Используя приложения для оптических интерфейсов аппаратуры SDH, определенных рекомендациями МСЭ-Т G.957, определить по варианту число промежуточных регенераторов и расстояние между ними.

Составить схему размещения оконечных и промежуточных станций с указанием расстояний. Определить уровень приема РПР [дБ] на входе первого, считая от оконечной станции, регенератора, вычислить допустимую вероятность ошибки одного регенератора.

Таблица 6.1

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |
|  | 1 |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Тип оптического интерфейса |  | L-1.1 |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Затухание оптического кабеля a К, дБ/км |  | 0,36 |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Дисперсия оптического кабеля D, пс/(нм· км) |  | 3,5 |  |  |  |  |  |  |  |  |

Таблица 6.2

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |
|  |  | 2 |  |  |  |  |  |  |  |
| Длина линииL, км |  |  | 1042 |  |  |  |  |  |  |  |
| Строительная длина кабеляLc, км |  |  | 4 |  |  |  |  |  |  |  |
| Затухание на стыке длин a СдБ |  |  | 0,15 |  |  |  |  |  |  |  |

Методические указания к задаче 6.

Расстояние между регенераторами определяется из соотношения (6.1):

 [км] , (6.1),

где А – энергетический потенциал оптического интерфейса,

А = РПЕР.МАКС – РПР.МИН, [дБ];

Э – энергетический запас на старение передатчика и приемника и восстановление поврежденных линий, рекомендуется Э = 3 дБ;

a К – затухание оптического кабеля [дБ/км];

a С – затухание на стыке строительных длин [дБ];

LС – строительная длина кабеля [км].

Число регенераторов определяется из соотношения (6.2):

 [*целое число*], (6.2)

Необходимо проверить совокупную дисперсию для регенерационного участка. Она должна быть меньше приведенной в таблице приложения для интерфейса соответствующего варианту. Совокупная дисперсия регенерационного участка определяется соотношением (6.3):

, (6.3)

где 

– среднеквадратическая ширина спектра источника излучения на уровне 0,5 от максимальной мощности, что соответствует обозначению – 3 дБм от максимального уровня. В некоторых интерфейсах приведено значение на уровне – 20 дБм. Поэтому необходимо произвести перерасчет для уровня 0,5. При этом ширина спектра составит приблизительно 20% от на уровне –20 дБ.

Допустимая вероятность ошибки одного регенератора вычисляется из норматива на ошибки для магистрального участка сети 10 000 км:

РОШ = 10–7. Таким образом на 1 км линии РОШ = 10–12.

Вероятность ошибки вычисляется из соотношения (6.4):

(6.4)

По данным, приведенным в [15] с. 44, необходимо оценить минимальную допустимую длину участка регенерации.

**Приложение. Характеристики интерфейсов**

Параметры оптических агрегатных интерфейсов аппаратуры SDH

 Код применения агрегатного оптического интерфейса SDH:

* I – обозначает внутристанционные применения (intro – office);
* S – обозначает передачу на небольшие расстояния (short - haul);
* L – обозначает передачу на большие расстояния (long - haul);
* V – обозначает передачу на очень большие расстояния (very long - haul);
* U – обозначает передачу на сверхбольшие расстояния (ultra long - haul);
* В – обозначает интерфейс с оптическим усилителем мощности (booster - amplifier);
* ВР – обозначает интерфейс с оптическим усилителем мощности и оптическим предусилителем (pre - ampliifier).

Обозначения I, S, L, V и U – международные стандартизированные обозначения.

В, Р, ВР – вариант обозначения производителей аппаратуры.

Цифровой код агрегатного оптического интерфейса SDH:

* уровень STM может быть 1, 4, 16 или 64;
* используемые тип волоконно-оптического кабеля и номинальная длина волны излучения лазера обозначаются номером суффикса;
* 1 – обозначает использование источника лазера с номиналом 1310 нм и стандартного волоконно-оптического кабеля согласно рекомендации G.652 ITU-T;
* 2 – обозначает использование лазера с номиналом 1550 нм и волоконно-оптического кабеля согласно рекомендации G.652 ITU-T;
* 3 – обозначает использование источника лазера с номиналом 1550 нм и волоконно-оптического кабеля со смещенной дисперсией согласно рекомендации G.653 ITU-T.

