить смысл обозначений интерфейсов по варианту. При этом в выводах нужно ответить на вопрос – чем отличаются интерфейсы?

**Привести письменно выводы и оценки по результатам вычерчивания схемы и расчетов.**