

ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ
И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ (ТУСУР)

11.04.02 Инфокоммуникационные технологии и системы связи

ОТКРЫТЫЙ БИЛЕТ

1. Определите, чем ограничена длина регенерационного участка магистральной ВОЛС, использующей для передачи потока STM-16 оптическое волокно (ОВ) рек. G.652 ($\alpha_{ов} = 0.25$ дБ/км, $D = 16$ пс/км·нм) на центральной длине волны третьего окна прозрачности (С-диапазон), применяя при кодировании линейный код NRZ. Источник излучения – лазерный диод со спектральной шириной $\Delta\lambda = 0.1$ нм. Мощность передатчика $P_{пер}$ составляет 10 дБм, чувствительность приемника $P_{пр} = -37$ дБм.

При расчете учесть: энергетический запас (6 дБм); потери на соединениях ОВ (разъемных (2 шт., $\alpha_{рс} = 0.3$ дБ), неразъемных ($\alpha_{нс} = 0.1$ дБ при средней строительной длине 2 км).

Решение

Исходные данные:

- скорость передачи (STM-16) $B = 2.5$ Гбит/с;
- рабочая длина волны $\lambda = 1.55$ мкм;
- ширина спектра излучения источника $\Delta\lambda = 0.1$ нм;
- уровень мощности, вводимой в ОВ $P_{пер} = 10$ дБм;
- чувствительность приемника $P_{пр} = -38$ дБм;
- энергетический запас $M = 6$ дБм;
- коэффициент затухания ОВ $\alpha_{ов} = 0.25$ дБ/км;
- удельная хроматическая дисперсия $D = 16$ пс/км·нм;
- средняя строительная длина $l_{сд} = 2$ км;
- параметры линейного тракта: $N_{рс} = 2$; $\alpha_{рс} = 0.3$ дБ; $\alpha_{нс} = 0.1$ дБ.

Определим величину энергетического потенциала линии:

$$\mathcal{E} = P_{пер} - P_{пр} = 10 - (-38) = 48 \text{ дБм.}$$

Определим длину регенерационного участка по затуханию:

$$L_{\alpha} = \frac{\mathcal{E} - M - \alpha_{рс} N_{рс} - \alpha_{нс}}{\alpha_{ов} + \alpha_{нс} / l_{сд}} = \frac{48 [\text{дБ}] - 6 [\text{дБ}] - 0,3 [\text{дБ}] \cdot 2 - 0,1 [\text{дБ}]}{0,25 [\text{дБ/км}] + 0,1 [\text{дБ}] / 2 [\text{км}]} = 137 \text{ км.}$$

Определим длину регенерационного участка по дисперсии:

$$L_D = \frac{1}{4BD\Delta\lambda} = \frac{1}{4 \times 2,5 \times 10^9 [\text{бит/с}] \times 16 \times 10^{-12} [\text{с/нм} \times \text{км}] \times 0,1 [\text{нм}]} = 62,5 \text{ км.}$$

Сравним полученные длины регенерационных участков по затуханию и по дисперсии:

$$L_{\alpha} = 137 \text{ км} > L_D = 62,5 \text{ км.}$$

Таким образом, длина регенерационного участка ограничена дисперсией и составляет 62.5 км.

Ответ:

1. Длина регенерационного участка ограничена дисперсией.
2. $L_D = 62.5$ км.

2. Определите, выполняется ли условие одномодового режима распространения световой волны для оптического волокна с диаметром сердцевины $d_c = 6$ мкм; относительной разностью показателей преломления сердцевины и оболочки $\Delta = 0,005$; показателем преломления оболочки $n_2 = 1,447$ на длине волны $\lambda_p = 1,3$ мкм. В ответе также указать значение длины волны отсечки ($\lambda_{отс}$).

Решение

1. Определяем величину показателя преломления сердцевины:

$$n_1 = \frac{n_2}{1 - \Delta} = \frac{1,447}{1 - 0,005} = 1,454.$$

2. Определяем величину длины волны отсечки:

$$\lambda_{отс} = \frac{d\pi\sqrt{n_1^2 - n_2^2}}{2,405} = \frac{d\pi n_1 \sqrt{2\Delta}}{2,405} = \frac{6\pi \cdot 1,454 \sqrt{2 \cdot 0,005}}{2,405} = 1,139 \text{ мкм.}$$

3. Полученная длина волны отсечки $\lambda_{отс} = 1,139$ мкм $<$ $\lambda_p = 1,3$ мкм, таким образом, условие одномодового режима распространения световой волны выполняется.