Таблица 1 Характеристики оптических интерфейсов для сигналов STM –1

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Код интерфейса | Един. измер. | S-1.1 | L-1.1 | L-1.2 |
| Уровень SDH |  | STM - 1 | STM - 1 | STM - 1 |
| Скорость передачи | кбит/с | 155 520 | 155 520 | 155 520 |
| Линейный код |  | NRZ скрембл. | NRZ скрембл. | NRZ скрембл. |
| Длина волны | нм | 1280…1335 | 1280…1335 | 1500…1580 |
| Характеристики оптического передатчика (точка S) |
| Источник излучения |  | Лазер FP (MLM) | Лазер FP (MLM) | Лазер DFВ(SLM) |
| Среднеквадратическая ширина спектра излуче- ния на уровне - 3 дБм | нм | 4 | 2,1 | – |
| Ширина спектра излуче- ния на уровне - 20 дБм | нм | – | – | 1 |
| Минимальное подавле- ние боковых мод | дБ | – | – | 30 |
| Средняя излучаемая мощность | дБм | -15…-8 | -5…0 | -5…0 |
| Характеристики оптического приемника (точка R) |
| Тип фотоприемника |  | PIN | PIN | PIN |
| Минимальный уровень оптической мощности при BER = 10 –10 | дБм | -33,5 | -34 | -34 |
| Уровень перегрузки | дБм | -5 | -5 | -5 |
| Максимальный коэффи- циент отражения при- емника | дБ | – | – | -25 |
| Дополнительное затуха- ние оптического тракта | дБ | 1 | 1 | 1 |
| Характеристики оптического тракта (между точками S и R) |
| Диапазон оптического затухания | дБ | 0…17,5 | 5…28 | 5…28 |
| Максимальная хромати- ческая дисперсия | пс/нм | 96 | 185 | – |
| Потери отражения опти- ческой мощности от ка- беля в точке S | дБ | – | – | 20 |

Таблица 2 Характеристики оптических интерфейсов для сигналов STM – 4

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Код интерфейса | Един.измер. | S-4.1 | L-4.1а | L-4.1 | L-4.2 |
| Уровень SDH |  | STM - 4 | STM - 4 | STM - 4 | STM - 4 |
| Скорость передачи | кбит/с | 622 080 | 622 080 | 622 080 | 622 080 |
| Линейный код |  | NRZ скремб | NRZ скремб | NRZ скремб | NRZ скремб |
| Длина волны | нм | 1280…1335 | 1296…1330 | 1280…1335 | 1530…1560 |
| Характеристики оптического передатчика (точка S) |
| Источник излучения |  | Лазер FP(MLM) | Лазер FP(MLM) | Лазер DFP(SLM) | Лазер DFP(SLM) |
| Среднеквадратическая ширина спектра излуче- ния на уровне - 3 дБм | нм | 2,1 | 2,0 | – | – |
| Ширина спектра излуче- ния на уровне - 20 дБм | нм | – | – | 1 | 1 |
| Минимальное подав- ление боковых мод | дБ | – | – | 30 | 30 |
| Средняя излучаемая мощность | дБм | -18…-8 | -3…+2 | -3…+2 | -3…+2 |
| Характеристика оптического приемника (точка R) |
| Тип фотоприемника |  | Ge-APD | Ge-APD | Ge-APD | 3хэлемент- ный APD |
| Минимальный уровень оптической мощности при BER = 10 –10 | дБм | -32 | -32,5 | -32,5 | -34,5 |
| Уровень перегрузки | дБм | -4 | -4 | -4 | -8 |
| Максимальный коэф- фициент отражения приемника | дБ | – | -20 | -20 | -27 |
| Дополнительное затуха- ние оптического тракта | дБ | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Характеристики оптического тракта (между точками S и R) |
| Диапазон оптического затухания | дБ | 0…16 | 6…28,5 | 6…28,5 | 10…29,5 |
| Максимальная хрома- тическая дисперсия | пс/нм | 90 | 130 | 130 | – |
| - на максимальной длине волны услуг | пс/нм | – | – | – | 3400 |
| - на минимальной длине волны услуг | пс/нм | – | – | – | 2900 |
| Потери отражения оп- тической мощности от кабеля в точке S | дБ | 14 | 20 | 20 | 24 |

Таблица 3 Характеристики оптических интерфейсов с оптическими усилителями мощности для сигналов STM – 4

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Код интерфейса | Един. измер. | U - 4.2 | В - 4.2В |
| Уровень SDH |  | STM - 4 | STM - 4 |
| Скорость передачи | кбит/с | 622 080 | 622 080 |
| Линейный код |  | NRZ скремблир. | NRZ скремблир. |
| Длина волны | нм | 1530…1560 | 1530…1560 |
| Характеристики оптического передатчика (точка S) |
| Источник излучения |  | Лазер DFB (SLM) | Лазер DFB (SLM) |
| Ширина спектра излучения на уровне - 20 дБм | нм | 1,0 | 1,0 |
| Минимальное подавление боковых мод | дБ | 30 | 30 |
| Средняя излучаемая мощность | дБм | 10…13 | 14… |
| Характеристики оптического приемника (точка R) |
| Тип фотоприемника |  | Трехэлементный фотодиод APD |
| Минимальный уровень оптичес- кой мощности при BER = 10 –10 | дБм | -34,5 | -34,5 |
| Уровень перегрузки | дБм | -8 | -8 |
| Максимальный коэффициент отражения приемника | дБ | -27 | -27 |
| Дополнительное затухание оптического тракта | дБ | 2 | 2 |
| Характеристики оптического тракта (между точками S и R) |
| Диапазон оптического затухания | дБ | 21…42,5 | 25…46,5 |
| Максимальная хроматическая дисперсия |  |  |  |
| - на максимальной длине волны излучения | пс/нм | 3400 | 3400 |
| - на минимальной длине волны излучения | пс/нм | 2900 | 2900 |
| Потери отражения оптической мощности от кабеля в точке S | дБ | 24 | 24 |

Таблица 4 Характеристики оптических интерфейсов для сигналов STM – 16

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Код интерфейса | Един. измер. | L-16.1 | L-16.2 |
| Уровень SDH |  | STM -16 | STM -16 |
| Скорость передачи | кбит/с | 2 488 320 | 2 488 320 |
| Линейный код |  | NRZ скремблир. | NRZ скремблир. |
| Длина волны | нм | 1280…1335 | 1530…1560 |
| Характеристики оптического передатчика (точка S) |
| Источник излучения |  | Одномодовый лазерный диод DFB (SLM) |
| Ширина спектра излучения на уровне - 20 дБм | нм | 1 | 0,5 |
| Минимальное подавлениебоковых мод | дБ | 30 | 30 |
| Средняя излучаемая мощность | дБм | -2…+2 | -2…+2 |
| Характеристики оптического приемника (точка R) |
| Тип фотоприемника |  | Ge-APD - лавин ный фотодиод | Трехэлементный лав. фотодиод APD |
| Минимальный уровень оптичес- кой мощности при BER = 10 –10 | дБм | -27 | -28 |
| Уровень перегрузки | дБм | 0 | -8 |
| Максимальный коэффициент отражения приемника | дБ | -27 | -27 |
| Дополнительное затухание оптического тракта | дБ | 1 | 2 |
| Характеристики оптического тракта (между точками S и R) |
| Диапазон оптического затухания | дБ | 2…24 | 10…24 |
| Максимальная хроматическая дисперсия | пс/нм | 300 |  |
| - на максимальной длине волны излучения | пс/нм |  | 1750 |
| - на минимальной длине волны излучения | пс/нм |  | 1500 |
| Потери отраженной оптической мощности от кабеля в точке S | дБ | 24 | 24 |

Таблица 5 Характеристики оптических интерфейсов с оптическими усилителями мощности для сигналов STM – 16