Ответ:

1. Условие одномодового режима выполняется.
2. Длина волны отсечки $\lambda_{отс} = 1,14$ мкм.

3. По кабелю передается 12 аналоговых телевизионных программ. Определите минимальную требуемую полосу частот (МГц). Учтите, что использовано частотное разделение каналов и ширина защитного интервала составляет 20% ширины спектра канального сигнала.

Решение

Минимальная полоса частот требуется при использовании АМ ОБП. В этом случае модулированный сигнал занимает полосу 6,5 МГц, равную ширине спектра первичного ТВ сигнала, и ширина защитного интервала равна 1,3 МГц. Следовательно, требуется 12 полос для передачи сигналов и 11 защитных интервалов, то есть 92,3 МГц.

Ответ: 92,3 МГц.

4. Алфавит источника задан таблицей:

x_i	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	x_7	x_8
P_i	0,2	0,34	0,15	0,14	0,01	0,05	0,05	0,15

Символы в последовательности на выходе источника статистически независимы. Передача производится по двоичному каналу, длительность импульса 10^{-3} с. Определите среднюю скорость передачи информации (бит/с, букв./с) при использовании равномерного кода и кода Шеннона – Фано.

Решение

1. При использовании равномерного кода (буквы занумерованы трехбитовыми комбинациями) $L = 3$ бит дв. символа/букв. Скорость создания информации источника $V_n = H(X) = 2,5083$ бит/букв.; $E_p = L_{\min}/L = 2,5083/3 = 0,8361$. Техническая скорость передачи в канале:

$$VT = 1/\tau_n = 1000 \text{ имп./с.}$$

Тогда скорость передачи информации:

$$VT \cdot VH/L = 1000 \cdot 2,5142/3 = 838 \text{ бит/с} \quad \text{либо}$$

$$VT/L = 333,3 \text{ букв./с.}$$

2. При использовании кода Шеннона – Фано имеем кодовую таблицу (возможны варианты):

X_j	P_j	Комбинация
X2	0,2	
X1	0,34	
X3	0,15	
X4	0,14	
X8	0,01	
X6	0,05	
X7	0,05	
X5	0,015	

Средняя длина комбинации $L = 2 \times 0,25 + 2 \times 0,2 + \dots + 4 \times 0,01 = 2,63$ дв. симв./букв. = $= 2,45$ имп./букв., скорость передачи равна $VT/L = 1000/2,63$ букв/с = 380 букв./с, либо $VT \times VH/L = 1000 \times 2,5083/2,63 = 953$ бит/с, т. е. обе скорости выше $E_p = L_{\min}/L = 2,5083/2,63 = 0,9537$.

В ответах могут быть незначительные отклонения, т. к. возможны варианты при кодировании.

Ответ:

При использовании равномерного кода – 838 бит/с.

При использовании кода Шеннона – Фано – 953 бит/с.

5. В прямоугольном волноводе с размерами 72×34 мм и воздушным заполнением распространяется волна основного типа. Длина волны генератора $\lambda = 12$ см. По волноводу необходимо передать мощность 9 МВт, не вызывая пробоя. Определите предельную мощность. Если она окажется меньше 9 МВт, то для ее повышения волновод следует заполнить диэлектриком и найти относительную диэлектрическую проницаемость. Для сухого воздуха при нормальном атмосферном давлении пробивное значение напряженности электрического поля составляет 30 кВ/см.

Решение

Сначала определим предельную мощность для волны H_{10} в волноводе с воздушным заполнением ($\epsilon = 1$):

$$P_{\text{пред}} = \frac{E_{\text{пред}}^2}{4w_0} \sqrt{1 - \left(\frac{\lambda}{2a}\right)^2} = 8,08 \text{ МВт.}$$

Так как требуемая мощность меньше 9 МВт, то для повышения электрической прочности волновод заполним диэлектриком. В этом случае выражение для $P_{\text{пред}}$ должно удовлетворять неравенству

$$P_{\text{пред}} = 14.68 \cdot 10^6 \sqrt{\varepsilon - 0.695} \geq 9 \text{ МВт.}$$

Из него находим ε :

$$\sqrt{\varepsilon - 0.695} \geq \frac{9 \cdot 10^6}{14.68 \cdot 10^6}.$$

$$\varepsilon = 0.38 + 0.695 \cong 1.1.$$

Ответ: $\varepsilon = 1.1$.