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Код интерфейса | Един. измер. | V - 16.2 | B - 16.2 |
| Уровень SDH |  | STM -16 | STM -16 |
| Скорость передачи | кбит/с | 2 488 320 | 2 488 320 |
| Линейный код |  | NRZ скремблир. | NRZ скремблир. |
| Длина волны | нм | 1530…1560 | 1530…1560 |
| Характеристики оптического передатчика (точка S) |
| Источник излучения |  | Лазер DFB |
| Ширина спектра излучения на уровне - 20 дБм | нм | 0,5 | 0,5 |
| Минимальное подавлениебоковых мод | дБ | 30 | 30 |
| Средняя излучаемая мощность | дБм | 10…13 | 14…17 |
| Характеристики оптического приемника (точка R) |
| Тип фотоприемника |  | Трехэлементный APD |
| Минимальный уровень оптичес- кой мощности при BER = 10 –10 | дБм | -28 | -28 |
| Уровень перегрузки | дБм | -8 | -8 |
| Максимальный коэффициент отражения приемника | дБ | -27 | -27 |
| Дополнительное затуханиеоптического тракта | дБ | 2 | 2 |
| Характеристики оптического тракта (между точками S и R) |
| Диапазон оптического затухания | дБ | 21…36 | 25…40 |
| Максимальная хроматическаядисперсия |  |  |  |
| - на максимальной длине волны излучения | пс/нм | 3000 | 3000 |
| - на минимальной длине волны излучения | пс/нм | 2700 | 2700 |
| Потери отраженной оптической мощности от кабеля в точке S | дБ | 24 | 24 |

Таблица 6 Характеристики оптических интерфейсов с оптическим предусилителем для сигналов STM – 16

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Код интерфейса | Един. измер. | U -16.2 | U -16.3 |
| Уровень SDH |  | STM -16 | STM -16 |
| Скорость передачи | кбит/с | 2 488 320 | 2 488 320 |
| Линейный код |  | NRZ скремблир. | NRZ скремблир. |
| Длина волны | нм | 1530…1560 | 1530…1560 |
| Характеристики оптического передатчика (точка S) |
| Источник излучения |  | Лазер DFB и оптический усилитель |
| Ширина спектра излучения на уровне - 20 дБм | нм | 0,2 | 0,2 |
| Минимальное подавлениебоковых мод | дБ | 30 | 30 |
| Средняя излучаемая мощность | дБм | 10…13 | 14…17 |
| Характеристики оптического приемника (точка R) |
| Тип фотоприемника |  | PIN |
| Минимальный уровень оптичес- кой мощности при BER = 10 –10 | дБм | -36 | -36 |
| Уровень перегрузки | дБм | -18 | -18 |
| Максимальный коэффициентотражения приемника | дБ | -27 | -27 |
| Дополнительное затуханиеоптического тракта | дБ | 2 | 1 |
| Характеристики оптического тракта (между точками S и R) |
| Диапазон оптического затухания | дБ | 31…44 | 35…48 |
| Максимальная хроматическаядисперсия |  |  |  |
| - на максимальной длине волны излучения | пс/нм | 4300 | 4300 |
| - на минимальной длине волныизлучения | пс/нм | 3700 | 3700 |
| Потери отраженной оптической мощности от кабеля в точке S | дБ | 24 | 24 |

Таблица 7 Характеристики электрических интерфейсов цифровых систем передачи (первичные или компонентные интерфейсы) согласно рекомендации ITU-T G.703

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Скорость передачиинформации, Мбит,с | 155,52(STM -1) | 139,264(Е4) | 34,368(Е3) | 2,048(Е1) |
| Допустимое отклонение от скорости передачи, (ppm = 10– 6) | ± 20 ppm | ± 15 ppm | ± 20 ppm | ± 50 ppm |
| Линейный код | CMI | CMI | HDB -3 | HDB -3 |
| Форма импульса | Прямоугольная |
| Затухание кабеля | £ 12 äБ на77,76 МГц | £ 12 äБ на69,632 МГц | £ 12 äБ на17,184 МГц | £ 6 äБ на1,024 МГц |
| Входное полное сопротивление | 75 Омкоаксиал. заземлен с обеих сторон | 75 Омкоаксиал. заземлен с обеих сторон | 75 Омкоаксиал. заземлен с обеих сторон | 120 Омсимметрич. экранир. Или 75 Ом несимметрич. |
| Возвратные потерипо выходу | > 15 дБ(80 –240 МГц) | > 15 дБ(7 –210 МГц) | > 10 дБ(0,8 – 24 МГц) | > 10 дБ(0,05 – 3 МГц) |
|   | Допустимый уровень фазового дрожания |
| Характеристики фазового дрожания | Амплитуда фазового дрожания;частота фазового дрожания.Согласно G.742, G.751, G.755, G.783, G.823, G.825 |